MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

ISA

I 23-VII-8
1150
465
(465-466)

ISA Interconexion Eléctrica S. A.

PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

RESUMEN GENERAL

OK

PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

RESUMEN GENERAL

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	DESCRIPCION GENERAL DE LA CUENCA	3
III.	IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIO-ECONOMICO	6
	A. Aspectos Ambientales y Ecológicos	6
	B. Aspectos Socio-Económicos	7
IV.	GEOLOGIA Y SISMOLOGIA	10
	A. Geología	10
	B. Sismología	11
V.	HIDROLOGIA Y SEDIMENTACION	14
	A. Hidrología	14
	B. Sedimentación	15
VI.	ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA	17
VII.	CARACTERISTICAS DEL PROYECTO	20
	A. Presa	20

B. Obras de Desviación y Desfogue 21

C. Vertedero 22

D. Captaciones y Túneles de Conducción 23

E. Casa de Máquinas 24

F. Equipos de la Central 25

VIII. OBRAS COMPLEMENTARIAS 27

A. Vías 27

B. Infraestructura de Construcción 27

C. Relocalización de Poblaciones 28

IX. PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y DESEMBOLSOS 30

APENDICE A. DATOS TECNICOS DEL PROYECTO

I. INTRODUCCION

En el año de 1974 Integral Ltda. presentó a consideración de Interconexión Eléctrica S.A. los resultados del Estudio de Identificación y Evaluación del Potencial Hidroeléctrico del Cauca Medio. En ellos se planteaba la alternativa de desarrollo más ventajosa y se disponía de un programa preliminar para el estudio y ejecución de los distintos proyectos que conformaban esta alternativa.

De los cinco proyectos mediante los cuales sería aprovechado el potencial de la zona media del río Cauca, a saber: Xarrapa, Farallones, Cañafisto, Ituango y Apaví. Cañafisto presentaba condiciones más favorables con relación a los restantes proyectos: menor requerimiento de infraestructura, alta capacidad de generación, menor complejidad del proyecto, regulación para las centrales aguas abajo, entre otras.

Con base en lo anterior y mediante contrato N° ISA-607, de febrero de 1976, Interconexión Eléctrica S.A. encomendó a Integral Ltda. la ejecución de los estudios y trabajos para determinar la factibilidad técnica y económica del proyecto hidroeléctrico de Cañafisto. En enero del año 1977 se iniciaron las labores y a finales de 1979 se concluyeron.

En este documento se presentan los resultados obtenidos en las actividades llevadas a cabo en cumplimiento del citado contrato. Al final del mismo, se presenta un Apéndice con los datos técnicos más significativos del proyecto.

II. DESCRIPCION GENERAL DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica del río Cauca, conformada entre las cordilleras Central y Occidental, constituye el principal aporte hidrográfico de la zona occidental del país al sistema del mar Caribe, al cual pertenece como afluente, del río Magdalena.

Por sus características morfométricas la cuenca del río Cauca puede dividirse en cuatro zonas bien definidas, a saber:

a. Alto Cauca: Desde su nacimiento, en la cota 4200 msnm, hasta la población de Timba al sur de Cali. El río desciende por una zona montañosa hasta los 1000 m, con un recorrido de 205 km aproximadamente.

b. Valle del Cauca: Desde Timba hasta la Virginia, donde el río corre con numerosos meandros a través de una amplia llanura inundable formada por las estribaciones de las Cordilleras Central y Occidental. El río posee una pendiente muy suave descendiendo sólo 100 m en un tramo de 400 km hasta la cota 900 m.

c. Cauca Medio: Comprende desde La Virginia hasta Tarazá al norte del Departamento de Antioquia, con un recorrido de 425 Km., en los cuales el río desciende unos 800 m. Se presentan abruptos y estrechos cañones y es el sector más importante desde el punto de vista del potencial hidroeléctrico. El proyecto de Cañafisto se encuentra precisamente dentro de esta zona, unos 26 Km. al sur de Santa Fé de Antioquia.

d. Bajo Cauca: Parte final de la cuenca desde Tarazá hasta su desembocadura en el Magdalena. Se encuentran extensas zonas onduladas o planas, cenagosas e inundables, de tipo lacustre. El río desciende 85 m. en 260 Km. de recorrido y presenta un caudal medio de 2.900 m^3/s en su confluencia con el río Magdalena.

El sitio del proyecto, localizado a unos 50 Km. abajo de Bolombolo (Antioquia) y sobre los 470 m. sobre el nivel del mar, presenta una área drenada de 34.335 Km^2 y un caudal medio de 1.050 m^3/s. La zona que habrá de embalsarse puede considerarse como un cono alargado con un cambio de dirección en Bolombolo, el cual se

va estrechando desde La Pintada hasta el sitio de las obras por efecto de las Cordilleras Central y Occidental.

Administrativamente las obras están localizadas en el Departamento de Antioquia principalmente en los municipios de Anzá y Ebéjico.

III. IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIO-ECONOMICO

A. Aspectos Ambientales y Ecológicos

La construcción del proyecto de Cañafisto no tendrá un impacto grave sobre la ecología del la zona, excepto el que normalmente es de esperar al construir un embalse el cual cambia el ecosistema del río mismo al sustituir un regimen de corriente por un ambiente lacustre que favorece la estratificación de temperatura y turbidez. Por otra parte los estudios limnológicos del río Cauca indican en el momento actual una alta contaminación y eutroficación, las cuales se verán favorecidas con el desarrollo de algas y de vegetación acuática una vez construídas las obras. Igualmente, dada la poca fluctuación que va a tener el nivel del embalse, se podrán incrementar algunas enfermedades como la malaria y el dengue, así como los gérmenes patógenos causantes de fiebre tifoidea, hepatitis y gastroenteritis.

A pesar de que la zona de influencia del embalse se encuentra casi completamente deforestada y los terrenos muy erosionados, existe en la zona una

avifauna rica la cual se incrementaría si las zonas boscosas fueran más abundantes.

La ictiofauna tiene como su principal especie el barbudo y en segundo lugar el bagre sapo y el bocachico. Aparentemente el fenómeno de "la subienda" no tiene, o tiene poca importancia, en este sector del río pero se requieren estudios más detallados para dilucidar las incógnitas, que existen actualmente sobre este fenómeno, dada la escasez de investigaciones en la zona.

Si se construye el embalse debe considerarse la reproducción natural y artificial de peces, especialmente el cultivo y protección de las especies predominantes e incrementar el cultivo de especies hídricas que sin afectar el ecosistema sirvan como control de larvas e insectos transmisores de enfermedades. Paralelamente deben emprenderse programas de reforestación y control de erosión.

B. Aspectos Socio-Económicos

Para el nivel normal a la cota 573, el embalse de

Cañafisto tendrá una capacidad del orden de 2.728 millones de metros cúbicos e inundará una longitud de 90 Km. con una extensión cercana a las 8.000 hectáreas. La mayor parte de las tierras inundadas por el embalse están actualmente ocupadas en actividades pecuarias y en menor grado en actividades agrícolas, principalmente del tipo de agricultura de parcela.

La población existente en el área inundada por el embalse se estima en unas 4.000 personas concentradas en Bolombolo y en los caseríos de Puente Iglesias, Peñalisa, El Golpe y Cangrejo. Sólo el primero de estos, con una población cercana a los 1.400 habitantes, presenta condiciones socio-económicas estables que ameritan su relocalización. Los demás, cuyo origen fueron las antiguas estaciones del ferrocarril y las construcciones viales en el suroeste de Antioquia, tienen una población fluctuante que ha venido disminuyendo paulatinamente y carecen de los servicios mínimos por lo que no ameritan su relocalización. El resto de la población en la zona inundable labora en las fincas de la región,

destinadas hoy casi exclusivamente a la explotación de ganadería cebú.

Si se relocaliza adecuadamente la población de Bolombolo el impacto del proyecto en las condiciones socioeconómicas de la zona será más positivo que negativo y permitirá el desarrollo de nuevas actividades, especialmente de turismo y recreación.

Conviene mencionar que el mercadeo de la tierra en la zona del proyecto ha sido bastante artificial en los últimos años y ha distorsionado el valor real de la tierra aumentando especulativamente el costo de ésta.

IV. GEOLOGIA Y SISMOLOGIA

A. Geología

El valle del río Cauca en la zona del proyecto es una depresión estructural, rellena con sedimentos terciarios de origen continental y con materiales volcánicos neo-terciarios. En la zona del proyecto y embalse de Cañafisto afloran rocas metamórficas del Paleozóico, intrusivas-precretácicas, ígneas (volcánicas e intrusivas), sedimentarias del Cretáceo y del Terciario Sedimentario y Volcánico y terrazas y aluviones del Cuaternario.

El sitio de la presa y la central están localizadas principalmente dentro del grupo Cañasgordas, constituído por diabasas porfiríticas y porfiritas augíticas, muy densas, con intercalaciones de estratos de lutitas silíceas en general bien laminadas. El sitio del proyecto está atravesado por una amplia zona de falla, la falla de Cañafisto, de dirección norte-sur y con buzamiento posiblemente vertical la cual ha producido un alto grado de fracturación en la roca. No obstante, estas diabasas son rocas muy

resistentes a la meteorización por lo que en muchos sitios aparece la roca desde la superficie del terreno sin cobertura de suelos residuales; el grado de meteorización es variable y la alteración de la roca puede alcanzar localmente espesores considerables, hasta de 30 m, en zonas en donde la roca original está muy diaclasada y fracturada.

En el lecho del río y en la parte plana de su estribo derecho existe una capa de aluvión cuya profundidad varía entre 25 y 62 m y reposa directamente sobre la zona de falla de Cañafisto. El aluvión es denso y está constituído por gravas con un tamaño máximo entre 20 y 30 cms. y por arenas.

B. Sismología

La tectónica regional en el Cauca está dominada por la interacción de las placas de Nazca, de Suramérica en su bloque más septentrional y del Caribe. Dentro del bloque septentrional andino las zonas de deformación interna reflejan zonas secundarias de esfuerzos causados por la subducción y compresión oblicua del mismo, encontrándose una de estas zonas de deformación

a lo largo de las fallas de Romeral y del Cauca las cuales pasan cerca del sitio del proyecto.

Con base en estudios geotécnicos y sismológicos detallados, hechos con la asesoría de Woodward-Clyde Consultants, se llegó a la conclusión de que la zona de Cañafisto tiene un nivel moderado de actividad sísmica. Cerca al sitio de la presa están las fallas de Heliconia y Sabanalarga, localizadas a 15 y 40 Km. respectivamente, las cuales podrían producir terremotos de magnitud Richter aproximada entre 7 y 8 y podrían ocasionar terremotos con aceleraciones superficiales en el sitio de la presa del orden de 0.5 g., con intervalos de recurrencia de 10.000 años para la primera y entre 500 y 1.000 años para la segunda. Además, inmediatamente bajo la presa pasa uno de los ramales de la falla de Cauca, conocido como Falla de Cañafisto la cual tiene un nivel de actividad bajo y podría sufrir un desplazamiento superficial de tipo predominantemente vertical entre 0.5 y 1.0 m., con intervalos de recurrencia entre 10.000 y 30.000 años. Sin embargo, para estos grados de actividad sísmica es posible diseñar la

presa y demás obras del proyecto en forma tal que resistan sin falla ni desbordamientos los efectos de los posibles terremotos. Tales medidas se tuvieron en cuenta en estos estudios, como se describe en el texto del informe.

V. HIDROLOGIA Y SEDIMENTACION

A. Hidrología

La ubicación de la cuenca del río Cauca en la faja tropical del globo y su forma alargada de sur a norte, entre los paralelos 2° y 9°, determinan y caracterizan las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca. Por esta razón las tormentas fuertes sobre la hoya son de tipo convectivo de duración y extensión relativamente cortas y son producidas por altos cumulonimbus asociados con el Frente Intertropical de Convergencia el cual recoge humedad principalmente del Océano Pacífico aunque también del Caribe y de la Orinoquia y Amazonia. Así mismo, existe una regulación natural de los caudales del río debido al desplazamiento del Frente Intertropical de Convergencia que hace que el régimen de lluvias -períodos de inviernos y sequías- se mueva a lo largo de la cuenca sin que se presenten sequías que cubran la totalidad de la hoya.

La información obtenida dentro y fuera del país permitió estudiar las condiciones meteorológicas de

las tormentas y su formación y dividir la cuenca en varias zonas meteorológicamente homogéneas para las cuales se determinaron las precipitaciones para diseño, incluyendo la precipitación máxima probable. Con los datos de lluvias así obtenidos se alimentó un modelo de simulación precipitación-escorrentía y se determinó la creciente máxima de diseño la cual tiene un pico de 21.600 m^3/s, una escorrentía total de 16.700 millones de metros cúbicos y una duración de 50 días.

Para los estudios de energía se ampliaron los registros históricos de caudales del río con base en un modelo de balance hídrico para la cuenca, complementado con un programa de generación de caudales sintéticos, lo cual permitió el empleo de 30 años de registros de caudales.

B. Sedimentación

Los estudios de sedimentos están aún en proceso y los datos disponibles no permiten llegar a conclusiones definitivas. Sin embargo, los estudios preliminares efectuados indican que el volumen del

embalse muerto, por debajo del nivel mínimo de operación, se colmataría por sedimentación en un término de 30 a 70 años, por lo que el arrastre de sedimentos del río no es un problema grave para el proyecto. No obstante, debe tratarse de disminuir la erosión y acarreo de sedimentos en la cuenca mediante programas de reforestación y control de erosión.

VI. ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA

Para analizar la potencia y energía que produciría la central de Cañafisto cuando opere dentro del sistema interconectado colombiano, se diseñó un modelo de simulación que integra dos modelos existentes: el de simulación de un sistema de embalses en serie, desarrollado por INTEGRAL LTDA. para la evaluación del potencial hidroeléctrico del Cauca Medio, y el modelo agregado del sistema nacional, desarrollado por el estudio del sector de energía eléctrica. Mediante el modelo se investigaron los efectos que en la generación de energía del sistema interconectado tendrían diferentes políticas de operación del embalse de Cañafisto, con el fin de definir la política óptima. Posteriormente se evaluó la influencia de diferentes niveles de embalse útil y de varias capacidades instaladas.

Al analizar mediante el modelo varias reglas de operación para el proyecto de Cañafisto se encontró que la que produciría los menores costos en el sistema, por menor generación térmica y menores racionamientos, sería la del proyecto funcionando sin una generación objetivo, lo que quiere decir que los embalses de Cauca y específicamente el de Cañafisto, sólo se utilizarán cuando los embalses

del resto del sistema hayan sido desocupados. Por otra parte, los estudios de simulación mostraron que aunque el embalse de Cañafisto sería utilizado en forma esporádica, su vaciado hasta el mínimo nivel permitido para la correcta operación de las turbinas sería muy conveniente para disminuir en lo posible la magnitud y frecuencia de los racionamientos que podrían presentarse en años de fuertes sequías.

Para definir la potencia que debe instalarse en la central de Cañafisto se simuló la operación de ésta conjuntamente con la de las plantas existentes y la de los proyectos cuya construcción ha sido decidida por ISA hasta la fecha, para niveles de instalación en Cañafisto de 1.200, 1.500 y 1.800 MW. La simulación mostró que al incrementar la potencia instalada en Cañafisto de 1.200 a 1.500 MW se logra un aumento de 380 GWh en la generación anual promedia lo cual justifica plenamente el equipamiento de 1.500 MW. Al instalar una unidad adicional y quedar la planta con una capacidad de 1.800 MW se logra una generación adicional de 120 GWh. Los beneficios de esta energía adicional y los costos de instalar la misma capacidad en otro sitio deben ser comparados por ISA contra el costo incremental de instalar en Cañafisto los 300 MW de la sexta unidad.

Con una instalación de 1.500 MW en Cañafisto sería posible generar en esta central aproximadamente 7.640 GWh anuales, con lo cual se lograría afirmar el 92% de la energía media en Cañafisto; en estas condiciones, la central operaría con un factor de planta de 0.58. Cuando se instale la sexta unidad, para llegar a una capacidad última de 1.800 MW, la generación anual promedia de Cañafisto sería de unos 7.760 GWh y la central operaría con un factor de planta de 0.49.

VII. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

En general, los diseños para las distintas estructuras del proyecto consultan tanto los resultados de las investigaciones sísmicas, geológicas, hidrológicas y de energía como los obtenidos en otros campos como el de equipos y transporte.

A. Presa

La presa de Cañafisto, con corona en la cota 579 m sobre el nivel del mar, es del tipo de lleno compactado de 110 m de altura y tiene un volumen del orden de 9.0 millones de metros cúbicos provenientes en su mayor parte de las excavaciones del vertedero, casa de máquinas y captaciones. Como tratamiento de la fundación se ha previsto la construcción de un muro-cortina de concreto plástico de unos 60 m de profundidad para interceptar el manto de aluvión en la zona del río y valle adyacente, en tanto que en los contrafuertes se construirán brechas cortaflujo con cortina de impermeabilización. Además, la fundación de la presa dispondrá de pozos de alivio en el extremo de aguas abajo y de galerías de drenaje

a dos niveles en los contrafuertes, aguas abajo de la cortina de impermeabilización. El lleno de la presa será rematado aguas arriba y aguas abajo por ataguías con una altura tal que permita la segura construcción de la presa en caso de crecientes del río durante el período de construcción.

La presa es del tipo de terraplén, fundamentalmente homogéneo y con taludes suaves y estará constituida principalmente por materiales obtenidos de las excavaciones del vertedero, captaciones y la central, los cuales se comportan básicamente como un cascajo arenoso. En el centro del terraplén estos materiales se mezclarán con otros más impermeables para formar el núcleo impermeable de la presa. El terraplén tendrá además amplias zonas de filtro y protecciones de enrocado.

B. Obras de Desviación y Desfogue

Para permitir la construcción de la presa el río será desviado a través de dos túneles de 730 y 913 m. de longitud cada uno, excavados en el contrafuerte izquierdo y revestidos en concreto, con un diámetro

equivalente de 13.5 m. Uno de los túneles se acondicionará para que, una vez construída la presa, sirva como desfogue de fondo para controlar el primer llenado del embalse y para extraer agua de éste en caso de que no haya vertimientos por el vertedero y la central no esté operando. El diseño de los túneles se ha hecho para descargar crecientes hasta de 50 años de intervalo de recurrencia, sin que sea alcanzada la cresta de la ataguía durante el primer período de construcción o sea inmediatamente después de construida la ataguía. Al subir el terraplén sobre la corona de ésta, las obras de desviación permitirán el paso de crecientes de hasta 500 años de frecuencia.

C. Vertedero

El vertedero es de tipo abierto, tiene 80.0 m. de ancho y estará controlado por cuatro compuertas radiales de 17.0 m. de ancho por 18.0 m. de altura las cuales permiten descargar la creciente máxima probable de 21.600 m^3/s con un borde libre en la presa de 1.50 m. aproximadamente. El canal de des-

carga, revestido en concreto, tiene 447.5 m. de longitud y está localizado sobre el contrafuerte derecho con una pendiente inicial del 2% la cual cambia luego a un 50% y termina en un deflector de chorro de 30 m. de radio y 25° de ángulo de descarga. Para la disipación de la energía se excavará, aguas abajo del deflector, un pozo de unos 70.0 m. de profundidad el cual actuará como una piscina o colchón de agua. El vertedero estará provisto de anclajes en la roca y de un amplio sistema de drenaje bajo las losas y muros. Además, tendrá varios dispositivos de aireación a lo largo del canal para prevenir fenómenos de cavitación. El volumen total de excavaciones para el vertedero, incluyendo las excavaciones superficiales para las captaciones de la central, es de unos 13.4 millones de metros cúbicos, gran parte de los cuales se utilizarán como material de lleno en la presa.

D. Captaciones y Túneles de Conducción

Las estructuras de toma consisten en torres verticales de tipo convencional, localizadas también en el

contrafuerte derecho, con captacion frontal y 67.0 m. de altura; cada una conecta con un pozo inclinado y está controlada por dos compuertas de servicio, de 5.0 m. de ancho y 10.5 m. de altura y dos compuertas auxiliares. Dada la corta longitud de los túneles y el hecho de que cada uno de ellos alimenta una unidad generadora, las compuertas principales servirán como elemento de cierre de la turbina.

Los pozos inclinados inmediatamente después de las torres tienen un diámetro de 8.7 m. y una pendiente de 45° y conectan con túneles blindados de 7.5 m. de diámetro y pendiente de 4% con longitudes variables entre 467 m. para la unidad N°1 y 336 m. para la unidad N° 6.

E. Casa de Máquinas

La central es de tipo superficial convencional, diseñada para alojar inicialmente cinco unidades y con un módulo adicional para una sexta unidad. Al nivel del piso de operación, el edificio tendrá una longitud de 203.5 m. y un ancho de 45.3 m. y contará con tres pisos principales. La altura total

de la casa de máquinas, desde la parte más baja de su fundación, bajo los tubos de aspiración, hasta el techo de la misma es de 50 m. El patio de transformadores y el equipo de accionamiento de las compuertas de salida de las turbinas están ubicados sobre los tubos de aspiración. Estos descargan a un canal controlado por un azud para garantizar los niveles mínimos de operación.

F. Equipos de la Central

La central contará inicialmente con 5 turbinas Francis de eje vertical y provisiones para una sexta unidad, con una potencia nominal de 309 MW y velocidad sincrónica de 112.5 r/min, para un salto neto de 96.5 m, controladas por reguladores de velocidad electrohidráulicos con controladores electrónicos del tipo PID.

Los generadores serán sincrónicos, de 60 ciclos, de eje vertical, con capacidad nominal de 287 MVA con elevación de temperatura de 60° C, factor de potencia de 0.95 en retraso, conectados cada uno a un banco de tres transformadores monofásicos

tipo FOW. Preliminarmente se ha previsto un voltaje de salida de los transformadores a 230 kV y conexión con la red nacional de 500 kV en un patio de maniobra, cerca a la central, en las vecindades de la quebrada Iguiná.

La central estará equipada con dos puentes-grúa de 350 toneladas de capacidad individual los cuales podrán operar en tandem y dispondrán además de ganchos auxiliares de menor capacidad. La central contará con todos los servicios auxiliares necesarios tanto mecánicos como eléctricos, tales como agua de refrigeración, agua potable, aguas negras, sistemas anti-incendio, iluminación de emergencia, sistemas de drenaje, talleres, sistemas de ventilación y aire acondicionado, ascensor, etc.

VIII. OBRAS COMPLEMENTARIAS

A. Vías

En cuanto a construcción de vías se tiene previsto lo siguiente: La carretera existente entre La Pintada y Santa Fé de Antioquia será inundada por el embalse y por tanto debe sustituirse, asi como un tramo de la carretera que lleva al municipio de Bolívar. Igualmente, se construirán nuevos puentes para reemplazar los de Bolombolo y Puente Iglesias que quedarán inundados, como también otros sobre algunos afluentes del Cauca, entre los cuales cabe mencionar el río San Juan y la quebrada San Mateo.

B. Infraestructura de Construcción

Para adelantar la construcción del Proyecto se ha previsto la mejora de la vía Santa Fé de Antioquia-Cañafisto, la instalación de un puente metálico sobre el río Cauca en el sitio de las obras para dar acceso a la margen derecha, la construcción de una línea de transmisión para la energía requerida durante la ejecución del proyecto y la construcción de

campamentos, oficinas, talleres, etc. para el personal a cargo de la supervisión y administración del proyecto. La ubicación de los campamentos y oficinas no se ha determinado exactamente pero se ha previsto que estén localizados entre el sitio de las obras y Santa Fé de Antioquia.

C. Relocalización de Poblaciones

Como se mencionó anteriormente en el aparte correspondiente al impacto socio-económico del proyecto, la construcción del embalse de Cañafisto implica la relocalización de la población de Bolombolo. Se estima que la nueva poblacion debe tener una capacidad inicial para unas 2.000 personas (1.400 de la población actual y 600 que se desplazarían de otros asentamientos inundados). Se estima también, en forma preliminar, que la nueva población requeriría un área de unas 12 hectáreas y que inicialmente debe tener unas 300 residencias, a más de los servicios comunitarios necesarios, tales como iglesia, escuelas,centro de salud, cementerio, centro deportivo, etc. La relocalización

de Bolombolo debe hacerse en la margen derecha del río y al norte de la carretera que sale para Venecia, con el fin de que la nueva población continúe en el municipio de Venecia.

IX. PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y DESEMBOLSOS

En este capítulo se presentan el presupuesto y los programas de construcción y desembolsos estimados para este nivel de factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico de Cañafisto.

Los estimativos de costos del proyecto se presentan a nivel de precios de Diciembre de 1980. El presupuesto incluye todos los costos directamente asociados con el proyecto para una capacidad instalada de 1500 MW y los costos de las obras que se deben dejar previstas para la instalación de una sexta unidad de 300 MW. Además incluye un margen adecuado para Imprevistos e Ingeniería y Administración.

Se estima que la ejecución del proyecto requerirá un período de 8 1/2 años cuando entrará en servicio la primera unidad, a partir de la fecha en que se inicien los diseños para las obras de desviación.

El programa de desembolsos se ha elaborado de acuerdo con el desarrollo de las obras previsto en el programa de construcción.

PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

Presupuesto a Diciembre de 1980

(miles de dólares)

Capacidad Instalada 1500 MW

Descripción	Moneda local	Moneda Extranjera	Total
Infraestructura	82940	35550	118490
Presa y Obras Anexas	112610	168920	281530
Obra Civil de Generación	91610	137410	229020
Equipo Electromecánico	14950	134500	149450
Transmisión			
Obra Civil	17090	4170	21260
Equipo	8420	55340	63760
Costo Directo	327620	535890	863510
Imprevistos	47980	70890	118870
Ingeniería y Administración	82320	11230	93550
Costo Total	457920	618010	1'075930

PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

(MILES DE DOLARES)

Nivel máximo normal : 573 m s.n.m
Capacidad instalada : 1500 MW

DESCRIPCION	0		1		2		3		4		5		6		7		TOTAL		TOTAL
	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	
INFRAESTRURA	6290	3560	6290	3560	17420	7470	23220	9950	24050	10310	1670	700					82940	35550	118490
PRESA Y OBRAS ANEXAS			20270	30410	32660	48990	15770	23650	19140	28720	16890	25340	7880	11810			112610	168920	281530
OBRA CIVIL DE GENERACION							18320	27480	27480	41220	26570	39850	17410	26110	1830	2750	91610	137410	229020
EQUIPO ELECTROMECANICO									4490	40350	5980	53800	2990	26900	1490	13450	14950	134500	149450
TRANSMISION																			
OBRA CIVIL									5130	1250	6830	1670	5130	1250			17090	4170	21260
EQUIPO									2530	16600	3360	22140	2530	16600			8420	55340	63760
COSTO DIRECTO																			
OBRA CIVIL	8290	3560	28560	33970	50080	56460	57310	61080	75800	81500	51960	67560	30420	39170	1830	2750	304250	346050	650300
EQUIPO									7020	56950	9340	75940	5520	43500	1490	13450	23370	189840	213210
IMPREVISTOS																			
OBRA CIVIL	1240	530	4290	5100	7510	8470	8600	9160	11370	12230	7790	10130	4560	5880	280	410	45640	51910	97550
EQUIPO									710	5700	930	7580	550	4350	150	1350	2340	18980	21320
INGENIERIA Y ADMINISTRACION	1200	160	6330	860	10780	1470	11980	1630	20870	2860	18700	2550	10840	1480	1620	220	82320	11230	93550
TOTAL	10730	4250	39180	39930	68370	66400	77890	71870	115770	159240	88720	163760	51890	94380	5370	18180	457920	618010	1075930

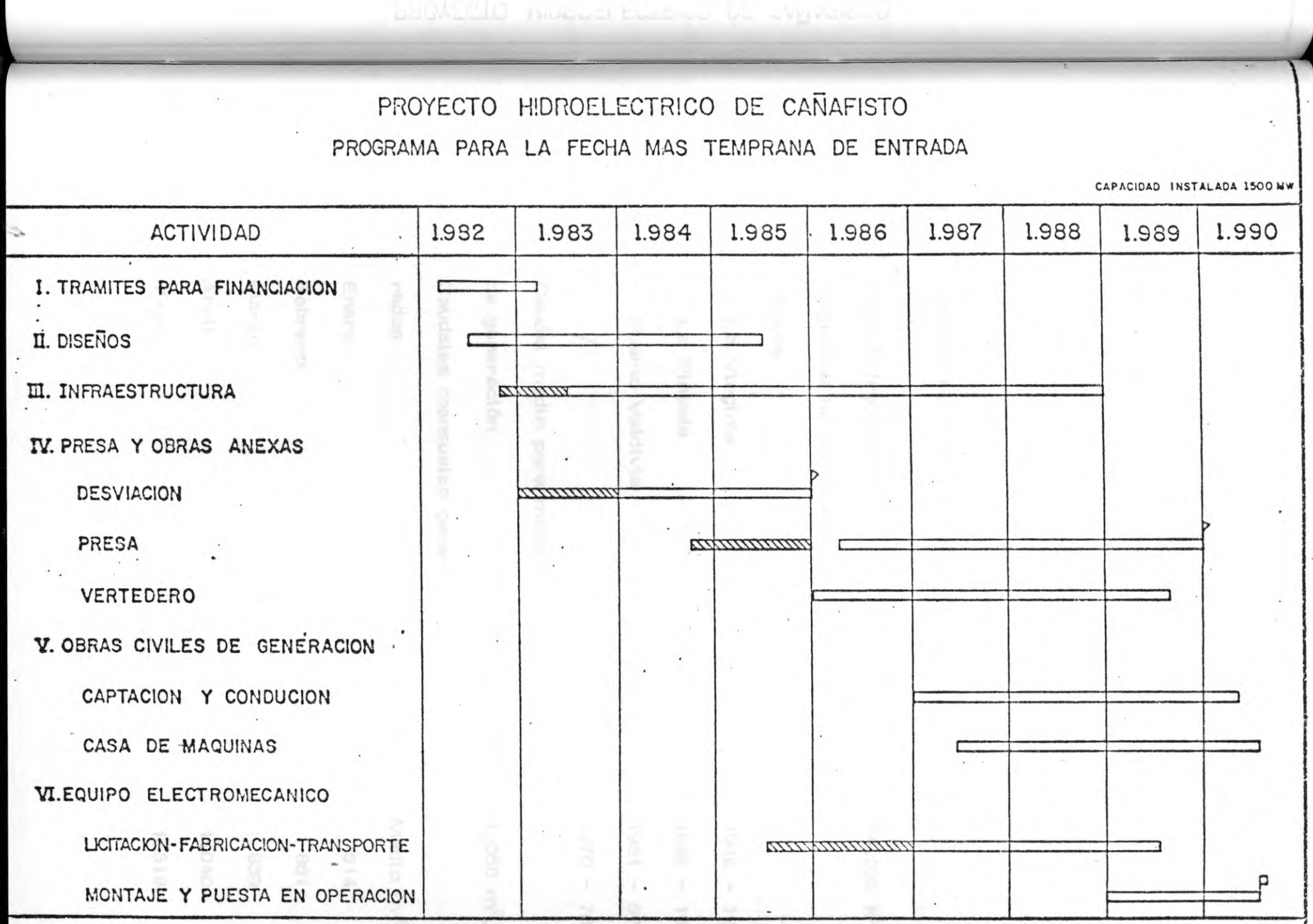
NOTAS:

1. Nivel de precios : Diciembre de 1.980 . Tasa de cambio : 1 US $ 51 $ Colombianos
2. No se incluye la escalación de precios ni intereses durante la construcción
3. La moneda local se expresa en miles de dólares equivalentes
4. El año 1 corresponde a 1.984

PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

PROGRAMA PARA LA FECHA MAS TEMPRANA DE ENTRADA

CAPACIDAD INSTALADA 1500 MW



APENDICE A

DATOS TECNICOS DEL PROYECTO

I. DATOS HIDROLOGICOS

Hoya hidrográfica	34.335 km^2
Registros de caudales históricos	
- La Virginia	1946 - 1976
- La Pintada	1965 - 1976
- Puerto Valdivia	1961 - 67, 1970 - 76
Caudal medio para modelo de generación	1.050 m^3/s

Caudales mensuales generados	Medio (m^3/s)
Enero	914
Febrero	861
Marzo	839
Abril	1.040
Mayo	1.318

Junio	1.172
Julio	887
Agosto	730
Septiembre	771
Octubre	1.088
Noviembre	1.504
Diciembre	1.291

Crecientes	Pico m^3/s	Volumen (10^6 m^3)
- Máxima histórica en la Pintada (en 65 años aproximadamente)	4.600	
- En Cañafisto		
Con recurrencia de 50 años	4.870	4.910
Con recurrencia de 500 años	6.400	6.170
Máxima probable	21.600	16.700

II. EMBALSE

Volúmenes

- Nivel máximo de operación, cota 573 2.728×10^6 m^3

- Nivel normal de operación,
  cota 571.50 — 2.614×10^6 m^3
- Nivel mínimo de operación,
  cota 538 — 918×10^6 m^3
- Volumen del embalse útil — 1.810×10^6 m^3

Area inundada con el nivel
máximo de operación — 73.1 km^2

III. NIVELES Y SALTOS

Niveles del embalse

- Máximo de operación — 573.0 msnm
- Normal de operación — 571.5 msnm
- Mínimo de operación — 538.0 msnm

Cota de turbinas — 466.0 msnm

Saltos brutos

- Normal — 99.25 m
- Mínimo — 65.75 m
- Máximo normal — 100.75 m

Pérdidas en la conducción — 2.5 m

IV. GENERACION

Potencia nominal de la central	
- Primera etapa	1.500 MW
- Ultima etapa	1.800 MW
Potencia con salto mínimo	153 MW por unidad
Generación media	
- Con 1500 MW	7.640 GWh
- Con 1800 MW	7.760 GWh
Factor de planta promedio	
- Con 1500 MW	0.58
- Con 1800 MW	0.49

V. PRESA Y OBRAS ANEXAS

A. PRESA

Tipo	LLeno de roca fracturada proveniente de la excavación del vertedero.
Impermeabilización	
- Del LLeno	Núcleo central

- De la fundación	Muro de concreto plástico y cortina de impermeabilización.
Taludes	
- Aguas arriba	2.0 H: 1.0 V 2.25 H: 1.0 V
- Aguas abajo	2.0 H: 1.0 V
Niveles	
- Lecho actual del río	469 msnm
- Cresta sin contraflecha	579 msnm
Altura sobre el lecho del río	110 m
Altura sobre punto más bajo del muro (aproximadamente)	170 m
Longitud de la cresta	535 m
Volúmenes	
- Material impermeable	600.000 m^3
- Materiales aluviales	1.300.000 m^3
- Roca de cantera	100.000 m^3
- Roca y tierra proveniente de las excavaciones	7.000.000 m^3
- TOTAL:	9.000.000 m^3

B. TUNELES DE DESVIACION

Número	Dos
Longitudes	730 m y 913 m
Niveles	
- Entrada	472 msnm
- Salida	471 msnm
Sección	
- Tipo	Herradura
- Diámetro	13.5 m
- Revestimiento	Concreto reforzado
Capacidad con flujo libre	2.040 m^3/s
Capacidad con embalse a la cota 502.5	4.700 m^3/s
Control para descarga de fondo	
- Tipo	Compuertas deslizantes en uno de los túneles
- Número	Tres
- Dimensiones	2.1 m x 3.8 m

C. VERTEDERO

Tipo	Canal abierto

Control	Azud con 4 compuertas
Pendientes	2% inicial y luego 50%
Ancho	80.0 m
Longitud	447.5 m
Deflector	
- Radio	30 m
- Angulo de descarga	25°
Niveles	
- Canal de aproximación	551 msnm
- Cresta de azud de control	556 msnm
- Cota del deflector	487.6 msnm
Compuertas	
- Tipo	Radiales
- Número	Cuatro
- Ancho	17 m
- Altura	18 m
Capacidad de descarga con embalse a la cota 577.5	13.700 m^3/s
Estructura de disipación	Pozo excavado, aguas abajo del deflector

Control	Azud con 4 compuertas
Pendientes	2% inicial y luego 50%
Ancho	80.0 m
Longitud	447.5 m
Deflector	
- Radio	30 m
- Angulo de descarga	25°
Niveles	
- Canal de aproximación	551 msnm
- Cresta de azud de control	556 msnm
- Cota del deflector	487.6 msnm
Compuertas	
- Tipo	Radiales
- Número	Cuatro
- Ancho	17 m
- Altura	18 m
Capacidad de descarga con embalse a la cota 577.5	13.700 m^3/s
Estructura de disipación	Pozo excavado, aguas abajo del deflector

- Túnel N° 6 (más corto)

Longitud total	397.0 m
Longitud de blindaje	336.0 m

Pendientes

- Pozos inclinados	45°
- Tramos finales	4%

Sección inferior

- Tipo	Circular
- Diámetros	8.7 m y 7.5 m
- Revestimientos	Concreto reforzado. Blindaje metálico embebido en concreto

VII. CENTRAL

A. CASA DE MAQUINAS

Tipo	Superficial
Longitud	203.5 m
Ancho	45.3 m
Niveles	
- Piso Principal	478 msnm

- Piso de generadores	471 msnm
- Piso de turbinas	460 msnm

B. EQUIPOS

Turbinas

- Tipo	Francis de eje vertical
- Número	Cinco iniciales, seis último
- Potencia nominal	309 MW/unidad
- Velocidad sincrónica	112.5 r/min
- Salto de diseño	96.5 m
- Caudal de diseño	355.0 m^3/s unidad

Puentes-grúa

- Número	Dos
- Capacidad	350 ton, cada uno para trabajar en tandem
- Luz	21 m

Generadores

- Tipo	Sincrónico, de eje vertical
- Número	Cinco unidades, seis último

-	Capacidad nominal	287 MVA a 60° C de elevación
-	Factor de potencia	0.95 en retraso
-	Velocidad sincrónica	112.5 r/min
-	Vol taje nominal	Entre 13.8 kV y 20 kV
-	Enfriamiento	Aire

Transformadores

-	Tipo	Monofásicos
-	Número	Diez y seis
-	Vol taje de salida	230 kV
-	Enfriamiento	FOW

VIII. OTRAS OBRAS

A. VIAS

Carreteras sustitutivas

La Pintada - Cañafisto	125 km

Longitud de puentes principales

-	Río Cauca, en Puente Iglesias	182.8 m
-	Río Cauca, en Bolombolo	455.0 m
-	Río San Juan	380.0 m

- Quebrada San Mateo	330.0 m
- Quebrada Cacharros	320.0 m

B. INFRAESTRUCTURA PARA CONSTRUCCION

Acceso

- Mejora de la vía Santa Fé de Antioquia - Cañafisto	22 km
- Puente provisional sobre el río Cauca	155.0 m

Energía para construcción

- Línea a 115 kV, Santa Fé de Antioquia - Cañafisto	26 km
- Líneas a 13.2 kV para distribución	8 km

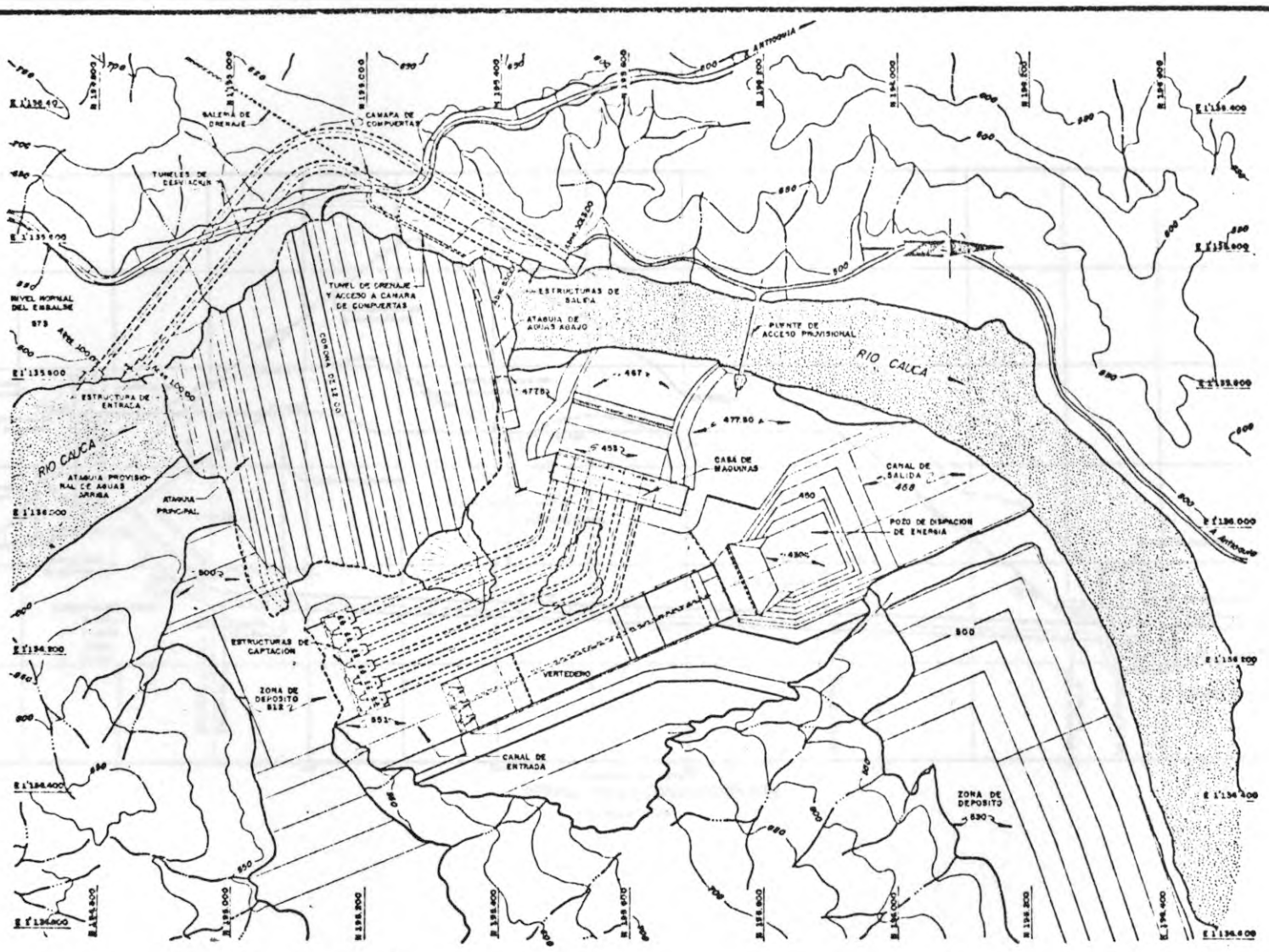
Campamentos

- Localización	Entre Santa Fé de Antioquia y Anzá

C. RELOCALIZACIONES

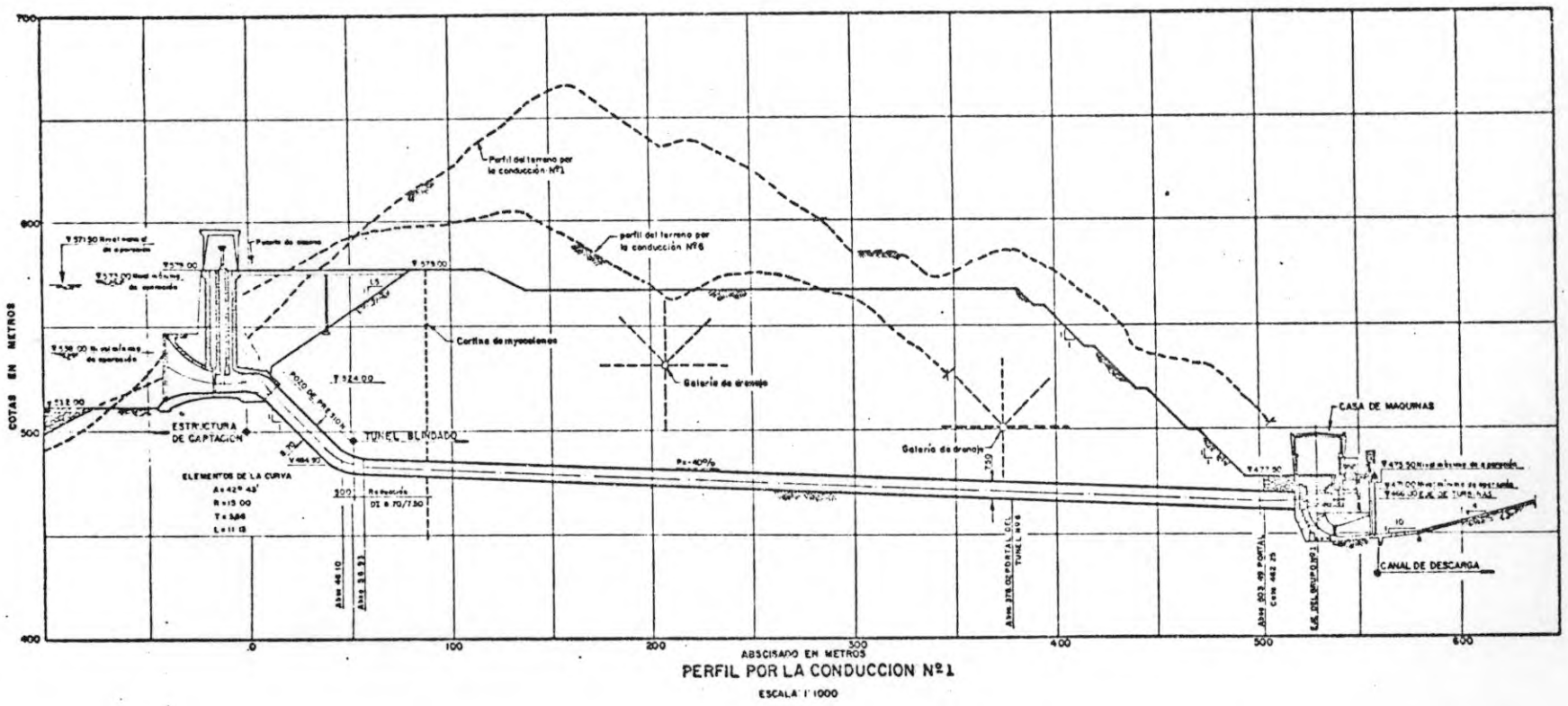
Nuevo Bolombolo

- Localización	A 1 km de su localización actual
- Area	12 Ha



PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

PLANTA GENERAL DE LAS OBRAS

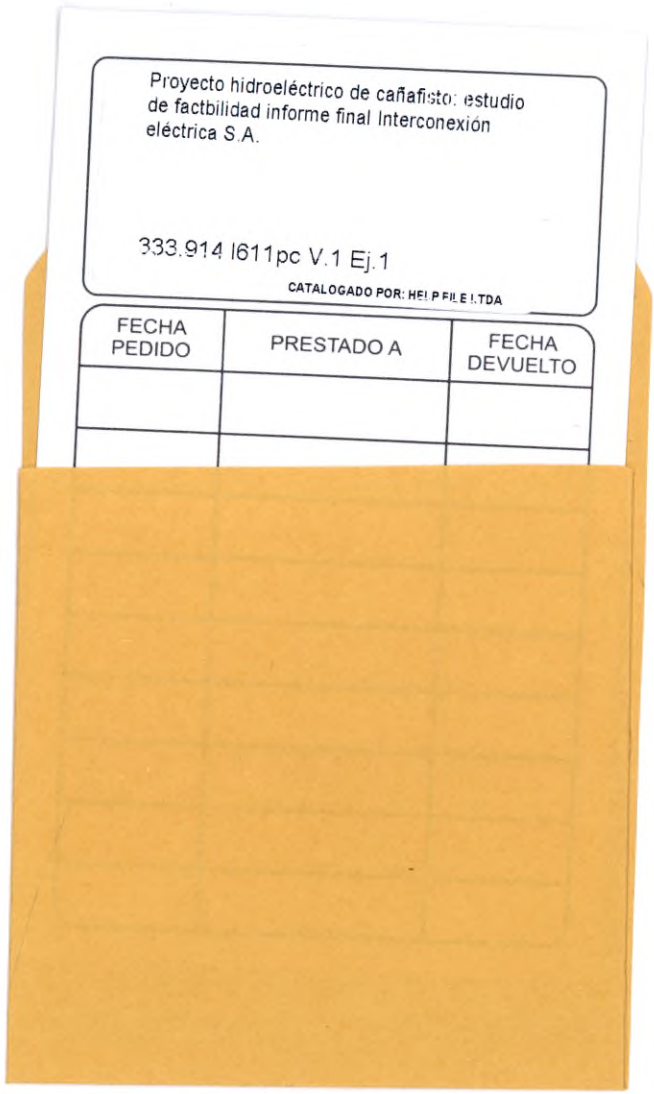


PERFIL POR LA CONDUCCION Nº1

ESCALA 1:1000

PROYECTO HIDROELECTRICO DE CAÑAFISTO

PERFIL POR LA CONDUCCION


Proyecto hidroeléctrico de cañafisto: estudio de factbilidad informe final Interconexión eléctrica S.A.
333.914 I611pc V.1 Ej.1
CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA
FECHA PEDIDO
PRESTADO A
FECHA DEVUELTO