

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

EN

PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE LA FUERZA

PARA LA

PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN

REPUBLICA DEL PARAGUAY

MARCO ANTONIO

BOETTNER DE ROSAS

国際協力事業団

受入  
月日 '84. 3. 15

708

登録No. 01511

67.3

KE

## PREFACIO

El Gobierno del Japón, al aceptar la solicitud formulada por el Gobierno de la República del Paraguay consistente en la ejecución de los estudios de los Proyectos de Electrificación Rural, designó la Agencia de Colaboración Técnica Internacional "Overseas Technical Cooperation Agency" (O.T.C.A.) para que se encargara de llevar a cabo dichos estudios.

De acuerdo con la citada designación y en cooperación con la Electric Power Development Co., Ltd., de Tokio, la OTCA efectuó los estudios encomendados en la República del Paraguay y acaba de dar por terminada la elaboración de los resultados obtenidos en forma de "Informes de Factibilidad del Proyecto Pirapo" en versión castellana.

Al presentar al Gobierno del Paraguay los Informes antes mencionados, la OTCA formula votos sinceros por que los documentos anexos sean de utilidad en la ejecución de dichos Proyectos y den aporte al incremento de las relaciones de amistad y de intercambio económico entre el Paraguay y el Japón.

En nombre de la OTCA el que suscribe desea dejar constancia de su más profundo agradecimiento por la serie de cooperación que tuvieron a bien prestarle las Autoridades de los Gobiernos del Paraguay y del Japón, las instituciones paraguayas y la Electric Power Development Co., Ltd.

Tokio, marzo de 1968



Shin-ichi Shibusawa

Director General

Overseas Technical Cooperation Agency

Sr. Don Shin-ichi Shibusawa,  
Director Gerente,  
Agencia de Colaboración  
Técnica Internacional,  
PRESENTE

De mi consideración:

Adjunto a la presente, tengo el honor de alcanzar a Vd. el Informe de Estudios de Factibilidad del Proyecto de Electrificación Rural de la Zona de Pirapo, Depto. de Itapúa, República del Paraguay.

La Misión Japonesa destacada por el Gobierno del Japón y la Agencia bajo su digna gerencia, ha estado en la República del Paraguay durante unos 40 días a partir del 6 de agosto de 1967. Durante su estadía en ella la Misión que tuve el honor de dirigir, ha estado en estrecho contacto con las autoridades del Gobierno paraguayo y ha llevado a cabo mediciones y aforos en toda la zona que abarca el Proyecto, y los estudios de los mercados de venta de la energía eléctrica, habiendo recogido datos hidrológicos y geológicos. Una vez regresada al Japón la Misión continuó sus exámenes en base a los materiales informativos recogidos en el Paraguay, y después de estudiar el Proyecto desde diferentes ángulos ha elaborado el presente Informe, en cuya confección los trabajos del Proyecto Preliminar estuvieron a cargo de la Electric Power Development Company, secundada en parte por la Cía. de Asesoramiento Técnico Shin Nippon, S.A., y la Cía. de Desarrollo Técnico Nishi Nippon, S.A.

El Proyecto de Aprovechamiento Hidráulico de Pirapo según el Informe de la Misión tiene por objeto construir una central hidroeléctrica con la capacidad máxima de 1.800 kW y potencia anual de 12.000.000 kWh sobre el Río Pirapo, que atraviesa el Depto. de Itapúa al sur de la República del Paraguay, y suministrar la energía eléctrica a la Colonia Japonesa de Alto Paraná y otras poblaciones agrícolas de su vecindad, en la cuenca del Río Pirapo y en su cercanía.

La ejecución del presente Proyecto exige unos dos años en su construcción y un total de \$ 374.000.000 por concepto de obras. Es un proyecto que comparado con la alternativa de planta diesel, resulta ventajoso desde el punto de vista económico. Sin embargo, en la actualidad

adolece de falta absoluta de materiales informativos sobre el caudal de este río. Por lo tanto, es necesario procurar en adelante estos materiales de interés fundamental.

Al presentarle este Informe formulo votos por que el documento adjunto sirva de utilidad para el Proyecto de Electrificación Rural de la República del Paraguay y que contribuya a intensificar aún más los vínculos de amistad que unen a ambos países.

Saludo a Vd. con el testimonio de mi consideración y estima.

*T. Yanai*

---

Ing. Proyectista Taisuke Yanai,  
Jefe de Misión,  
Electric Power Development Co., Ltd.

**ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD**  
**DEL**  
**PROYECTO DE APROVECHAMIENTO HIDRAULICO**  
**PARA LA**  
**PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA DE PIRAPO**  
**REPUBLICA DEL PARAGUAY**

**MARZO DE 1968**  
**GOBIERNO DEL JAPON**

## INDICE

CAPITULO PRIMERO - INTRODUCCION .....	2
1 - 1    Antecedentes .....	2
1 - 2    Objetivo .....	3
1 - 3    Estudios .....	3
1 - 4    Materiales Informativos .....	3
1 - 5    Agradecimiento .....	4
CAPITULO SEGUNDO - CONCLUSION Y RECOMENDACIONES .....	5
2 - 1    Conclusiones .....	5
2 - 2    Recomendaciones .....	7
CAPITULO TERCERO - LAS PERSPECTIVAS DE LA DEMANDA .....	9
3 - 1    Generalidades .....	9
3-1-1    Generalidades de las Regiones de Adyacentes .....	9
3-1-2    Actualidad de las Empresas Eléctricas .....	12
3 - 2    Perspectivas de la Demanda .....	18
3-2-1    Alcance del Suministro .....	18
3-2-2    Perspectivas de la Demanda .....	18
3 - 3    Equilibrio entre la Demanda y la Oferta .....	19
3-3-1    Equilibrio de la Potencia en kw .....	19
3-3-2    Equilibrio de la Energía en kwh .....	20
CAPITULO CUARTO - DETALLES DEL PROYECTO .....	26
4 - 1    Zona que abarca el Proyecto .....	26
4 - 2    Detalles del Proyecto .....	26
4-2-1    Proyecto de la Planta Pirapo .....	26
4-2-2    Proyecto de Transmisión, Transformación y Distribución .....	27
CAPITULO QUINTO - HIDROGIA Y GEOLOGIA .....	30
5 - 1    Hidrología .....	30
5-1-1    Caudal Medio Mensual .....	30
5-1-2    Avenida .....	33
5-1-3    Evaporación .....	33
5 - 2    Geología .....	34
5 - 3    Materiales para la Construcción .....	36

CAPITULO SEXTO - PRODUCCION DE POTENCIA ELECTRICA .....	37
6 - 1    Determinación del Alcance de Desarrollo .....	37
6 - 2    Producción de Potencia Eléctrica .....	38
CAPITULO SEPTIMO - PROEYETO PRELIMINAR .....	43
7 - 1    Proyecto .....	43
7-1-1    Obras de Ingeniería Civil .....	43
7-1-2    Turbina y Generador .....	44
7-1-3    Patio de Llaves .....	45
7-1-4    Equipos de Transmisión, Transformación y Distribución .....	45
7-1-5    Equipos de Comunicaciones .....	48
7-1-6    Características Principales del Proyecto Pirapo .....	48
7 - 2    Programa de Avance y Su Fjecución .....	52
7-2-1    Programa de Avance .....	52
7-2-2    Ejecución .....	52
CAPITULO OCTAVO - COSTO DE LAS OBRAS .....	59
8 - 1    Condiciones Fundamentales .....	59
8 - 2    Tabla General de los Costos de las Obras .....	62
CAPITULO NOVENO - EVALUACION ECONOMICA .....	65
CAPITULO DECIMO - PLAN DE FINANCIACION .....	67
10 - 1    Capital Necesario .....	67
10 - 2    Obtención del Capital .....	67
10 - 3    Forma de Amortización .....	67

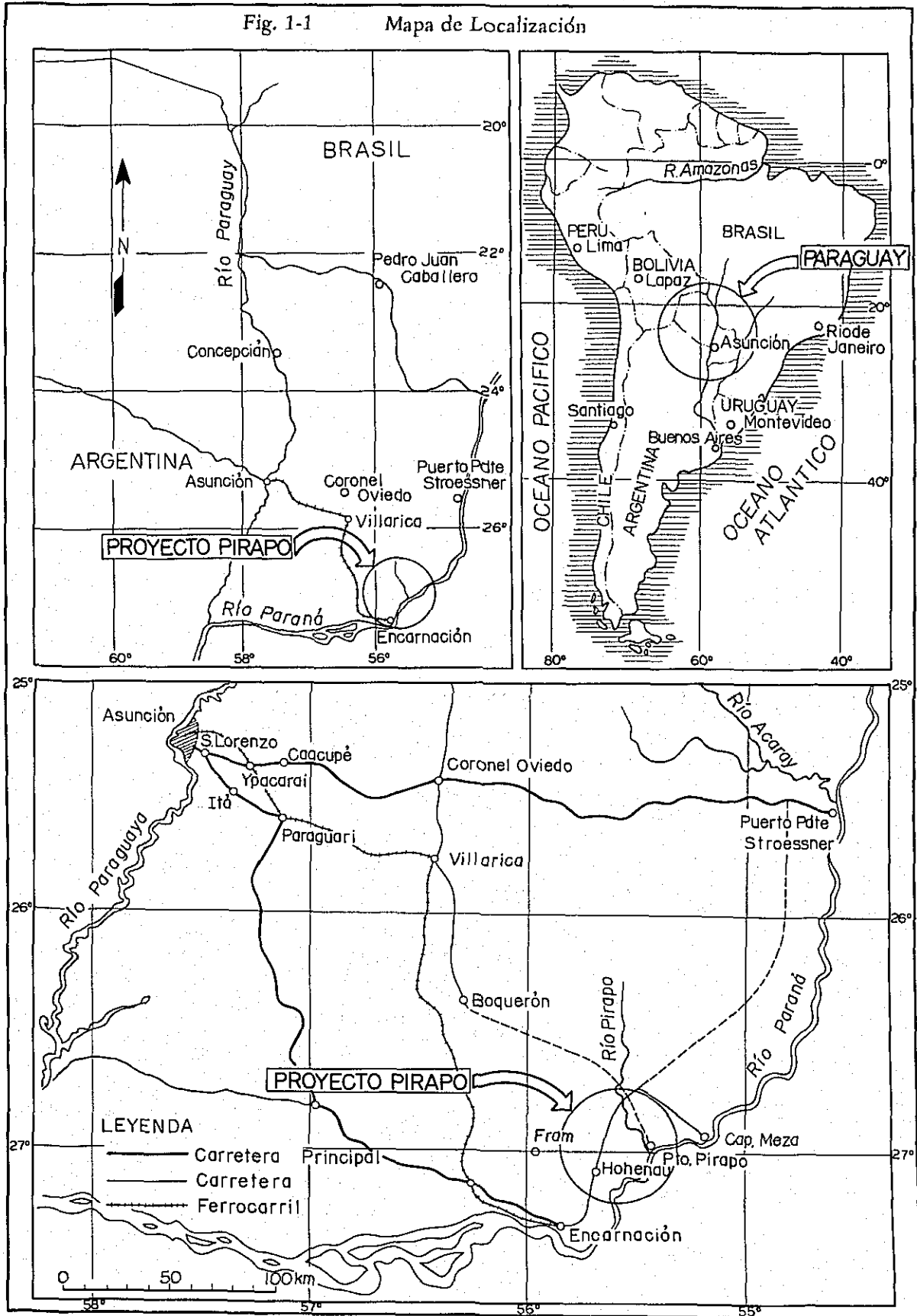
## APPENDIX

A - 1    DETERMINATION OF CAPACITY OF THE PIRAPO POWER STATION .....	72
A-1-1    Basic Conditions for Determination of Capacity of the Pirapo Power Station .....	72
A-1-2    Generating Capacity and Available Water .....	74
A-1-3    Economic Comparison of Various Alternatives .....	75
A-1-3-1    Principal Features of Each Alternative Used for Comparison .....	75
A-1-3-2    Available Run-off .....	76



A-1-3-3	Construction Cost and Annual Cost of Each Alternative .....	82
A-1-3-4	Power Demand .....	83
A-1-3-5	Salable Power and Salable Energy .....	83
A-1-3-6	Cost of Alternative Diesel Power Plant .....	84
A-1-3-7	Economic Comparison of Each Alternative .....	85
A - 2	ECONOMIC EVALUATION OF PIRAPO POWER STATION .....	87
A-2-1	Salable Power and Salable Energy .....	87
A-2-2	Annual Cost and Power Cost (Cost per kWh) .....	87
A-2-3	Comparison with Alternative Diesel Power Plant .....	88
A-2-4	Benefit - Cost Ratio .....	90
A - 3	ALTERNATIVE TO RECEIVE POWER FROM ACARAY HYDROELECTRIC POWER PLANT .....	91
A - 4	ATTACHED TABLES AND FIGURES .....	94
Table A-4-1	Monthly Precipitation Observed at Meteorological Station at Alto Parana Test Farm .....	94
Table A-4-2	Records of Run-off observed at Run-off Gaging Station at Dam Site of Acaray River .....	95
Table A-4-3	Construction Cost of Civil Works .....	96
Table A-4-4	Hydraulic Equipment and Installation Works .....	97
Table A-4-5	Electrical Equipment and Installation Works .....	98
Table A-4-6	Substation, Transmission and Distribution Line Material and Installation Works .....	99
Fig. A-4-1	Annual Mean Isohyetal Map in Paraguay .....	100
Fig. A-4-2	Annual Mean Isohyetal-day Map in Paraguay .....	101
Fig. A-4-3	Annual Mean Isothermal Map in Paraguay .....	102
Fig. A-4-4	Annual Mean Isoevapolation Map in Paraguay .....	103

Fig. 1-1 Mapa de Localización



## **CAPITULO PRIMERO - INTRODUCCION**

## CAPITULO PRIMERO - INTRODUCCION

### 1 - 1 Antecedentes

El Proyecto de Aprovechamiento Hidráulico Pirapo para generar energía eléctrica y el Proyecto de Electrificación de la zona de Amambay, compuesto del Plan de Producción de Energía Hidráulica Aquidabán y el de Ypané, forman parte integrante del Proyecto de Electrificación Rural que lleva a cabo el Gobierno del Paraguay. Para los estudios de factibilidad que requieren los citados proyectos, el Gobierno paraguayo solicitó al de Japón su colaboración en julio de 1967. De acuerdo con dicha solicitud el Gobierno japonés, en cooperación con la Agencia de Colaboración Técnica Internacional, destacó a Asunción en agosto del mismo año una Misión de estudios encabezada por el Ing. Taisuke Yanai, de la Cía. de Desarrollo Eléctrico (que en adelante se llamará EPDC), e integrada por otros cinco ingenieros, que se mencionan abajo. Dicha Misión efectuó los estudios correspondientes a los 3 proyectos citados al principio del presente Capítulo:

Jefe de Misión:	Ing. Proyectista Taisuke Yanai, de la EPDC
Integrantes:	Ing. Electricista Susumu Mishima, del Ministerio de Comercio e Industria
	Ing. Electricista Takashi Hashimoto, de la Cía. de Asesoramiento Técnico Shin Nippon, S. A.
	Ing. Civil Hiroshi Furuta, de la Cía. de Desarrollo Técnico Nishi Nippon, S. A.
	Ing. Civil Kazuo Shindo, de la EPDC
	Ing. Electricista Hiroshi Kagami, de la EPDC

Los 3 proyectos antes mencionados contaban con los estudios hechos en los respectivos lugares de la obra con sus Informes de Factibilidad, que la Agencia de Desarrollo Internacional (AID) de los EE. UU. había preparado en 1964. La Misión de Estudios destacada por Japón ha llevado a cabo los estudios, teniendo en cuenta los Informes de Factibilidad confeccionados por la AID.

## 1 - 2      Objetivo

En el presente Informe que tenemos el gusto de elevarle, la Misión Japonesa pone de manifiesto las posibilidades técnicas y económicas del Proyecto Pirapo. El Proyecto Pirapo es un plan de desarrollo que tiene por meta suministrar energía eléctrica a la Colonia Japonesa de Alto Paraná, situada en la cuenca del Río Pirapo y las zonas adyacentes, Provincia de Itapúa, en el sur de la República del Paraguay.

## 1 - 3      Estudios

Durante unos 40 días a partir del 9 de agosto de 1967, la Misión Japonesa ha estado en estrecho contacto con el Gobierno del Paraguay y la Administración Nacional de Electricidad (que en adelante se denominará ANDE), dedicándose a estudiar los pormenores de los proyectos. Empleó unos 10 días para investigar de cerca las condiciones prevalecientes en las principales localidades que están dentro del Proyecto Pirapo.

Igualmente la Misión hizo viajes al lugar de la obra de la Central Acaray, que se encuentra en construcción a cargo de las Autoridades Nacionales y las Municipales de Asunción y Encarnación, y otras localidades, en que recogió materiales informativos de diversa índole que eran necesarios para elaborar el presente Informe. Una vez terminados los estudios en la República del Paraguay y regresada a Japón, la Misión, a partir de octubre de 1967, se ha consagrado a examinar la oferta y la demanda de la energía eléctrica, la producción energética y los estudios económicos del Proyecto, y acaba de elaborar el presente Informe de los Estudios de Factibilidad del Proyecto Pirapo, que tiene el honor de elevar al conocimiento del Gobierno del Paraguay por conducto de la Agencia de Colaboración Técnica Internacional.

## 1 - 4      Materiales Informativos

A la Misión le fueron facilitados los materiales de información básica para sus estudios y elaboración del Proyecto Pirapo por la Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social, la ANDE y la Corporación Pública de Servicio Emigratorio del Japón.

## 1 - 5 Agradecimiento

Al elevar el presente Informe la Misión aprovecha la oportunidad para dejar constancia de su profundo agradecimiento a las Autoridades del Gobierno Paraguayo y las entidades antes citadas por la serie de facilidades, atenciones y colaboración que han tenido la gentileza de prestarle durante todo el tiempo que duraron los estudios.

## **CAPITULO SEGUNDO - CONCLUSION Y RECOMENDACIONES**

## CAPITULO SEGUNDO - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 2-1 Conclusión

El Proyecto de Desarrollo de Pirapo debe ser objeto de nuevos exámenes en la oportunidad en que sean disponibles los datos hidrológicos del Río Pirapo, por cuanto los datos disponibles en la actualidad no son completos. Sin embargo, de acuerdo con los pocos datos hidrológicos que pudo recoger la Misión Japonesa, y después de estudiarlos minuciosamente hemos llegado a la conclusión que se menciona más adelante.

En cuanto al plan de suministrar la energía eléctrica a la Colonia Japonesa de Alto Paraná desde la Central Acaray, como una alternativa del Proyecto de Desarrollo del Río Pirapo, lo hemos descartado de nuestros exámenes, debido a numerosos factores de incertidumbre que hay en la construcción de la Línea de Transmisión entre la Central Acaray y Encarnación, limitándonos a hacer una descripción breve en el apéndice.

(1) En la Colonia Japonesa de Alto Paraná funcionan actualmente dos equipos electrógenos diesel con capacidad acumulada de 18 kW, uno en las oficinas de la Corporación Pública de Servicio Emigratorio del Japón y el otro en su hospital. Teniendo en cuenta el futuro desarrollo de la misma Colonia, no basta dependerse de equipos de reducida capacidad como los citados, sino que será preciso disponer de instalaciones de amplitud suficiente para suministrar la energía eléctrica al público en general. Sería igualmente necesario instalar redes de suministro de la energía eléctrica para las tres Colonias de Obligado, Hohenau y Bella Vista, vecinas a la Japonesa antes citada, pues en la actualidad está construyéndose en una de ellas una planta electrógena diesel de 200 kW, capacidad que se considera exigua, dada la extensión de las Colonias y su población que se eleva a considerable número.

(2) Con objeto de llenar las necesidades originadas de tales demandas, se estima prudente considerar los 3 siguientes proyectos: Proyecto de construcción de la Central Pirapo; proyecto de instalación de una planta electrógena diesel; y un tercer plan en que estarán combinados los dos proyectos anteriores.

Hemos examinado los 3 planes anteriores y llegado a la conclusión de que será económico para las citadas Colonias construir en primer término la Central Pirapo como fuente de



abastecimiento de energía eléctrica a las mismas, e instalar una planta electrógena diesel cuando las demandas lo justifiquen.

(3) En el caso de construir la Central Pirapo, serán instalados los equipos de distribución en la Colonia Japonesa para distribuir la energía a los consumidores. En cuanto a las tres Colonias de Obligado, Hohenau y Bella Vista, serán construidas las líneas de transmisión hasta la de Obligado, en la cual se deberá construir una subcentral receptora, y se venderá la energía producida por la Central Pirapo a la empresa existente en el punto de las líneas de barra, del lado de 6,0 kV de la citada subcentral.

(4) El Proyecto de Desarrollo del Río Pirapo estará compuesto de la construcción de la Central Pirapo, la de líneas de distribución dentro de la Colonia Japonesa de Alto Paraná, la de líneas de transmisión a las tres Colonias de Obligado, Hohenau y Bella Vista y la de la subcentral Obligado.

(5) La Central Pirapo resultará lo más económica, si su alcance de desarrollo es del orden de 1.800 kW. Los gastos de obras que implica la construcción de la Central Pirapo, si es de este orden, ascienden a un total de ₡446.600.000 que incluye la suma de ₡234.510.000 por concepto de instalaciones necesarias para producir la energía eléctrica y el resto por concepto de equipos de transmisión, transformación y distribución.

(6) En la venta de la energía eléctrica producida por la Central Pirapo se estima en ₡4,1 kWh el precio de fábrica por kWh entregado en los terminales de los consumidores, en cuyo cálculo hemos tenido los siguiente factores: 6,5% de tasa de interés anual; 50 años de duración en servicio de la Central, excepto la del generador de rueda hidráulica que se calcula en 35 años. Tratándose de los terminales de los consumidores de las tres Colonias de Obligado, Hohenau y Bella-Vista, los mismos se refieren a la Subcentral Obligado.

(7) Al establecer la evaluación económica de la Central Pirapo, hemos tomado como base los beneficios, que aportaría la Central Pirapo divididos por el gasto anual de operación, administración, amortización y mantenimiento de una planta diesel de la misma capacidad que la citada Central. Según los cálculos hechos por nosotros los beneficios que aportaría la Central Pirapo, divididos por el gasto anual de su operación, administración, amortización y mantenimiento, indican una tasa de 1,58 lo cual evidencia que la Central Pirapo es más ventajosa que la planta diesel.

(8) En cuanto al fondo necesario el 50% de la totalidad de los gastos que demande el Proyecto será aportado por fondo propio y el restante 50% por financiación. En este caso como condiciones de amortización se consideran los siguientes factores:

Tasa de interés anual:	6,5%
Año de gracia:	5 años
Plazo de reintegro:	20 años, incluyendo los 5 años libres

Los cálculos indican que es posible amortizar el crédito obtenido, si se vende la energía a la Colonia Japonesa de Alto Paraná a 4,5  $\text{¢/kWh}$  y a las tres Colonias de Obligado, Hohenau y Bella-Vista. a 3,0  $\text{¢/kWh}$  por la cantidad de energía correspondiente a la generada por la planta diesel existente y a 3,5  $\text{¢/kWh}$  a la cantidad de energía correspondiente al aumento de la demanda.

## 2 - 2 Recomendaciones

De conformidad con la conclusión anterior la Misión se permite hacer las siguientes recomendaciones:

- (1) Que se debe instalar una estación de aforo en el Río Pirapo como una de las primeras medidas y continuar la medición de su caudal.
- (2) Que se debe desarrollar la Central Pirapo por el sistema de central de presa con un embalse regulador con una regulación mensual del orden de 8.000.000  $\text{m}^3$ , que será a su vez su capacidad útil. La Central tendrá una capacidad máxima de producción del orden de 1.800 kW.

(3) Que el Proyecto Pirapo tendrá como zona de suministro de la energía eléctrica la Colonia Japonesa de Alto Paraná y las tres Colonias que colindan con aquélla.

(4) Que la construcción de la Central Pirapo será terminada en una sola etapa de obras con posibilidades previstas de trabajar conjuntamente con una instalación adicional e independiente de equipo electrógeno diesel, a medida que la demanda vaya en aumento en lo futuro.

(5) Que la Central Pirapo entrará en funcionamiento a mediados de 1972; al construirla se debe contar con los datos del caudal obtenidos en los años de 1968 a 1969; en el primer semestre de 1970 se debe tener terminados los estudios definitivos listos para llamar a licitación de inmediato; se deberá dar inicio a las obras a mediados de 1970.

(6) Que cuando sea madurado en lo futuro un proyecto de construcción de las líneas de transmisión de la Central Acaray, se deberá examinar el plan de recibir la energía producida en dicha Central, con previo estudio comparativo de carácter económico entre este plan y el Proyecto de la Central Pirapo.

## **CAPITULO TERCERO - LAS PERSPECTIVAS DE LA DEMANDA**

## CAPITULO TERCERO - LAS PERSPECTIVAS DE LA DEMANDA

### 3 - 1 Generalidades

#### 3-1-1 Generalidades de las regiones adyacentes

##### (1) Condiciones Generales

La República del Paraguay es un país mediterráneo con una extensión total de 407.000 km<sup>2</sup>, situado en el corazón del Continente Sudamericano. Su territorio extiende de norte a sur, con el Río Paraguay que lo divide en dos regiones: La región occidental llamada Chaco; y la región oriental. La región occidental que ocupa las dos terceras partes de su territorio está apenas desarrollada industrialmente, excepto la industria ganadera que la utiliza en escala restringida.

Mientras tanto la región oriental, de unos 160.000 km<sup>2</sup> de superficie, es una inmensa llanura de tierras fértiles, cubiertas en su mayoría de bosques vírgenes. En muchas zonas de esta región se aprecia el aprovechamiento de carácter agropecuario y la silvicultura. Su clima es en términos generales semi-tropical con una temperatura media de 31,5°C en verano y la de 14,5°C en invierno. La precipitación anual es del orden de 600 - 1.700 mm. Su topografía es relativamente llana con cuchillas u ondulaciones y su altura sobre el nivel del mar es menos de 300 m en general, excepto en la región nordeste en donde llega a la de 600 m s.e.n.m.

Los ríos que se prestan para aprovechar su potencial hidráulico corren principalmente en las zonas fronterizas con Brasil y Argentina. El Río Acaray, sobre cuyas márgenes la ANDE está construyendo la Central Acaray, es una de sus principales ríos.

Entre los medios de transporte se cita la red ferroviaria que une Asunción con la ciudad de Encarnación, aparte de las redes de transporte por ómnibus que se extienden a varias ciudades del interior. Además hay varias líneas de aeronavegación llamadas TAM que son de frecuente uso por el público en sus viajes al interior. Y en cuanto a las vías de comunicación hay una espléndida carretera internacional que parte de la capital hasta el Puerto Presidente Stroessner. Esta autopista, después de cruzar la frontera con Brasil, llega hasta el puerto libre de Paranaguá, en la costa brasileña del Atlántico Sur.

El transporte de los productos de importación y exportación, Paraguay depende en su mayoría de los medios fluviales de los Ríos Paraná y Paraguay, complementados por el transporte terrestre al puerto libre de Paranaguá.

La población de la República del Paraguay asciende a 1.816.890 habitantes, según el Censo Nacional de 1962, presumiéndose que habría llegado en 1965 al número de 2.000.000. En los últimos 10 años su tasa de aumento vegetativo fue de 7,2% al año. Un 81% de esta población vive en la llamada delta formada por las líneas que conectan las ciudades de Asunción, Puerto Presidente Stroessner y Encarnación.

Entre las principales ciudades del Paraguay se menciona la capital Asunción, de 400.000 habitantes, Encarnación con 35.000, Villarrica con 31.000, Concepción con 34.000 habitantes, etc. En la citada delta se llevan a cabo diferentes proyectos de desarrollo económico. El plan de desarrollo actualmente en ejecución a lo largo de esta zona triangular de 51.000 km<sup>2</sup> de superficie es conocido bajo designación de Plan Triángulo, según el cual las zonas de progreso intenso en el futuro estarán representadas principalmente por el Puerto Presidente Stroessner y sus proximidades, así como por la región que conecta dicho puerto con la ciudad de Encarnación.

Fomento de la industria agropecuaria, desarrollo de los recursos forestales y transformación de los productos primarios de ambas industrias constituyen el trío de las prioridades en todos los proyectos de desenvolvimiento en el Paraguay. Entre las principales industrias del país se cuentan la de transformación de carne en Asunción y Encarnación y la fábrica de cemento que trabaja en la localidad de Valle-mi, en la proximidad de la ciudad de Concepción.

La economía paraguaya - se puede decir - está sostenida por la exportación de sus productos primarios.

(2) La cuenca del Río Pirapo y las zonas adyacentes

El conjunto de estas zonas y la cuenca están ubicadas casi en el centro del Departamento de Itapúa al sur del País y se extienden en un radio de 30 - 80 km al

nordeste de la ciudad de Encarnación, capital departamental y centro de las actividades económicas del sector sur de la zona de la mencionada delta. En esta área hay las tres Colonias de Hohenau, Obligado y Bella-Vista y la Colonia Japonesa de Alto Paraná. Esta zona que abarca el Puerto Presidente Stroessner en otro extremo constituye uno de los objetivos de mayor importancia en el proyecto de desarrollo llamado Plan Triángulo.

La carretera que une la ciudad de Encarnación con la localidad de Capitán Meza, pasando por las Colonias antes mencionadas, no está aún asfaltada, pero tiene un ancho de 8 m apto para el transporte de autobuses colectivos.

Todos los ríos que corren por esta zona bajan del oeste al este, desembocando en el Río Paraná. De todos ellos son aprovechables como fuentes de energía hidráulica el Río Pirapo, que atraviesa la parte central de la Colonia Alto Paraná, y el Río Capibari que pasa por las Colonias de Hohenau, Obligado y Bella Vista. El Río Pirapo, objeto de los presentes estudios, desemboca al Río Paraná en un punto distante a 70 km al nordeste de Encarnación y su cuenca tiene una superficie de 1.100 km<sup>2</sup>.

La Colonia Alto Paraná que forma el núcleo del proyecto de electrificación, tiene una población de 1.600 habitantes y una superficie de 84.000 Ha. Es una zona ondulada, cuya altura sobre el nivel del mar varía entre 100 y 350 m. El cultivo principal en esta zona es el tung y como cultivos complementarios y de cosecha rápida se citan el algodón, el maíz, el poroto soya, el arroz y otros productos agrícolas. Debido a la pronunciada tendencia bajista que se ha registrado últimamente en las cotizaciones internacionales del tung, se proyecta cambiar las especies del cultivo agrícola, para lo cual se planea una mayor diversificación de la agricultura, agregándosele la sericultura y la ganadería.

Las Colonias de Obligado, Hohenau y Bella-Vista situadas al sur de la Colonia Japonesa tienen una población de 16.000 habitantes, de los cuales 4.300 personas forman la población urbana. Su cultivo principal es el tung y yerba mate. Los productos agrícolas de estas Colonias son embarcados al mercado nacional y a las plazas de consumo en el exterior, vía Encarnación. Fuera de una fábrica de extracción de aceite tung y una

fábrica de yerba mate que funcionan en la Colonia Obligado no hay en esta región industria digna de mención especial.

### 3-1-2 Actualidad de las Empresas Eléctricas

#### (1) Actualidad de la empresa eléctrica en el Paraguay

La empresa de suministro de energía eléctrica en la República del Paraguay está a cargo exclusivo de la Administración Nacional de Electricidad ANDE, de acuerdo con la Ley No. 966. Sin embargo en aquellas regiones en que la ANDE no está en condiciones de suministrarla directamente, funcionan otras empresas eléctricas bajo autorización otorgada por la ANDE. Entre éstas hay entidades suministradoras municipales del interior. En la Tabla No. 3-1 se indican las instalaciones generadoras de electricidad actualmente en operación en el Paraguay. Según esta Tabla la capacidad instalada de todas las centrales que funcionan actualmente en el Paraguay asciende a unos 57 MW, de los cuales 38 MW o sea el 67% de la totalidad corresponde a la energía destinada al consumo general, mientras el resto es la energía de producción particular, como la que se genera en las fábricas para su propio consumo.

La empresa suministradora de energía más grande para el consumo general es la que administra la ANDE, y su radio de suministro está dentro de Asunción, capital nacional. La ANDE tiene una capacidad instalada total de 33,2 MW. Sigue a la ANDE por orden de importancia la Cía. Eléctro Industrial y Comercial, S.A. que suministra la energía a la ciudad de Encarnación y tiene una planta electrógena diesel de 2.250 kW. Además de las anteriores hay otras empresas eléctricas para el suministro común con capacidades muy limitadas. También algunas fábricas que generan la energía para su propio consumo efectúan el suministro a las casas situadas en su proximidad.

En la actualidad no hay en el Paraguay sistemas eléctricos interconectados, o sea que las Centrales suministran la energía a la zonas respectivas que son limitadas.

En cuanto a la tarifa en la ciudad de Asunción, donde funciona la ANDE, se está cobrando ₡ 8,50/kWh por la energía suministrada al consumo de los hogares y una tasa que oscila entre ₡ 8,50 y ₡ 5,95/kWh para la energía de uso industrial. En



Encarnación las tarifas son de ₡ 13,0/kWh y ₡ 8,0 - 11,5/kWh, respectivamente.

Con excepción hecha de la energía generada en algunas fábricas para su propio consumo, la frecuencia es de 50 c/s, corriente alterna, casi en toda la República. La ANDE piensa unificar en este número de frecuencia la red nacional de sistemas eléctricos que está proyectando.

Según se proyecta serán adoptados los voltajes de 220 kV, 130 kV, 66 kV y 22,9 kV en los sistemas de transmisión. Respecto a las líneas de distribución de alto voltaje están adoptadas las de 6,0 kV en Asunción y otras ciudades. Se tiende a unificar las líneas de bajo voltaje en lo futuro a las de 380/220 V.

## (2) Plan de Electrificación Nacional

El Gobierno de la República del Paraguay lleva a cabo un proyecto de desarrollo eléctrico con prioridad preferente otorgada a la Zona Triángulo, como uno de los objetivos más importantes. Dentro del Plan Triángulo la ANDE está construyendo la Central Hidroeléctrica de Acaray a 5 km al norte del Puerto Presidente Stroessner. La potencia instalada de la citada Central estará a cargo de dos generadores de 45 MW, cada uno, en la Primera Etapa de las obras.

Tabla No. 3-1 Instalaciones Generadoras Existentes

Departamento	Capacidad Instalada (kW)		Total
	Empresas Eléctricas	Producción para consumo propio	
I. Región Oriental (Triángulo)			
Capital	33.200	2.808 (*1)	36.035
Cordillera	663	75	708
Guaira	400	3.525 (*2)	3.925
Caaguazú	67	-	67
Itapúa	2.250	739	2.989
Misiones	57	-	57
Paraguarí	(*3)	180 (*7)	180 (*4)
Alto Paraná	80	2.110 (*5)	2.190
Central	524	3.316	3.843 (*6)
Total parcial	37.241	12.753 (*7)	49.994
II. Otras zonas de la Región Oriental			
Concepción	690	1.350	2.040
Amambay	50	30	80
San Pedro	121	150	271
Ñeembucú	(*3)	2.880 (*2)	2.880
Total parcial	861	4.410	5.271

Departamento	Capacidad Instalada (kW)		Total
	Empresas Eléctricas	Producción para consumo propio	
III. Región Occidental (Chaco)			
Olimpo	(*3)		(*3)
Boquerón	(*3)	1.733	1.733
Presidentes Hayes	(*3)	383	383
Total parcial	(*3)	2.116	2.116
IV. Total general	38.102	19.279	57.381

- Notas:
- \*1 : Incluye dos Centrales para propio consumo, cuya capacidad instalada es desconocida.
  - \*2 : Incluye el suministro al público hecho por las Centrales de consumo propio.
  - \*3 : Es desconocida la capacidad instalada.
  - \*4 : Se desconoce la proporción que corresponde a la Empresa Eléctrica y a los Centrales para propio consumo.
  - \*5 : Incluye 2.000 kW generados por la central provisoria para las obras de la Central Acaray (1.000 kW por la ANDE y 1.000 kW por la TORNO).
  - \*6 : Incluye una central de capacidad desconocida. En esta cifra está incluida la potencia de 3 kW considerada como la producida para propio consumo, por no haberse podido establecer división exacta entre la generada por la Empresa Eléctrica y la Central de propio uso.
  - \*7 : En este valor está incluida la potencia, cuyo origen no se sabe si es de la Empresa Eléctrica o la Central para propio consumo.

De los dos equipos el No. 1 se pondrá en funcionamiento hacia fines de 1968. Una vez terminadas las obras de la Primera Etapa, la Central Acaray estará en condiciones de llenar todas las demandas de la ciudad de Asunción y además podrá entregar la energía sobrante a Brasil y a Argentina, después de satisfacer las demandas de 43 poblaciones incluidas en la Zona Triángulo.

Se espera que el Proyecto Acaray surtirá entre otros los siguientes beneficios: Electrificación de las principales ciudades y centros rurales de la Zona Triángulo; Fomento industrial dentro de la zona por una tarifa más baja de la energía suministrada; y Elevación del nivel de vida del pueblo paraguayo.

Los detalles de este proyecto de electrificación están ilustrados en la Figura No. 3-1.

En cuanto a la electrificación de las zonas fuera de la Triángulo, la ANDE está en etapa de los estudios respectivos.

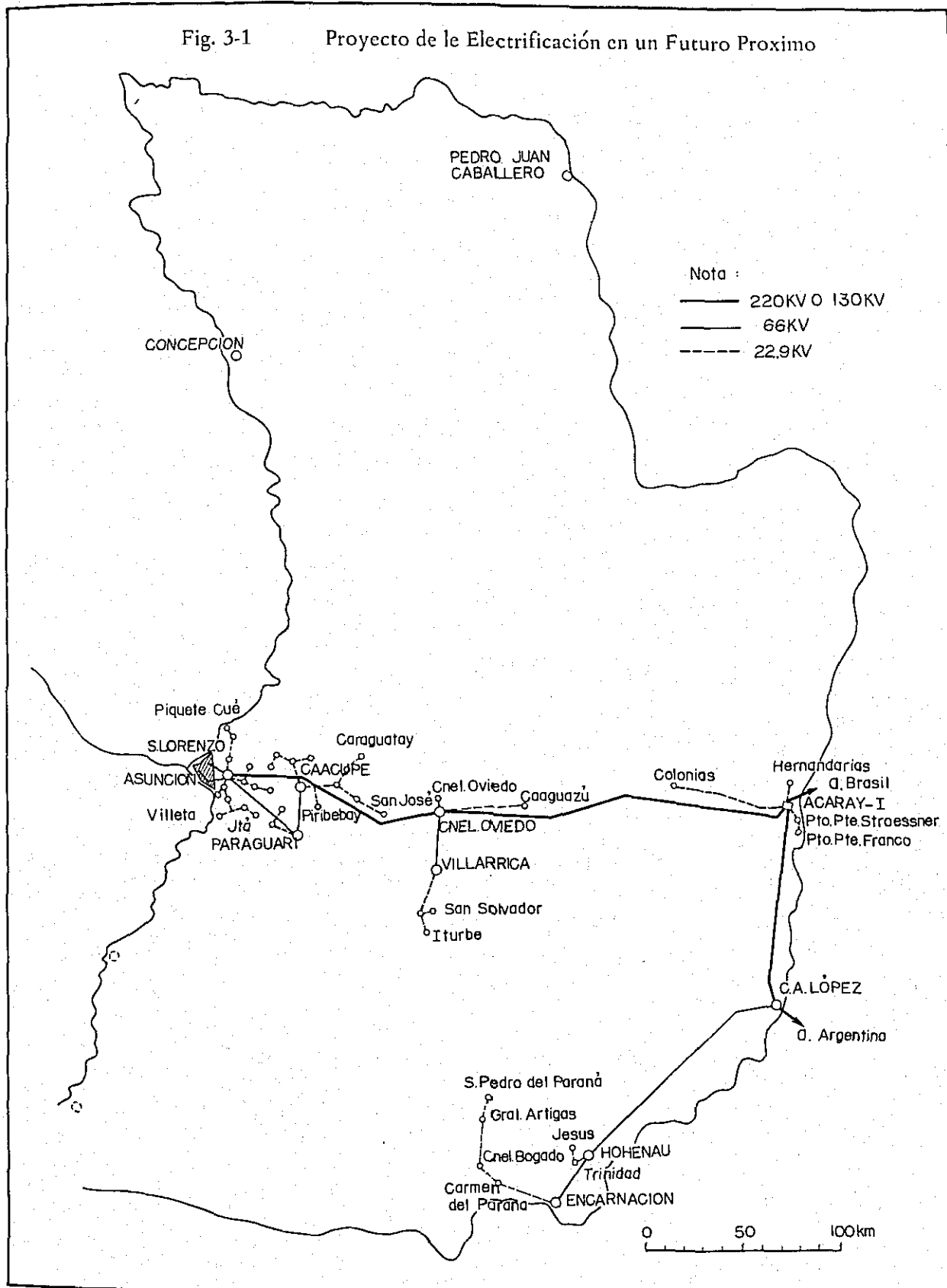
### (3) Electrificación Rural de la Cuenca del Río Pirapo y Zonas Adyacentes

En esta amplia región, objeto de la electrificación de epígrafe, se halla la Colonia Alto Paraná, administrada por la Corporación Pública de Servicios Emigratorios del Japón, y las tres vecinas de Obligado, Hohenau y Bella-Vista, estando la primera situada en la cuenca del Río Pirapo.

Una de las electrificaciones rurales que ha alcanzado mayor progreso en esta región es el proyecto de electrificación de la Cía. Hidroeléctrica, S.A. "HIDROSA". Esta empresa fue fundada en septiembre de 1966 con objeto de electrificar las zonas de Hohenau, Obligado y Bella-Vista y habría entrado en operación y comenzado el servicio de suministro de energía en noviembre de 1967. La empresa tiene una planta electrógena diesel con capacidad instalada de 200 kW.

Dentro del Proyecto Acaray de la ANDE hay un plan de electrificar la Colonia Hohenau como un eslabón del Proyecto de Obras de la Línea de Transmisión de 66 kV entre la población de Carlos Antonio López y Encarnación. Hasta estos momentos no está fijada la fecha exacta de la terminación de las obras.

Fig. 3-1 Proyecto de le Electrificación en un Futuro Proximo



Aparte de los dos planes de electrificación antes mencionados no hay al presente ningún otro plan de electrificación rural que tenga detalles de realización terminados.

En la ciudad de Encarnación funciona y suministra la energía eléctrica la Cía. Eléctro Industrial y Comercial S. A., que construyó en diciembre de 1963 una planta electrógena diesel con una capacidad instalada de 2.250 kW.

### 3 - 2 Perspectivas de la Demanda

#### 3-2-1 Alcance del Suministro

Al establecer el alcance de suministro de la Central Pirapo proyectada se ha considerado la posibilidad técnica del suministro y su alcance o sea las Colonias Alto Paraná, Hohenau, Obligado y Bella-Vista, Fram, Chávez y la ciudad de Encarnación, y se ha examinado el alcance de suministro por la Central Pirapo que sea lo más económico, teniendo en cuenta las distancias de las líneas de transmisión a las poblaciones mencionadas y el volumen de la demanda en dichas zonas. La Misión ha arribado a la conclusión de que el alcance de suministro de la presente Central se extienda a la Colonia Japonesa de Alto Paraná y las tres Colonias de Hohenau, Obligado y Bella-Vista, estas últimas consideradas como zonas de suministro por la HIDROSA, tal como se indica en el párrafo 3-2-1 (2).

En este caso, se venderá la energía a la HIDROSA en la Subcentral Obligado para su distribución a las tres Colonias de Hohenau, Obligado y Bella-Vista.

#### 3-2-2 Perspectivas de la Demands

Los estudios sobre las perspectivas de la demanda están basados en las perspectivas que se prevén en las cuatro Colonias antes citadas y abarcan un período de 16 años a partir de 1967 hasta 1982, lapso que se considera necesario y suficiente para tomar en cuenta en la elaboración del proyecto de la Central Pirapo. La tarifa de energía aplicable a la venta a las tres Colonias de Hohenau, Obligado y Bella Vista será inferior al precio de fábrica de la Planta electrógena diesel a que se produciría en dichas Colonias.

En estos estudios por lo que se refiere a la Colonia Japonesa se ha calculado renglón por renglón la iluminación de las calles, la iluminación de los hogares, la energía que requieran la fábrica

de hilados de seda y el taller de reparaciones de automóviles y fueron totalizadas las perspectivas que presentan todas las demandas.

Por lo que atañe a las tres Colonias de Hohenau, Obligado y Bella-Vista tenemos valores estimativos hechos por la Cía. HIDROSA, pero teniendo en cuenta el factor de seguridad hemos estimado la demanda en una proporción de 60% de dichos valores estimativos. En cuanto al porcentaje del crecimiento lo hemos estimado en el 6% como la cifra más prudente y adecuada para esta zona.

De todo lo anterior hemos confeccionado la Fig. 3-2 y la Fig. 3-3 y la Tabla 3-2.

### 3 - 3 Equilibrio entre la Demanda y la Oferta

#### 3-3-1 Equilibrio de la Potencia en kW

En estas zonas de posible suministro el mes en que se registra cada año la mayor demanda es el de mayo. Por lo tanto para base de equilibrio de las potencias kW se ha tomado la demanda correspondiente al mes de mayo que es el mes de la máxima demanda mensual en todos los años. Con respecto al examen del equilibrio de las potencias kW a suministrar, se ha tomado el suministro de mes en que resulte la mínima en todo un año la capacidad de suministro de la Central Pirapo. En este último caso se ha tomado como base de cálculo el valor medio de las capacidades de suministro correspondientes a los meses de los años 1964 a 1966, en que la sequía es más pronunciada, teniendo en cuenta los datos hidrológicos disponibles que son de estos 3 años, según se señala en el Capítulo Quinto.

Para el período que deben abarcar nuestros estudios hemos tomado el de 11 años de 1962 a 1982 por considerarlo como lapso necesario y suficiente para el examen del equilibrio de las potencias kW.

De los anteriores hemos obtenido los resultados que están indicados en la Fig. 3-4, la Fig. 3-5 y la Tabla 3-3. De acuerdo con los resultados logrados se ve con toda claridad la necesidad de contar con capacidades de suministro adicionales durante el año 1976, pues para esa fecha no será suficiente la potencia aun cuando la Central Pirapo funcione desarrollando su capacidad completa y que la planta diesel existente de 200 kW continúe en operación.

### 3-3-2 Equilibrio de la Energías en kWh

Al examinar el equilibrio de las energías en kWh que se requiera cada año en las citadas zonas de suministro, hemos tomado como año típico el de 1966 y comparado la producción diaria de este año con la demanda diaria del mismo año, que incluye la variación de la demanda por días laborables y días francos, mes tras mes y año tras año, según se aprecia en el Capítulo Sexto. En nuestros estudios toda vez que hemos notado que la capacidad de suministro resulte insuficiente para satisfacer la demanda, hemos recurrido a la planta diesel existente de 200 kW para cubrir la falta. Y en caso de que aún así hay escasez en el suministro hemos considerado subsanar la falta con un suministro adicional completamente nuevo.

En la Tabla 3-3 dejamos mencionados los resultados obtenidos por estos estudios. De acuerdo con la citada Tabla en 1976 se sentirá falta de capacidad de suministro y por lo tanto se hará patente la necesidad de disponer de una capacidad de suministro adicional, además de la de la Central Pirapo y de la planta diesel existente de 200 kW.



Tabla 3-2 Demanda Anual (kW)

Año Orden cronológico	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
	Demanda	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Alumbrado	(Población de la C. Alto Paraná)	(1.720)	(1.780)	(2.200)	(2.600)	(3.000)	(3.370)	(3.780)	(4.200)	(4.630)	(5.150)	(5.600)	(6.100)	(6.600)	(6.980)	(7.230)	
	Hogares en el casco urbano	3	3	4	6	8	11	15	20	26	34	42	51	60	73	86	101
	Hogares de agricultores en la C.	62	65	70	78	91	110	135	160	185	210	236	267	300	340	384	432
	Edificios públicos	17	17	18	22	33	36	39	43	47	51	56	56	57	57	57	58
	Alumbrado de calles	0	0	0	0	0	9	13	17	22	37	43	49	55	64	75	86
	Suma máxima de las demandas horarias de las horas del alumbrado	82	85	92	106	132	166	202	240	280	332	377	423	472	534	602	677
	Energía per cápita	(48)	(48)	(48)	(48)	(51)	(55)	(60)	(64)	(67)	(71)	(73)	(76)	(78)	(81)	(86)	(93)
	Fábrica de ladrillos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15	15
	Molinos de arroz	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Secador de capullos de seda	0	0	120	170	170	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
Fábrica de hilados de seda	0	0	0	0	0	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	
Asería	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Taller de reparaciones de autos	10	10	10	10	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20	20	
Frigorífico y matadero	0	0	0	0	0	0	0	0	120	120	175	175	240	240	320	320	
Criadero de pollo	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
Colmenar y fábrica de miel	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Servicio de agua urbano	0	0	5	5	5	33	33	33	33	33	54	54	54	54	54	70	
Instalaciones portuarias de Caarendí	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	25	33	47	62	85	
Total parcial	40	40	168	223	238	556	556	556	676	681	794	799	872	886	981	1.025	
Suma máxima	-	-	-	-	-	546	546	547	667	672	786	787	856	870	963	1.010	
Horas de alumbrado	36	36	150	200	210	492	492	493	574	578	655	655	713	725	802	843	
Suma máxima (Horas del alumbrado)	118	121	242	306	342	658	694	733	854	910	1.032	1.078	1.185	1.259	1.404	1.520	
Demanda en horas del alumbrado en Hohenau y Obligado	400	424	449	476	505	535	567	601	637	676	716	759	805	852	904	958	
Suma máxima en Alto Paraná, Hohenau y Obligado (Horas del alumbrado)	518	545	691	782	847	1.193	1.261	1.334	1.491	1.586	1.748	1.837	1.990	2.111	2.308	2.478	
Porcentaje de carga diaria	-	-	-	-	-	64	64	63	62	61	60	59	58	58	57	57	
Máxima demanda en el terminal de la Central (porcentaje de pérdida: 13%)	600	630	800	900	980	1.370	1.450	1.540	1.720	1.820	2.010	2.110	2.290	2.430	2.660	2.850	

Colonia Japonesa de Alto Paraná

Tabla 3-3 Equilibrio de kW y kWh

Artículo	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Demanda Máxima (kW)	(600)	(630)	(800)	(900)	(980)	1.370	1.450	1.540	1.720	1.820	2.010	2.110	2.290	2.430	2.660	2.850
Demanda Total por año (kWh)	-	-	-	-	-	6.121	6.986	7.285	8.136	8.450	9.332	9.611	10.431	10.856	11.884	12.733
Factor de Carga Anual (%)	-	-	-	-	-	*1(51)	(55)	(54)	(53)	(53)	(52)	(52)	(51)	(51)	(51)	(51)
1-1 Potencia Suministrable																
Pirapo (kW)	-	-	-	-	-	1.370	1.404	1.453	1.537	1.591	1.689	1.748	1.800	1.800	1.800	1.800
Diesel Existente (kW)	200	200	200	200	200	0	46	87	183	200	200	200	200	200	200	200
*2 Otras Fuentes (kW)	-	-	-	-	-	0	0	0	0	29	121	162	290	430	660	850
Total parcial (kW)	-	-	-	-	-	1.370	1.450	1.540	1.720	1.820	2.010	2.110	2.290	2.430	2.660	2.850
1-2 Potencia Instalada																
Pirapo (kW)	-	-	-	-	-	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
Diesel Existente (kW)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
*3 Otras Fuentes (kW)	-	-	-	-	-	0	0	0	0	500	500	500	500	1.000	1.000	1.000
Total parcial (kW)	200	200	200	200	200	2.000	2.000	2.000	2.000	2.500	2.500	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000
2-1 Energía Suministrable																
Pirapo (MWh)	-	-	-	-	-	6.121	6.948	7.196	7.933	8.192	8.939	9.141	9.701	9.841	10.389	10.938
Diesel Existente (MWh)	-	-	-	-	-	0	38	89	203	240	265	293	452	615	720	720
Otras Fuentes (MWh)	-	-	-	-	-	0	0	0	0	18	128	177	278	400	775	1.075
Total parcial por año (MWh)	-	-	-	-	-	6.121	6.986	7.285	8.136	8.450	9.332	9.611	10.431	10.856	11.884	12.733

Nota: \*1 La fábrica de hilados de seda entrará en operación en septiembre de 1972

\*2 Suministrada por Planta Diesel

\*3 Se refiere a la capacidad instalada de la Planta Diesel mencionada en \*2

Fig. 3-2 Curva de Carga Diaria en la Colonia ALTO PARANA (PIRAPO)

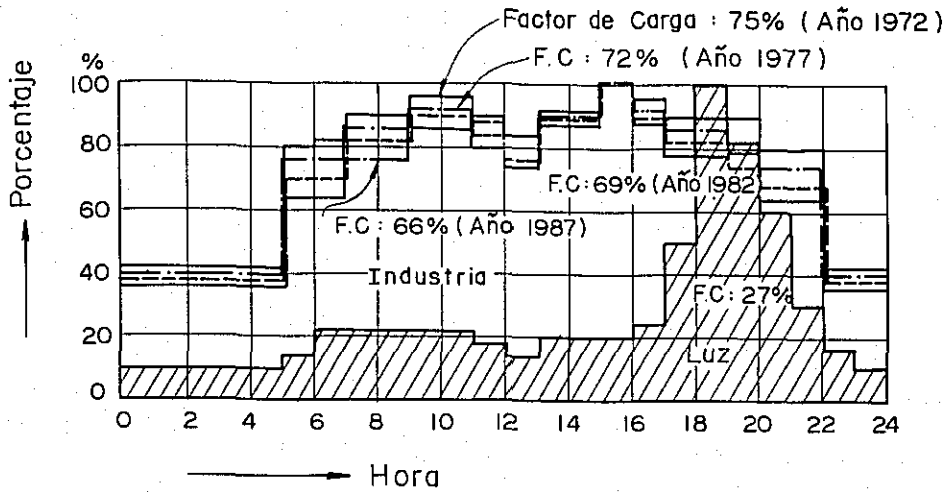


Fig. 3-3 Curva de Carga Diaria en los Distrios HOHENAU, OBLIGADO y B-VISTA (estimada por HIDROSA en el año de 1963)

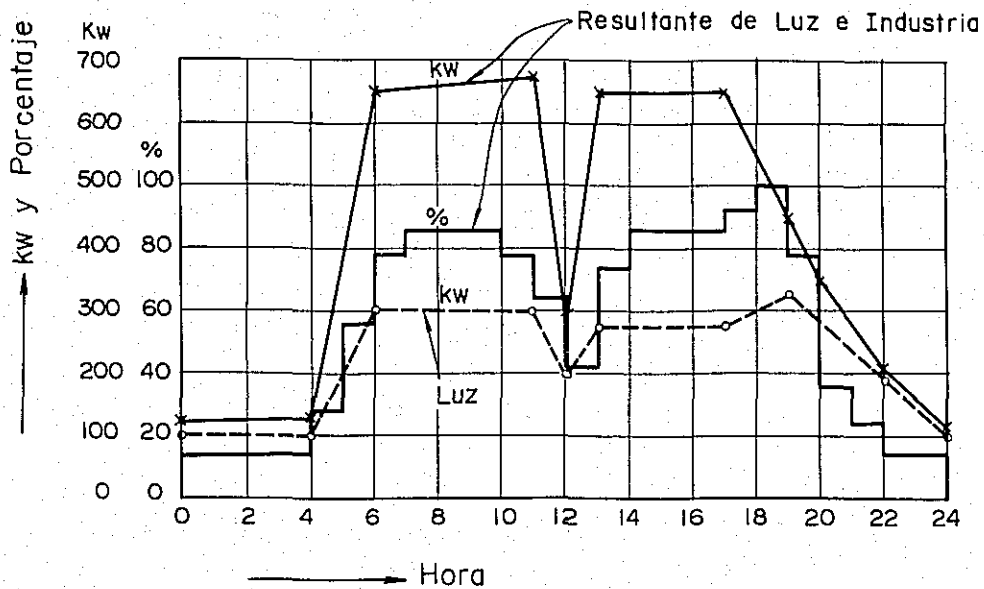


Fig. 3-4 Balance de Demanda Máxima y Suministro Posible en Estación Seca ( Período: 1972 - 1982)

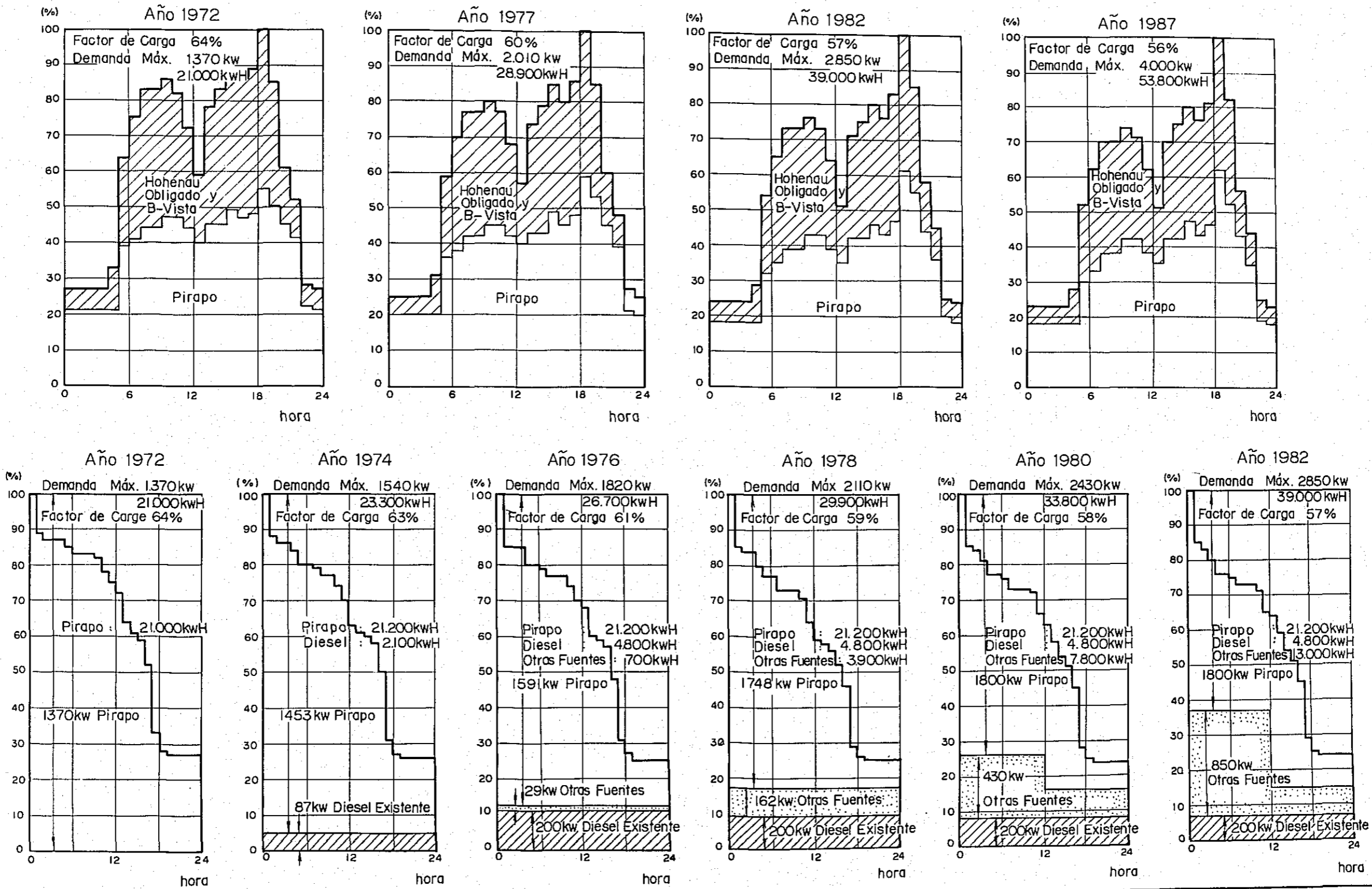
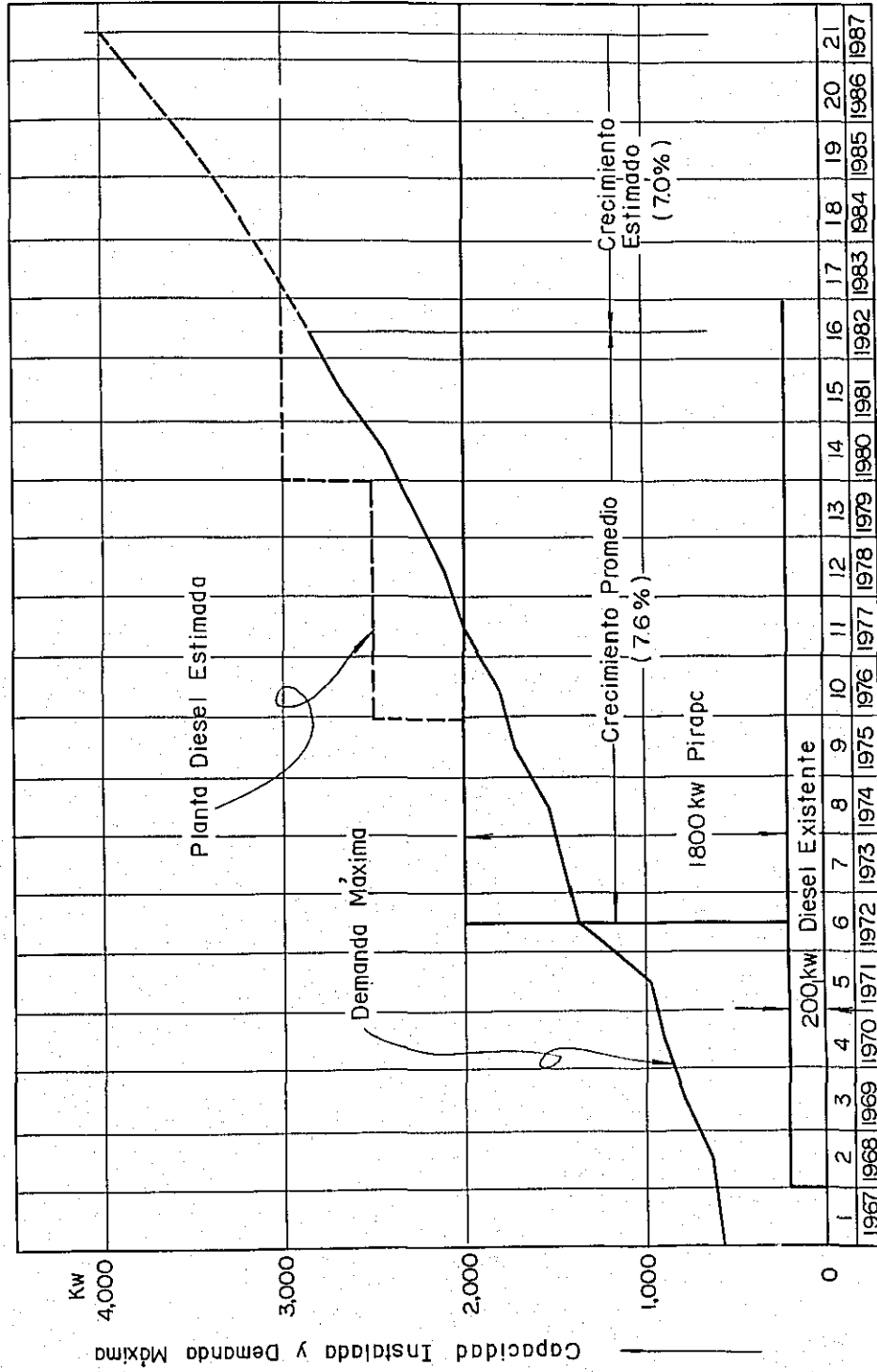


Fig. 3-5 Demanda Máxima y Capacidad Instalada



## **CAPITULO CUARTO - DETALLES DEL PROYECTO**

## CAPITULO CUARTO - DETALLES DEL PROYECTO

### 4 - 1 Zonas que abarca el Proyecto

El presente proyecto abarca la Colonia Japonesa, situada en la cuenca del Río Pirapo que corre en la Departamento de Itapúa, y las Colonias Obligado, Hohenau y Bella Vista que están al sur de la primera. El Río Pirapo, objeto del presente proyecto, al llegar al punto de su desembocadura al Río Paraná, tiene unos 1.100 km<sup>2</sup> de superficie de cuenca. La precipitación dentro de las zonas que abarca el presente proyecto es de unos 1.700 mm al año y su temperatura media anual de 22°C. Toda la extensión de esta cuenca, excepto las zonas cultivadas, está cubierta de bosques espesos con árboles de unos 20 m de altura.

El Río Pirapo en sus aguas abajo serpentea al pasar por la Colonia Japonesa de Alto Paraná, en cuya altura su pendiente fluvial es del orden de 1/1.000. En la desembocadura del Río Pirapo al Paraná y en sus adyacencias el nivel de agua varía notablemente según las fluctuaciones con las mareas, que sufre el nivel del Río Paraná. Hasta el presente no se ha llevado a cabo ningún plan de aprovechamiento del Río Pirapo.

### 4 - 2 Detalles del Proyecto

#### 4-2-1 Proyecto de la Planta Pirapo

Teniendo en cuenta que el Río Pirapo es de pendiente poco pronunciada, se ha considerado el aprovechamiento de su potencial hidráulico para producir la energía eléctrica por el método de presa, para lo cual se ha elegido la ubicación de la Planta en un punto en donde sea lo más angosta la garganta, y en que no esté expuesta a los efectos de las fluctuaciones considerables que en el Río Paraná se registran en su nivel de agua, a fin de reducir al mínimo el costo de construcción de la presa. En consecuencia se ha determinado la ubicación de la presa en un punto situado a unos 12 km de distancia lineal en aguas arriba de la desembocadura del Río Pirapo al Paraná, en que el ancho de la garganta es sumamente estrecho. Para la cota del nivel máximo del embalse se ha tomado una altura de 130 m. La presa tendrá 22 m de altura y 345 m de longitud y obedecerá al modelo de presa de gravedad de concreto. En ambas márgenes se construirán presas de terraplén.

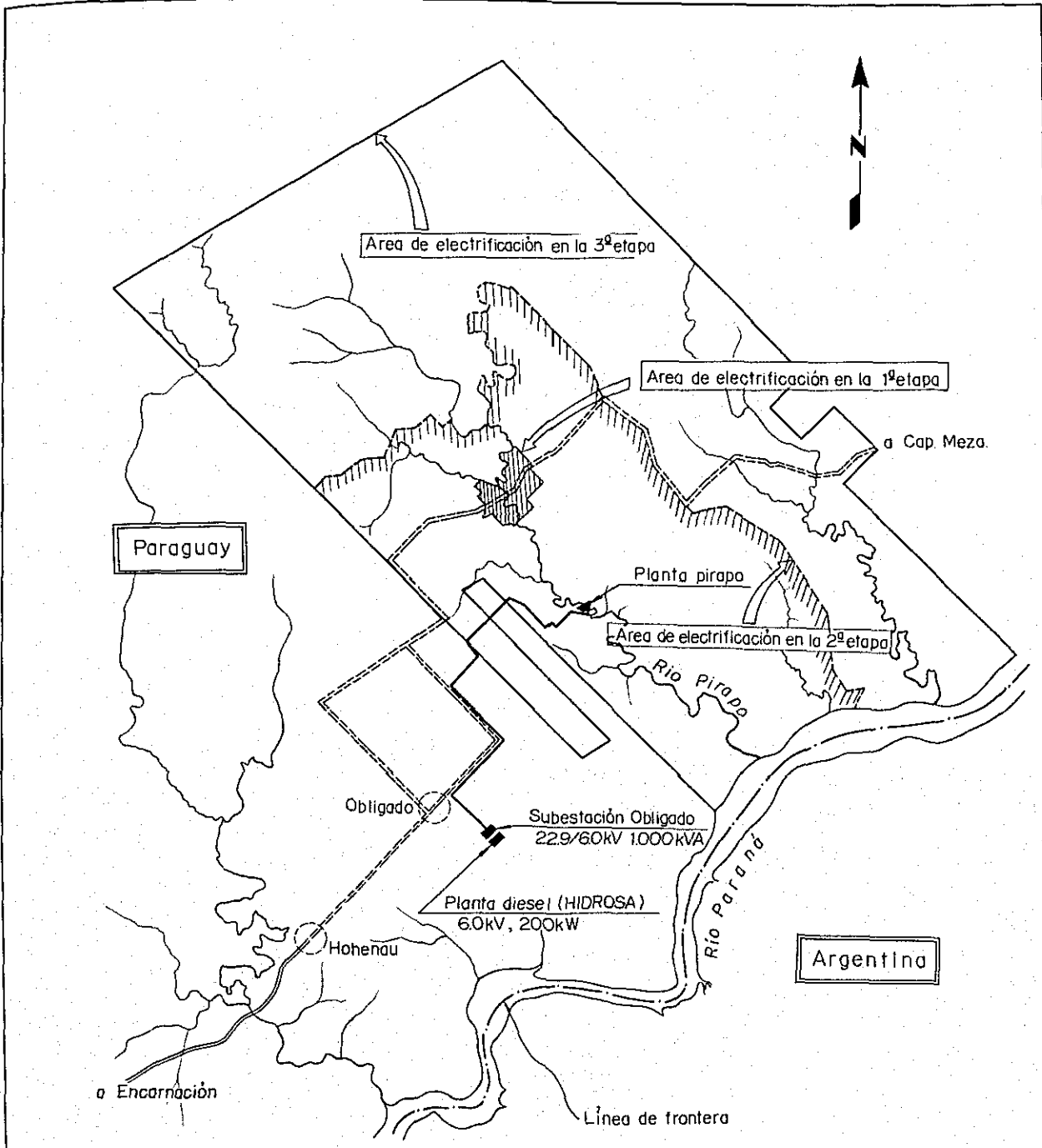
La Central se construirá en aguas abajo en la inmediación de la presa y aprovechando una caída de 14,4 m, producirá unos 12.000.000 kWh al año con la máxima capacidad de unos 1.800 kW, con caudal reforzado durante los meses de estiaje por el flujo que se tomará del embalse de unos 8.000.000 m<sup>3</sup> de capacidad de regulación. La cifra correspondiente a la producción anual es igual al valor de la que la Central Pirapo no tenga más energía sobrante.

Para esta Central Pirapo se ha considerado instalar dos generadores principales.

#### 4-2-2 Proyecto de Transmisión, Distribución y Transformación

La Central Pirapo abastecerá de energía a la Colonia Japonesa de Alto Paraná por 3 circuitos de línea de distribución, de 22,9 kV, que tendrá una longitud de 181 km. Esta línea de distribución será ampliada con otro circuito más en el futuro. Además transmitirá la energía a la subcentral Obligado de 1.000 kVA x 1 máquina a construir dentro de la Colonia Obligado por un circuito de línea de transmisión, de 22,9 kV, con una longitud de 24 km.

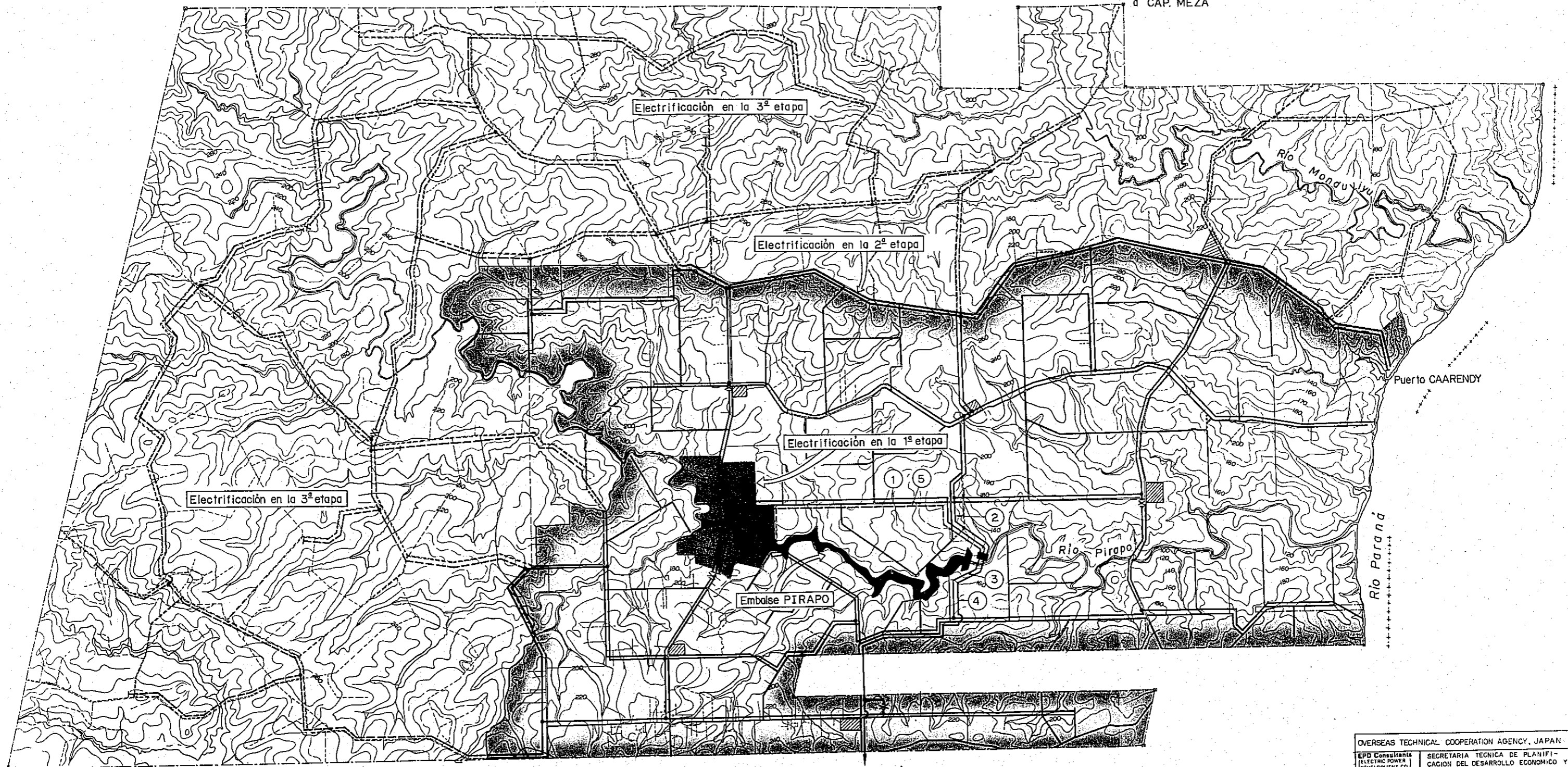




Nota : El área de electrificación considerada para la Colonia ALTO PARANA en este informe pertenece a la 1ª y 2ª etapa

OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY, JAPAN	
PROYECTO PIRAPO	SECRETARIA TECNICA DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL, GOBIERNO DEL PARAGUAY
RUTA DE LA LINEA DE TRANSMISION	(Sub Obligado - Planta Pirapo)
Dibujo No 1	

a CAP. MEZA



**LEYENDA**

- ① : Línea de distribución No.1
- ② : Línea de distribución No.2
- ③ : Línea de distribución No.3
- ④ : Línea de transmisión
- ⑤ : Línea de distribución futura

- : Edificios públicos
- : Líneas de transmisión y distribución proyectadas en este Informe (22.9KV)
- : No está incluida esta línea en el Informe

a Subestación OBLIGADO

OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY, JAPAN	
EPD Consultoría ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO. TOKYO, JAPAN	SECRETARÍA TÉCNICA DE PLANIFI- CACION DEL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL, GOBIERNO DEL PARAGUAY
DISEÑADO	PROYECTO PIRAPO
REVISADO	RUTA DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCIONES EN LA COLONIA ALTO PARANA
SOMETIDO	
RECOMENDADO	
APROBADO	Dibujo No. 2
 DIR. TÉCNICO, EPDC FECHA: mayo de 1968	

REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR

## **CAPITULO QUINTO - - HIDROGIA Y GEOLOGIA**

## CAPITULO QUINTO - HIDROLOGIA Y GELOGIA

### 5 - 1 Hidrología

#### 5-1-1 Caudal Medio Mensual

##### 5-1-1-1 Datos recogidos

Para el Río Pirapo no hay registro del caudal hasta la fecha o sea agosto de 1967. En vista de ello la Misión se ve obligada a estimar el caudal del Río Pirapo de acuerdo con el registro de precipitaciones obtenido en la proximidad del lugar de la presa y del aforo de caudales obtenido en otros puntos de la cuenca.

Felizmente la Misión pudo enterarse de las precipitaciones en los lugares próximos a la futura presa por un registro que el Centro Experimental, de la Colonia Japonesa de Alto Paraná, ha llevado durante los tres últimos años desde 1964 a agosto de 1967. En cuanto a los caudales en otros puntos de la cuenca tuvo la Misión conocimiento de un registro de caudales que la Estación de Aforo, situada en la proximidad de la Central Acaray, tiene anotado por un período de 4 años de 1955 a 1958. La superficie de la cuenca del Río Acaray asciende a 9.880 km<sup>2</sup>. En consideración a lo anterior la Misión Japonesa ha estimado los caudales del punto de la Presa Pirapo, en base a los citados registros.

##### 5-1-1-2 Estimación del Caudal

Se han estimado los caudales medios mensuales de las siguientes formas:

- (1) Se establece que el coeficiente de escurrimiento o escorrentía anual del Río Pirapo es equivalente al del Río Acaray o sea 0,3.
- (2) Teniendo en cuenta la diferencia que existe entre el área de la cuenca del Río Pirapo y el del Río Acaray, se asume que el flujo por superficie unitaria del Río Pirapo en los meses de estiaje es de un 90% del que corresponde al Río Acaray en la misma época: sobre esta base se busca el caudal medio mensual del Río Pirapo en los meses de estiaje.
- (3) En cuanto al caudal medio mensual de los meses fuera de la época de estiaje,

se estima que la tasa de los caudales correspondiente a cada uno de los meses fuera de la temporada de sequía sea igual a la de las precipitaciones de estos últimos meses.

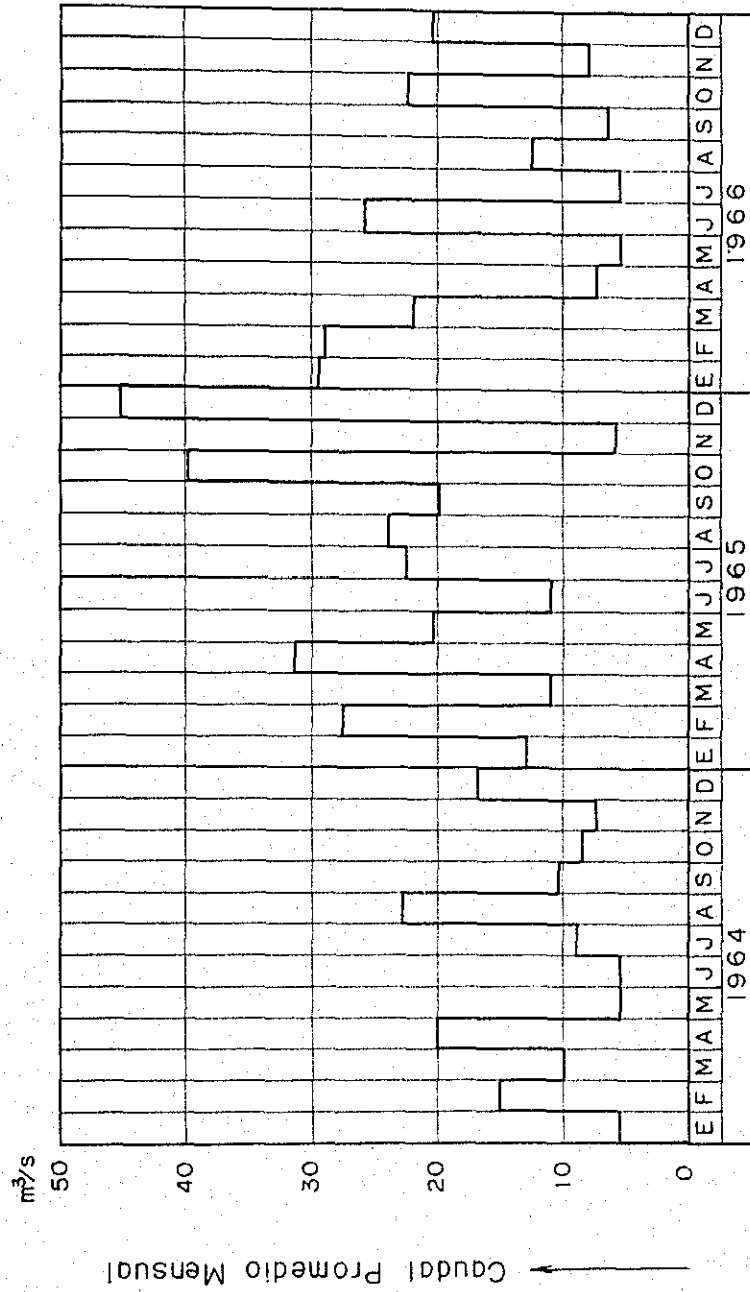
De acuerdo con las hipótesis anteriores se buscan los caudales medios mensuales del lugar elegido para construir la presa en el Río Pirapo, cuya área de cuenca es de 940 km<sup>2</sup>, y se obtienen los siguientes valores:

- (i) Caudal medio mensual de los meses de estiaje = 5,4 m<sup>3</sup>/seg.
- (ii) Caudal medio mensual

Tabla 5-1 Caudal medio mensual en el punto de la presa

Mes	1964	1965	1966
Enero	5,4 m <sup>3</sup> /s	13,0 m <sup>3</sup> /s	29,7 m <sup>3</sup> /s
Febrero	15,2	27,7	29,2
Marzo	10,2	11,0	22,1
Abril	20,2	31,5	7,4
Mayo	5,4	20,4	5,4
Junio	5,4	11,1	25,8
Julio	8,9	22,6	5,4
Agosto	22,9	24,1	12,6
Sept.	10,3	10,0	6,5
Oct.	8,4	39,9	22,4
Nov.	7,4	5,8	7,9
Dic.	16,8	45,2	20,4
Promedio	11,4	21,9	16,2

Fig. 5-1 Caudal Promedio Mensual en el Lugar de la Presa Pirapo



La Misión Japonesa hizo el 18 de agosto de 1967 aforos en el lugar de la presa por el método de flotador superficial y obtuvo el valor de  $4,7 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Teniendo en cuenta los registros pluviométricos correspondientes a fechas anteriores al 18 de agosto, se considera que dicha cifra representa al valor mínimo de estiaje de este río. Por lo tanto se considera prudente tomar el valor de  $5,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , mencionado en el acápite (i) anterior como valor del caudal medio de los meses de estiaje.

#### 5-1-2 Avenida

En vista de que no hay registro de observaciones sobre las avenidas del Río Pirapo se ha estimado la avenida de proyecto en el punto de la presa Pirapo, conforme a la avenida de proyecto del lugar de la Central Acaray y a las huellas dejadas por la onda de avenida encontradas en las cercanías del punto de la Presa Pirapo.

La avenida de proyecto del punto de la Central Acaray está basada en la cifra de  $6.500 \text{ m}^3/\text{s}$  por una superficie de cuenca de  $10.540 \text{ m}^2$ , y el flujo por superficie unitaria está avaluada en  $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$  por  $\text{km}^2$ . El Río Pirapo tiene en el punto elegido para construir la presa una cuenca de  $940 \text{ km}^2$ . Por lo tanto se considera que el flujo por superficie unitaria de la avenida en ese punto tenga un valor más alto que el que corresponde al lugar de la Central Acaray. Teniendo en consideración lo anterior y de acuerdo con la estimación deducida por las huellas dejadas por la onda de avenida encontradas en el punto de la Presa Pirapo, el flujo por superficie unitaria de avenida, que corresponde al lugar de la Presa Pirapo, se estima en  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  y el caudal de avenida de proyecto en  $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 5-1-3 Evaporación

Para la evaporación en las cercanías de la cuenca del Río Pirapo tenemos una cifra media del orden de  $1.350 \text{ mm}$  correspondiente a los años de 1941 a 1964, de conformidad con los datos publicados por el Gobierno de la República del Paraguay.

Según lo proyectado por la Misión el embalse de Pirapo tendrá una superficie de almacenamiento de unos  $2,4 \text{ km}^2$ . Por lo tanto la evaporación anual en el embalse ascenderá a  $3.000.000$

m<sup>3</sup>, cifra exigua en comparación con el caudal total anual del lugar de la presa que es de 510.000.000 m<sup>3</sup>. Esta última cifra corresponde al año típico de 1966. En consecuencia en nuestro proyecto hemos hecho caso omiso de la influencia que la evaporación pueda ejercer. Sin embargo en los estudios detallados del Proyecto que se hagan más tarde, será preciso tener en cuenta esta influencia.

## 5 - 2 Geología

La Región Oriental del Paraguay, en que está ubicada la zona del Río Pirapo, presenta la topografía propia de grandes cuchillas, formadas por las capas paleozoicas.

La capa superficial de la misma está al extremo occidental de la Gran Rodela Brasileña. O sea que lo que es hoy territorio paraguayo fue cubierto por las lavas después de la elevación posterior a la erosión sufrida en el fondo del mar y de haber recibido erosiones y depósitos provenientes de los ríos y glaciares durante la Era Secundaria y el Período Jurásico. De esta forma la meseta de la Región Oriental del Paraguay está compuesta de las capas geológicas de origen anti-quísimo. La capa volcánica que cubre su superficie recibió hasta en su profundidad los efectos del intemperismo y ha formado capas espesas de depósitos o criaderos residuales.

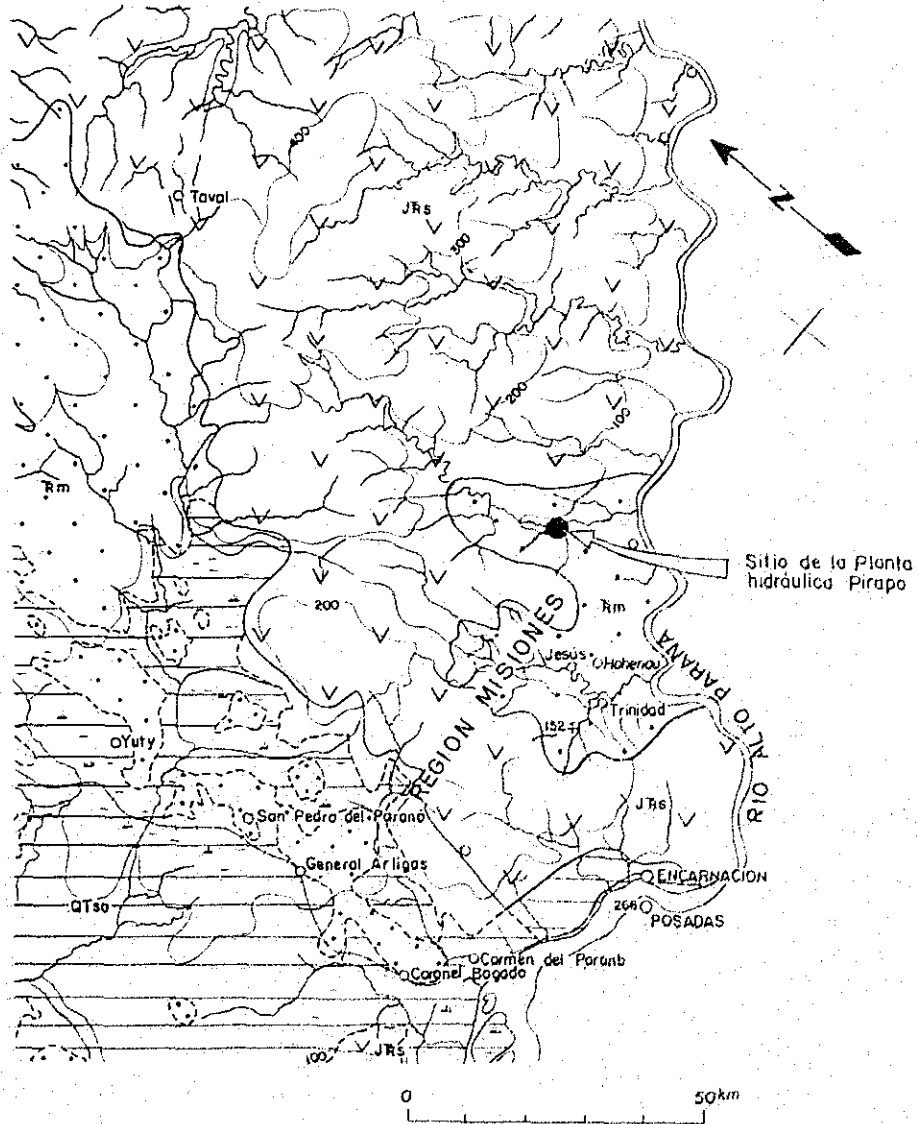
Estas capas volcánicas son principalmente de basaltos formados durante la Era Terciaria y el Período Jurásico. Debajo de las capas de basalto existen capas de areniscas que ya existían antes de la formación de las capas de basalto. Además en lugares desparramados hay granitos del Período Devónico y de la Era Secundaria y piedras calizas que se suponen sean del Período Silúrico.

Los terrenos próximos al lugar de la Presa Pirapo tienen filones de basaltos, cuya superficie está cubierta de tierras rojas, que es el depósito residual de los basaltos intemperizados. En la localidad de la presa, el Río tiene un ancho de 31 m y en su lecho se ve filones de rocas compuestos de basaltos o diabasas. En ambos márgenes hay terraplenes naturales de 2 ó 3 m de altura y más arriba de dichos terraplenes se extienden terrenos de inclinación poco pronunciada con una pendiente del orden de 1 : 8, cuya superficie está cubierta de tierras rojas. Las capas superficiales de tierra roja, poco espesas en los lugares de cota baja, adquieren mayor espesor a medida que aumenta la cota, llegando a alcanzar un espesor de 5 - 10 metros en los lugares de 140 metros de altura sobre el nivel del mar, según se estima.

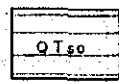


Fig. 5-2

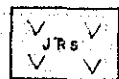
Mapa geológico del lugar cercano al Proyecto Pirapo



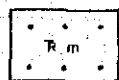
Leyenda



Pantano y aluvión  
Arcilla inconsolidada, sedimentación de barro y arena fina  
(CUATERNARIO)



Lava basáltica con unos cuantos estratos delgados de arenisca roja y conchillas  
(JURASICO O TRIASICO)



Arenisca roja maciza con algo de conchillas rojas y esquisto de barro  
(TRIASICO)

Este mapa geológico ha sido preparado en base al informe de "Department of the Interior U.S. Geological Survey"

El filón de rocas del lecho tiene parte de su superficie intemperizada en una extensión muy limitada, y según se estima habrán filones de rocas sólidas debajo de la parte intemperizada, siendo por lo tanto apto para construir una presa de concreto de 22 m de altura. Las capas de tierra roja que se extienden en ambas márgenes son suficientemente compactas, de tal modo que eliminando el humus de su superficie, podrán ofrecer buena cimentación para una presa de tierra, desde el punto de vista de suspensión e impermeabilidad.

### 5 - 3 Materiales para la Construcción

#### (1) Agregados para el concreto

##### (a) Agregados gruesos

En vista de que en la proximidad del lugar de la obra proyectada no hay capas de depósito de gravas ni de arena que sean utilizables como agregados gruesos, se los obtendrá en los cerros situados sobre la margen izquierda del Río Pirapo a una distancia de 3 km aguas abajo de la presa.

##### (b) Agregados finos

Para estos materiales se dependerá de las arenas depositadas en cantidad voluminosa en las cercanías del puerto de Caarendy dentro de la Colonia Japonesa sobre la margen derecha del Río Paraná. Sin embargo las arenas obtenibles en esta zona son de poca finura y para suplir la falta de arenas finas se dependerá de arenas finas artificialmente producidas.

#### (2) Materiales de tierra

Como materiales para construir los dos muros extremos de la Presa, colindantes a ambas márgenes, se utilizarán las tierras rojas que hay en gran cantidad en las proximidades de la misma presa.

## **CAPITULO SEXTO - PRODUCCION DE POTENCIA ELECTRICA**

## CAPITULO SEXTO - PRODUCCION DE POTENCIA ELECTRICA

### 6 - 1 Determinación del Alcance del Desarrollo

Al fijar la capacidad de la Central Pirapo hemos preferido examinar el valor económico que pueda dársele mediante su combinación con la planta diesel a determinar el valor económico que pueda obtenerse cuando funciona sólo la Central Pirapo. O sea que hemos considerado la producción de energía por la Central Hidroeléctrica de Pirapo y por la Planta Térmica Diesel como fuentes de suministro de potencia capaces de satisfacer la demanda prevista en esta zona, y hemos estudiado las tres siguientes fórmulas:

- Primera: Satisfacer la demanda únicamente con la potencia hidroeléctrica, cambiando el alcance del desarrollo de la central hidroeléctrica;
- Segunda: Satisfacer la demanda con la potencia térmica; y
- Tercera: Satisfacer la demanda con las instalaciones para una producción combinada de ambas potencias.

Tras estudios concienzudos hemos llegado a la conclusión de que es lo más económico suministrar la potencia por la Central Pirapo como la primera medida a tomar y más tarde cuando aumente la demanda, satisfacer la demanda adicional con las energías hidráulica y térmica combinadas, mediante la construcción de una planta diesel, según se servirá ver en el Anexo A-2. Para que resulte más económico dentro de esta conclusión, el alcance de desarrollo de la Central Pirapo deberá ser de la siguiente envergadura y capacidad:

Nivel de agua del embalse lleno:	130 m
Profundidad de agua utilizable:	5 m
Nivel de toma de régimen	129,4 m
Nivel de descarga de agua:	114 m
Caída total:	15,4 m
Pérdida de caída:	1 m
Caída útil:	14,4 m
Eficiencia total de rueda hidráulica y generador:	80 %

Gasto máximo:	16,0 m <sup>3</sup> /seg.
Capacidad instalada:	1.800 kW

## 6 - 2 Producción de Potencia Eléctrica

El caudal utilizable del Río Pirapo en el punto de la presa, después de regulado, se indica en la Tabla 6-1. Para los propósitos de calcular la posible producción mensual de energía eléctrica no es indicado el uso de los valores de caudales medios mensuales correspondientes a los tres años de 1963 a 1966, puesto que el caudal en este punto no obedece a una pauta determinada según las épocas de año. Tampoco es adecuado hacer uso de los valores correspondientes a los caudales del año del máximo estiaje, por cuanto la Central Pirapo funcionará interconectada con la Planta Diesel. En consecuencia se toma como año típico el de 1966 en el cálculo de las posibles producciones mensuales de energía eléctrica porque en dicho año el caudal anual es de valor casi igual al caudal medio anual de los tres años.

Como hemos visto en el Capítulo Tercero, la Central Pirapo tendrá capacidad de producción de sobra durante un período inmediatamente después de su puesta en funcionamiento. Hemos incluido en nuestros cálculos el efecto que surtirá esta producción en exceso. Con todas las consideraciones antes enumeradas hemos calculado la producción de potencia eléctrica y su energía por un período de 50 años, que se considera corresponde a la duración de la maquinaria instalada en la central, según se servirá apreciar en la Tabla 6-3.

Tabla 6-1 Caudal Utilizable

Unidad: en m<sup>3</sup>/seg-mes

Mes	1964			1965			1966			Caudal Aprovechable Medio
	Caudal Propio	Caudal Regulado	Caudal Aprovechable	Caudal Propio	Caudal Regulado	Caudal Aprovechable	Caudal Propio	Caudal Regulado	Caudal Aprovechable	
Ene.	5,4	+3,1	8,5	13,0	+3,1	16,1	29,7	0	29,7	18,1
Feb.	15,2	-2,5	12,7	27,7	-3,1	24,6	29,2	0	29,2	22,2
Mar.	10,2	+2,5	12,7	11,0	+3,1	14,1	22,1	0	22,1	16,3
Abril	20,2	-3,1	17,1	31,5	-3,1	28,4	7,4	0,5	7,9	17,8
Mayo	5,4	+1,5	6,9	20,4	0	20,4	5,4	2,6	8,0	11,8
Jun.	5,4	+1,6	7,0	11,1	+3,1	14,2	25,8	-3,1	22,7	14,6
Jul.	8,9	0	8,9	22,6	0	22,6	5,4	+3,1	8,5	13,3
Ago.	22,9	-3,1	19,8	24,1	-3,1	21,0	12,6	-3,1	9,5	16,8
Sep.	10,3	0	10,3	10,0	+3,1	13,1	6,5	+3,1	9,6	11,0
Oct.	8,4	+1,0	9,4	39,9	-3,1	36,8	22,4	-3,1	19,3	21,8
Nov.	7,4	+2,1	9,5	5,8	+3,1	8,9	7,9	+3,1	11,0	9,8
Dic.	16,8	-3,1	13,7	45,2	-3,1	42,1	20,4	-3,1	17,3	24,4
Total	136,5	0	136,5	262,3	0	262,3	194,8	0	194,8	197,9

Tabla 6-2 Energía de posible producción mensual de la Central Pirapo

Mes	Caudal de posible aprovechamiento (m <sup>3</sup> /s)	Caudal de posible producción (m <sup>3</sup> /s)	Energía de posible producción diaria (kWh)	Energía de posible producción mensual (10 <sup>3</sup> kWh)
Ene.	29,7	16,0	43.300	1.340
Feb.	29,2	16,0	43.300	1.210
Mar.	22,1	16,0	43.300	1.340
Abril	7,9	7,9	21.400	642
Mayo	8,0	8,0	21.700	673
Jun.	22,7	16,0	42.300	1.300
Jul.	8,5	8,5	23.100	715
Ago.	9,5	9,5	25.800	800
Set.	9,6	9,6	26.000	780
Oct.	19,3	16,0	43.300	1.340
Nov.	11,0	11,0	29.800	890
Dic.	17,3	15,0	42.300	1.310
Total	194,8	149,5	-	12.340

Tabla 6-3 Potencia y Energía de posible venta anual

Año	Potencia producida (kW)	Energía producida (kWh)	Potencia de posible venta (terminal de consumidores) (kW)	Energía de posible venta (terminal de consumidores)		
				Col. Japonesa (kWh)	Obligado, Hohenau y B-Vista (kWh)	
					A *1	B *2
1972	1.370	6.121.000	1.233	3.342.000	1.140.000	1.007.000
73	1.404	6.948.000	1.264	3.467.000	1.140.000	1.675.000
74	1.453	7.196.000	1.308	3.594.000	1.140.000	1.772.000
75	1.537	7.933.000	1.383	4.112.000	1.140.000	1.907.000
76	1.591	8.192.000	1.432	4.300.000	1.140.000	1.947.000
77	1.689	8.939.000	1.520	4.807.000	1.140.000	2.103.000
78	1.748	9.141.000	1.573	4.914.000	1.140.000	2.178.000
79	1.800	9.701.000	1.620	5.286.000	1.140.000	2.304.000
80	1.800	9.841.000	1.620	5.636.000	1.140.000	2.055.000
81		10.389.000		6.135.000	1.140.000	2.030.000
82		10.938.000		6.669.000	1.140.000	1.969.000
83		11.355.000		7.050.000	0	3.089.000
84		11.772.000		7.423.000	0	3.078.000
85		12.340.000		7.926.000	0	3.069.000
86		12.340.000		8.536.000	0	2.403.000
87				9.184.000	0	1.695.000
88				9.908.000	0	904.000
89				10.670.000	0	72.000
90				10.736.000	0	0
2020	1.800	12.340.000	1.620	10.736.000	0	0
2021	1.800	12.340.000	1.620	10.736.000	0	0
Promedio	1.764	11.500.000	1.587	9.130.000	251.000	705.000

\*1 : Energía que corresponde a la planta diesel existente de 200 kW (factor de carga anual : 65%)

\*2 : Demanda aumentada

Notas : Por energía producida anual se entiende la energía producida de julio de un año a junio del año siguiente.



Fig. 6-1 Caudal Disponible en la Planta Pirapo  
(en el año típico 1966)

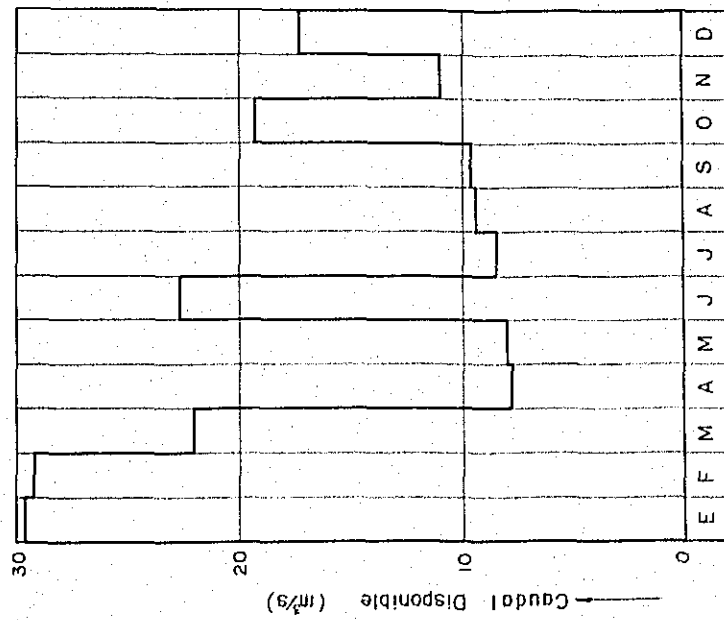
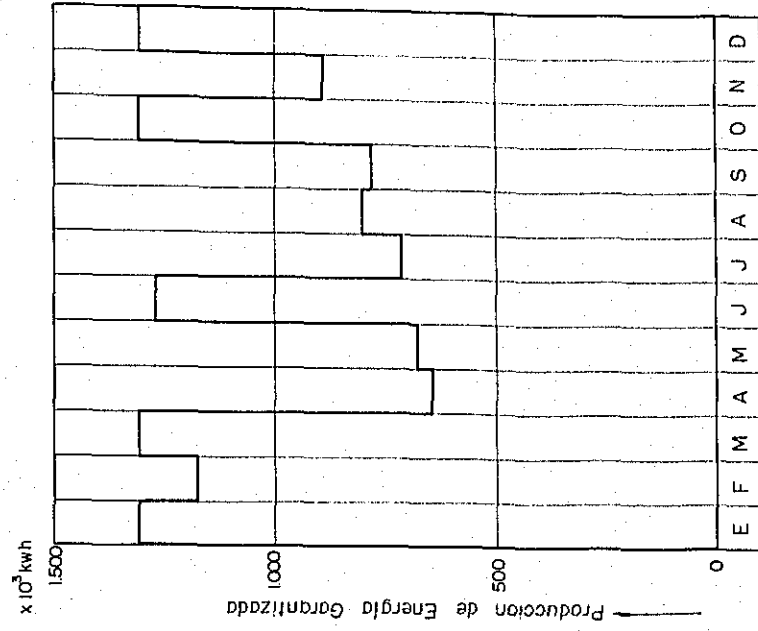


Fig. 6-2 Produccion de Energia Garantizada  
Mensualmente en la Planta Pirapo



## **CAPITULO SEPTIMO - PROEYETO PRELIMINAR**

## CAPITULO SEPTIMO - PROYECTO PRELIMINAR

### 7 - 1 Proyecto

#### 7-1-1 Obras de Ingeniería Civil

Las obras de ingeniería civil de la Central Pirapo constan de la Presa Pirapo y las obras relacionadas que son la toma, la tubería de presión, la Central y el canal de desagüe.

##### (1) Presa Pirapo

El material para la construcción de presa, de fácil obtención en el punto de la Presa Pirapo, es tierra roja. Teniendo en cuenta que la avenida de proyecto en el lugar de la Presa Pirapo alcanza  $1.500 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , como queda mencionada en el Capítulo Quinto, y considerando la topografía y la geología del mismo lugar, es conveniente construir el canal evacuador de crecidas sobre la presa de concreto. Teniendo en consideración lo anterior, hemos determinado el tipo de la Presa Pirapo como sigue: Presa de gravedad de concreto, de tipo presa de vertedero, para la parte central; presa de tierra hecha totalmente de tierra que no vierte por la coronación, para el lado de la margen derecha; presa de gravedad de concreto, de tipo presa que no vierte por la coronación, para el lado de la margen izquierda, en donde se construirá la Central; y presa de tierra hecha totalmente de tierra para la parte que no vierte por la coronación que queda más a la izquierda de la Central.

El canal evacuador de crecidas tendrá una capacidad de  $1.500 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y tres compuertas, de las cuales una tendrá en la parte superior una alza móvil para evacuar los arrastres.

En cuanto al tipo de presa a adoptar, puede haber alternativa que es la presa de concreto de tipo contrafuertes o de machones, con vertedero en la parte central, en cuyos interiores se construye la Central. Los estudios comparativos de uno y otro tipo deberán ser examinados minuciosamente en una etapa futura, en que se elabore el proyecto detallado.

(2) Tomas

Serán previstas tomas para cada una de las unidades con sus correspondientes compuertas de regulación.

(3) Tuberías de presión

Las dos tuberías de presión que serán conectadas a la toma tendrán una longitud de 17 m y diámetro interior de 2 m, cada una, y serán construidas empotradas dentro de la presa.

(4) Central

La Central será construida sobre el filón de rocas en la margen izquierda, en aguas abajo inmediatamente después de la presa. Será de construcción en la superficie, de tipo bajo techo. Se proveerá un camino de entrada a la Central en aguas abajo sobre la margen izquierda, que conducirá a la sala de montaje de la Central. El transformador principal será instalado dentro del patio de llaves, a que se refiere más adelante.

(5) Canal de descarga

El canal de descarga será construido sobre la margen izquierda, excavando montes del lado de la Central.

7-1-2 Turbina y Generador

(1) Cantidad de máquinas principales

En consideración a que la Central Pirapo con capacidad instalada de 1.800 kW, deberá estar en operación a la media noche con carga parcial, se estima más conveniente que la cantidad de máquinas principales sea dos, desde el punto de vista de la eficiencia total del generador y turbina. Si la Central depende de una sola máquina principal, se verá obligada a suspender la transmisión a los sistemas eléctricos, en caso de emergencia o inspección. Teniendo en cuenta lo anterior hemos determinado la cantidad de máquinas principales en dos equipos de 900 kW, cada uno.

(2) Modelo de la turbina

Considerando la caída útil de la Central, que es de 14,4 m, la variación de caída de 5 m y el máximo gasto de  $8,0 \text{ m}^3/\text{seg.}$  por rueda hidráulica, el modelo de turbina más indicado para esta Central es turbina Caplan.

Con objeto de reducir los gastos de obras de ingeniería civil, hemos determinado que sea la turbina Caplan horizontal, de tipo tambor.

7-1-3 Patio de Llaves

Será previsto el patio de llaves sobre la margen izquierda de la Central en aguas abajo de su inmediación, allanando los terraplenes que hay en dicho punto. Ahí se montarán a la intemperie el transformador principal de 3,3 kV/22,9 kV, los disyuntores y otros aparatos. La línea de salida será de cuatro circuitos al principio de la puesta en funcionamiento de la Central, con posibilidades de aumentar uno más en el futuro.

7-1 Equipos de Transmisión, Transformación y Distribución

(1) Líneas de transmisión y distribución principales de 22,9 kV y líneas de distribución de bajo voltaje

El voltaje objeto de estas líneas de transmisión y distribución principales resultaría lo más apropiado si es del orden de 10 kV y del de 20 kV, con tal que se disponga que la regulación del voltaje sea menos de  $\pm 10\%$  y que la pérdida de energía total de los equipos de transmisión, transformación y distribución sea menos de 13%. Hemos estudiado estos dos aspectos y examinado cuál de ellos es más conveniente desde el punto de vista de la pérdida de energía y de los costos de construcción. Teniendo en cuenta el voltaje normal en la República del Paraguay, que es de 22,9 kV, nuestro examen nos aconseja que el voltaje a adoptar sea de 22,9 kV.

Se emplearán cables desnudos de cobre duro trenzados de  $22 \text{ mm}^2$ . El método de puesta a tierra obedecerá al de contención de voltajes anormales producidos en caso de accidentes por contacto a tierra de cables vivos, y para mayor seguridad de detectar la puesta y por las necesidades económicas.

Para el diseño de aislación se ha adoptado el sobre voltaje de conmutación como voltaje normal interior, con las debidas atenciones prestadas a la resistencia a prueba de rayos. Siendo esta región una zona en que abundan fuertes descargas, se han previsto líneas de puesta a tierra suspendidas con los pararrayos instalados en los lugares que los requieren.

En cuanto a la cantidad de circuitos para las líneas de transmisión y distribución de 22,9 kV están previstos un total de 5 circuitos: un circuito para el casco urbano de Pirapo, con posibilidades de ampliar con otro circuito más en el futuro; un circuito al norte del Río Pirapo; un circuito al sur del mismo río; y un circuito de la línea de transmisión hasta la Sub-Central Obligado.

En aquellos lugares en que serán suspendidas conjuntamente las líneas de distribución de 22,9 kV y las líneas de distribución de bajo voltaje, estas últimas serán dispuestas verticalmente y en casos necesarios se montarán brazos metálicos para descargar la corriente a tierra en la parte inferior de las líneas de 22,9 kV, asegurándose de esta manera contra interrupciones por accidente en las líneas de 22,9 kV.

La distribución de bajo voltaje dentro de la Colonia Japonesa de Alto Paraná será efectuada por un sistema de 4 cables, de 380 V/220 V, trifásico, de tipo puesta a tierra directa con puntos neutrales.

Para las cargas concentradas se instalarán sendos transformadores para distribución de uso exclusivo y para los hogares de los colonos o sea las cargas distribuidas se instalarán transformadores de capacidad suficiente para el incremento de la demanda en el futuro, a razón de 1 por 10 casas como promedio. Las líneas de transmisión y distribución de 22,9 kV seguirán en la medida de lo posible a lo largo de las carreteras y caminos principales, en forma de ramas de árbol. También se montarán bucles a fin de poder continuar el suministro de la energía por las líneas sanas, en caso de que ocurran accidentes parciales en las líneas de distribución. Las líneas de transmisión y distribución están indicadas en la Fig. 4-1.

Los detalles principales de las líneas de distribución de la Colonia Japonesa de

Tabla 7-1 Principales detalles de las líneas de transmisión y distribución de Pirapo, Hohenau, Obligado y Bella-Vista

Sección	No. de circuitos	Carga máxima (kW)	Longitud (km)	Longitud de líneas de distribución de 380 V (km)	Capacidad acumulada de transformadores de distribución (kVA)
Línea de distribución de 22.9 kV	No. 1	712	18	25	1.160
	No. 2	175	90	63	500
	No. 3	126	73	50	380
	No. 4 (Ampliación en futuro)	-	-	-	-
Línea de transmisión	-	676	24	-	-

Nota: Las cifras anotadas en este cuadro son valores correspondientes a 1976.

Alto Paraná y la línea de transmisión Obligado están indicados en la Tabla 7-1.

(2) Subcentral

En la Estación Transformadora de Obligado, que será una Subcentral de modelo al aire libre, se instalarán a la intemperie el transformador principal de 22,9 kV/6,0 kV, los disyuntores y otros aparatos. Sin embargo las instalaciones de las líneas de salida, del lado de 6,0 kV no están incluidas en el presente Proyecto.

7-1-5 Equipos de Comunicaciones

Se instalarán los equipos radiotelefónicos de onda corta, que serán utilizados para el funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones de producción eléctrica. En la Central Pirapo, la Subcentral Obligado y las Oficinas de la Casa Matriz de la Empresa Administradora Pirapo que se establezca, serán montados los terminales fijos correspondientes. Un terminal móvil será montado en el carro de servicios de mantenimiento de las líneas.

7-1-6 Características principales del Proyecto Pirapo son las siguientes

Nomenclatura		Características
Presa	Modelo	Presa de gravedad de concreto, tipo vertedero, combinada con presas de terraplén
	Cota de la coronación	133 m
	Longitud de la presa	47,5 m de las partes de concreto y 297,5 m de las partes de terraplén
	Altura	22 m
	Volumen	14.650 m <sup>3</sup> de las partes de concreto y 98.000 m <sup>3</sup> de las partes de terraplén
	Avenida de proyecto	1.500 m <sup>3</sup> /seg.



Nomenclatura		Características
Tubería de Presión	Modelo	Tubería de hierro solidada
	Longitud	17 m
	Cantidad	Dos
	Diám. int.	2 m
Canal de descarga	Longitud	45 m
	Modelo	Canal abierto
Embalse de regulación	Capacidad útil	8.000.000 m <sup>3</sup>
	Profundidad aprovechable	5 m
Central: Edificio	Modelo	Construcción sobre el suelo
Turbina	Modelo	Turbina hidráulica tubular, de eje horizontal
	Potencia	960 kW
	Caida útil de régimen	14,4 m
	Gasto máximo	8,0 m <sup>3</sup> /seg.
	Rotación	500 rpm
	Cantidad	Dos
Generador	Modelo	Generador sincrónico, trifásico, corriente alterna
	Capacidad	1.100 kVA
	Voltaje	3,3 kV
	Frecuencia	50 c/seg.
	Cantidad	Dos

Nomenclatura		Características
Patio de llave: Transformador	Modelo Potencia Voltaje Cantidad	Autoenfriado relleno de aceite 2.000 kVA 3,3/22,9 kV Uno
Edificio	Extensión de terreno	470 m <sup>2</sup>
Líneas de transmisión	Tramos  Longitud Sistema Voltaje No. de circuito  Cables  Aisladores  Postes	Entre la Central Pirapo y la Sub-central Obligado 24 km Trifásico 22,9 kV Uno Cables desnudos de cobre duro trenzados, de 22 mm <sup>2</sup> Aisladores de suspensión, de 250 mm Aisladores portantes para el voltaje de 22,9 kV Postes de madera
Líneas de distribución de 22,9 kV	Tramos  Longitud Sistema Voltaje No. de circuito	Entre la Central Pirapo y cada una de las cargas 181 km Trifásico 22,9 kV Tres con posibilidad de ampliar a cuatro circuitos

Nomenclatura		Características
	<p>Cables</p> <p>Aisladores</p> <p>Postes</p>	<p>Cables desnudos de cobre duro trenzados, de 22 mm<sup>2</sup></p> <p>Aisladores de suspensión, de 250 mm</p> <p>Aisladores portantes para 22,9 kV</p> <p>Postes de madera</p>
<p>Subcentral Obligado:</p> <p>Edificio</p>	<p>Extensión de terreno</p>	<p>510 m<sup>2</sup></p>
<p>Transformadores</p>	<p>Modelo</p> <p>No. de fases</p> <p>Capacidad</p> <p>Voltaje</p> <p>Cantidad</p>	<p>Autoenfriado relleno de aceite, de tipo a la intemperie</p> <p>Trifásico</p> <p>1.000 kVA</p> <p>22,9/6,0 kV</p> <p>Uno</p>
<p>Equipos de comunicaciones</p>	<p>Clase</p> <p>Terminales</p>	<p>Radiotelefonía de onda corta</p> <p>Fijos para la Central Pirapo, la Subcentral Obligado y la Oficina de la casa matriz</p> <p>Móvil para el carro de servicios de mantenimiento de líneas</p>

## 7 - 2 Programa de Avance y Su Ejecución

### 7-2-1 Programa de Avance

A fin de poner en operación la Central Pirapo a mediados de 1972, se deberá comenzar sus obras conforme al programa de avance que se indica en la Fig. 7-1, o sea que se deberá dar comienzo a las obras en julio de 1970.

### 7-2-2 Ejecución

#### (1) Rutas de transporte

Durante el año 1971 se espera la inauguración de una carretera de 300 km de longitud aproximada entre Asunción y Encarnación. De la ciudad de Encarnación a las proximidades del punto de la presa, dentro de la Colonia Japonesa de Alto Paraná, hay un camino de unos 100 km, aunque no está asfaltado.

En la ejecución de las obras del presente Proyecto será necesario reforzar los tres puentes que hay entre Encarnación y la Colonia Japonesa de Alto Paraná y construir un camino de acceso de un kilómetro aproximadamente desde uno de los caminos existentes dentro de la citada Colonia hasta el lugar de la presa.

Los materiales necesarios para la construcción de obras y la maquinaria y equipos serán transportados por la ruta de Asunción - Encarnación - Punto de la Presa. Los materiales y la maquinaria y equipo a importar serán descargados en el Puerto de Asunción, de donde seguirán la ruta antes mencionada.

No habiendo instalaciones mecánicas de descarga en el puerto de Encarnación, serán descargados en él todos los materiales que se pueda descargar por las grúas de los barcos de transporte y las barcas para luego transportarlos en camión hasta el lugar de destino en Pirapo.

#### (2) Personal trabajador y provisión de materiales

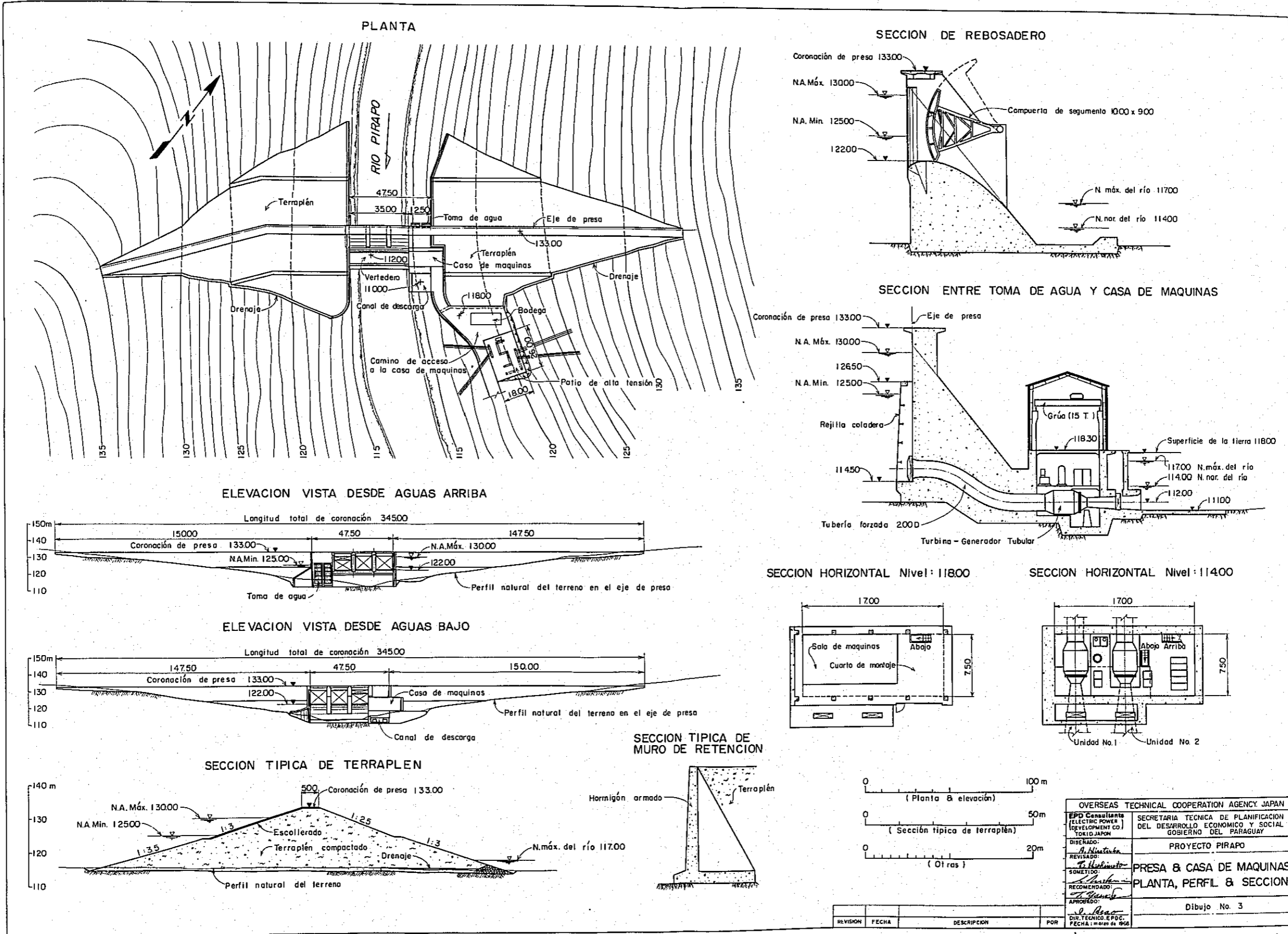
El personal trabajador estará compuesto de los que se empleen en la República del Paraguay. Los materiales para la construcción, incluso cemento, madera y otros, se los obtendrá dentro de la República, mientras otros materiales, tales como materiales de

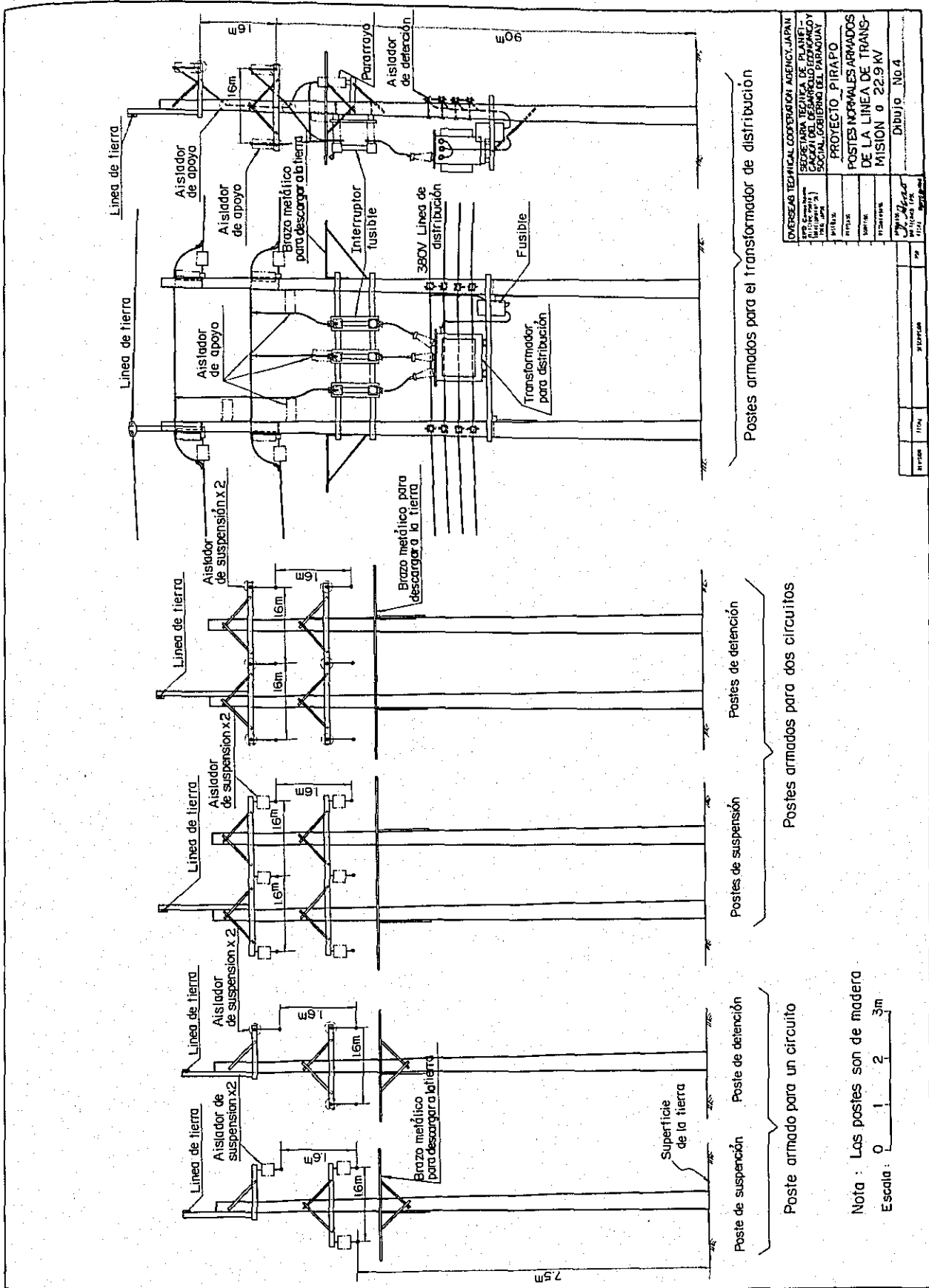
acero, explosivos y los equipos que son tuberías de presión, turbinas, generadores, transformadores, cables, aisladores y otros serán importados. La energía necesaria para las obras de construcción será generada y suministrada por un equipo electrógeno diesel de tamaño reducido.

(3) Ejecución de las obras

Dada la naturaleza de las obras y su envergadura se cree que no habrá problemas en la ejecución de las obras del presente Proyecto. Sin embargo, la obtención de los agregados gruesos para el concreto constituirá objeto de estudios a fin de poder obtener los de calidad deseable así como su cantidad en el lugar de su extracción, incluso el espesor de la capa superficial del monte, de donde se extraerán.



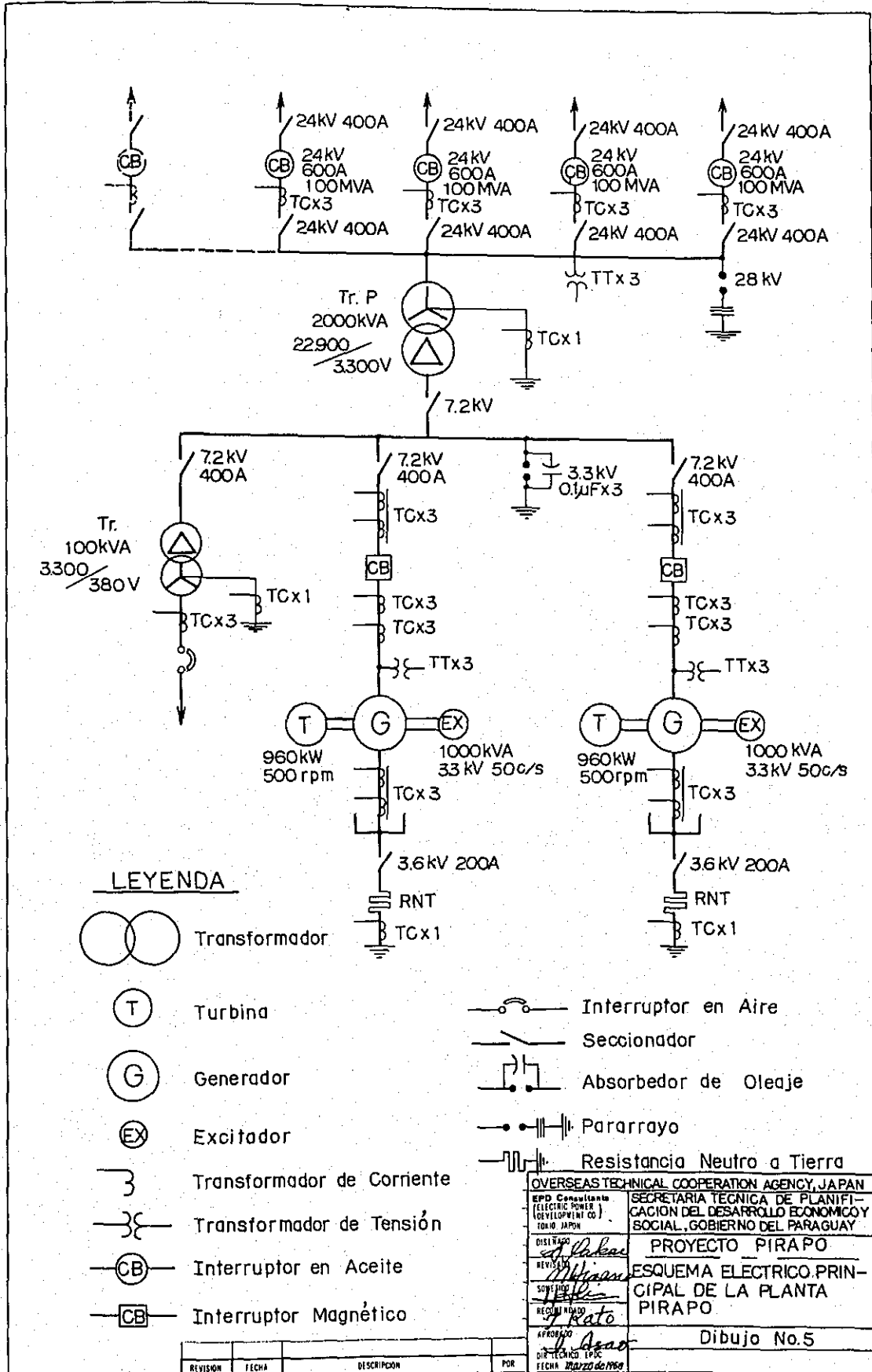




OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY, JAPAN  
 SECRETARIA TÉCNICA DE COOPERACIÓN Y ASISTENCIA SOCIAL GOBIERNO DEL PARAGUAY  
 PROYECTO PIRAFÓ  
 POSTES NORMALES ARMADOS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 0 22.9 KV  
 Dibujo No. 4

PROYECTO	PROYECTO PIRAFÓ
FECHA	
ESCALA	0 1 2 3m
HOJA	
TÍTULO	
ELABORADO POR	
REVISADO POR	
APROBADO POR	





**LEYENDA**

- Transformador
- Turbina
- Generador
- Excitador
- Transformador de Corriente
- Transformador de Tensión
- Interruptor en Aceite
- Interruptor Magnético
- Interruptor en Aire
- Seccionador
- Absorbedor de Oleaje
- Pararrayo
- Resistancia Neutro a Tierra

OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY, JAPAN	
EPD Consultoria (ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.) TOKIO JAPON	SECRETARIA TECNICA DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL, GOBIERNO DEL PARAGUAY
DISEÑADO <i>[Signature]</i>	PROYECTO PIRAPO
REVISADO <i>[Signature]</i>	ESQUEMA ELECTRICO PRINCIPAL DE LA PLANTA PIRAPO
RECOMENDADO <i>[Signature]</i>	
APROBADO <i>[Signature]</i>	Dibujo No.5
DIR. TECNICO EPDC FECHA <i>Marzo de 1968</i>	

REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR



## **CAPITULO OCTAVO - COSTO DE LAS OBRAS**

## CAPITULO OCTAVO - COSTO DE LAS OBRAS

### 8 - 1 Condiciones Fundamentales

En los cálculos de los costos de las obras incluidas en el presente Proyecto, las condiciones fundamentales son las siguientes:

- (1) Los cálculos de las obras abarcan la Central Pirapo, las líneas de distribución dentro de la Colonia Japonesa de Alto Paraná, las líneas de transmisión entre la Central Pirapo y la subcentral Obligado, excepto las instalaciones de las líneas de salida del lado de 6,0 kV.
- (2) En los cálculos de los costos de las obras fueron tenidos en cuenta los precios unitarios aplicados a las obras de la Central Acaray y otras obras dentro del territorio del Paraguay, vigentes en 1967, según se indican en la Tabla 8-1.
- (3) La cantidad de las obras está calculada de acuerdo con los planos del Proyecto Preliminar, anexos al presente Informe.
- (4) Los gastos de las obras están divididos en los de moneda paraguaya y los de moneda extranjera. Los de la moneda paraguaya cubren las manos de obra de los trabajadores paraguayos, todos los materiales para la construcción que quedan ser adquiridos en la República, como ser el cemento, la madera y otros, y el transporte dentro del territorio paraguayo. Todo otro gasto que no esté mencionado en este párrafo corresponde a los gastos en moneda extranjera.
- (5) Los cálculos están hechos en la siguiente forma: Para las obras de construcción se ha calculado en base al sistema de contratos y para el Proyecto y la supervigilancia en base a que correrán a cargo de una empresa de asesoramiento técnico.
- (6) Los gastos por concepto de compuertas, tubería de presión, turbogeneradores, transformadores, cables, aisladores, etc., están compuestos de la siguiente forma: gastos necesarios para el transporte y obras de montaje; y los necesarios para su fabricación.

- (7) Todos los gastos necesarios para ejecutar las obras, instalar los equipos y adquirir vehículos y otros están incluidos en el renglón "Camino de acceso y otros".
- (8) Se ha hecho una reserva aproximada de 15% para atender las obras de ingeniería civil y de estructuras; otra reserva aproximada de 5% para la adquisición de los equipos eléctricos y obras de su montaje; una tercera reserva aproximada de 10% para las obras de las líneas de transmisión y distribución y la subcentral.
- (9) Los intereses a devengar durante el período de la construcción se los ha calculado a razón de 6,5% al año tanto para el financiamiento en moneda paraguaya como para el de moneda extranjera.
- (10) Los cálculos de los costos de los trubogeneradores y otros equipos importados están hechos en base a que los mismos serán exentos de los derechos de importación.

Tabla 8-1 Lista de Precios Unitarios Calculados para las Obras

Obras o Materiales	Unidad	Precio Unitario (G)	Nota
Obras de concreto masivas	m <sup>3</sup>	3.600	
Concreto sin reforzar	m <sup>3</sup>	4.500	
Concreto armado	m <sup>3</sup>	6.000	Pilares y paredes de contención
Extracción de las capas superficiales	m <sup>2</sup>	50	
Excavación de tierra	m <sup>3</sup>	120	
Excavación de rocas	m <sup>3</sup>	500	
Obras de masonería	m <sup>2</sup>	600	
Terraplenado de tierra	m <sup>3</sup>	230	
Compuertas	m <sup>3</sup>	86.000	
Tuberías de presión	t	52.000	} Precio FOB
Rejillas	t	35.000	
Cemento	t	7.000	
Barras de acero	t	30.000	
Postes de madera de 14 m	pieza	6.700	
Postes de madera de 10 m	pieza	2.300	
Cables desnudos de cobre duro trenzados de 22 mm <sup>2</sup>	km	34.000	} Precio FOB
Cables desnudos de cobre duro trenzados de 14 mm <sup>2</sup>	km	22.000	
Aisladores de suspensión de 250 mm	pieza	300	
Aisladores portantes para 22,9 kVA	pieza	1.100	

Obras o Materiales	Unidad	Precio Unitario (Q)	Nota
Transformadores distribuidores de 10 kVA	Unidad	55.000	22,9 kV/380 V
Idem de 20 kVA	Unidad	75.000	"
Idem de 30 kVA	Unidad	93.000	"
Idem de 50 kVA	Unidad	114.000	"

} Precios FOB

8 - 2 Tabla General de los Costos de las Obras

La suma total de todas las obras incluidas en el presente Proyecto asciende a Q446.600.000 (CUATROCIENTOS CUARENTA Y SEIS MILLONES SEISCIENTOS MIL GUARANIES), cuyos pormenores están indicados en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2 Cuadro General de los Gastos de las Obras

Unidad: G 1.000

Nomenclatura	1970		1971		1972		Total de Gastos de la 1ª Etapa		Gastos de ampliación de líneas de distribución (1973-1976)			Total general			
	Moneda para-guaya	Moneda extranjera	Moneda para-guaya	Moneda extranjera	Moneda para-guaya	Moneda extranjera	Moneda para-guaya	Moneda extranjera	Moneda para-guaya	Moneda extranjera	Total	Moneda para-guaya	Moneda extranjera	Total	
	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	
Camino de acceso y otros	6.000	1.000	7.000	-	-	-	-	6.000	1.000	7.000	-	-	6.000	1.000	7.000
Obras de ingeniería civil y montaje de maquinaria:															
Obras civiles	10.644	6.626	17.270	52.335	27.960	80.295	14.863	77.842	42.158	120.000	-	-	77.842	42.158	120.000
Montaje de compuertas y tubería de presión.	-	-	-	670	200	870	900	1.570	2.000	3.570	-	-	1.570	2.000	3.570
Erección y montaje de equipos de la central	-	-	-	390	290	680	850	1.240	2.900	4.140	-	-	1.240	2.900	4.140
Erección y montaje de equipos de transmisión, transformación y distribución	-	-	-	8.250	1.900	10.150	10.200	18.450	3.900	22.350	4.750	200	4.950	23.200	27.300
Total parcial	10.644	6.626	17.270	61.645	30.350	91.995	26.813	40.795	99.102	50.958	150.060	4.750	200	4.950	103.852
Costos de maquinaria y materiales:															
Compuertas y tuberías de presión	-	1.250	1.250	-	12.930	12.930	-	1.250	15.430	15.430	-	-	-	15.430	15.430
Maquinaria y equipos de la central	-	3.310	3.310	-	27.240	27.240	-	4.750	35.300	35.300	-	-	-	35.300	35.300
Equipos de transmisión, transformación y distribución	-	9.090	9.090	10.000	79.100	89.100	7.690	16.780	97.280	114.970	5.500	23.810	29.310	23.190	121.090
Total parcial	-	13.650	13.650	10.000	119.270	129.270	7.690	22.780	17.690	148.010	165.700	5.500	23.810	29.310	171.820
Gastos de proyecto, supervigilancia y administración	1.400	5.300	6.700	4.300	7.400	11.700	2.100	5.400	7.800	16.000	23.800	800	-	8.600	16.000
Reservas:															
Obras civiles, compuertas y tuberías de presión	1.600	1.180	2.780	7.950	6.150	14.100	2.360	3.960	11.910	8.930	20.840	-	-	11.910	8.930
Maquinaria y equipos de la central	-	170	170	20	1.370	1.390	40	410	60	1.910	1.970	-	-	60	1.910
Equipos de transmisión, transformación y distribución	-	910	910	1.830	8.100	9.930	1.790	2.900	3.620	10.120	13.740	1.030	2.400	4.650	12.520
Total parcial	1.600	2.260	3.860	9.800	15.620	25.420	4.190	7.270	15.590	20.960	36.550	1.030	2.400	16.620	23.360
Intereses durante el período de la construcción	2.350	3.460	5.810	5.560	11.220	16.780	660	1.300	8.570	15.320	23.890	330	780	8.900	16.100
Total	21.994	32.296	54.290	91.305	183.860	275.165	41.453	77.545	154.752	252.248	407.000	12.410	27.190	39.600	167.162
															279.438
															446.600



Unidad: Q1.000

Nomenclatura	Obras civiles y de montaje	Costos de maquinaria y materiales	Gastos de proyecto, supervigilancia y administración	Reserva	Intereses durante el período de construcción	Otros	Total
Obras de la 1ª Etapa: Obras civiles	123.570	15.430	8.900	20.840	11.150	3.500	183.390
Maquinaria y equipos de la planta	4.140	35.300	6.000	1.970	3.010	700	51.120
Obras para transmisión, transformación y distribución	22.350	114.970	8.900	13.740	9.730	2.800	172.490
Total parcial	150.060	165.700	23.800	36.550	23.890	7.000	407.000
Obras de ampliación de líneas de distribución	4.950	29.310	800	3.430	1.110	-	39.600
Total	155.010	195.010	24.600	39.980	25.000	7.000	446.600

## **CAPITULO NOVENO - EVALUACION ECONOMICA**

## CAPITULO NOVENO - EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica de la Central Pirapo se efectúa a base del precio de fábrica de la energía puesta en los terminales de los consumidores y por la tasa de los beneficios-gastos.

Los gastos anuales que exige la operación de la Central Pirapo se estima en Q 38.630.000 (TREINTA Y OCHO MILLONES SEISCIENTOS TREINTA MIL GUARANIES), en cuyo cálculo intervienen los siguientes factores:

Costo de las obras:	según estimado en el Capítulo Octavo
Año de duración de la Central Pirapo y equipos de transmisión, transformación y distribución:	50 años, excepto los de turbo-generadores, que son de 35 años
Tasa de intereses al año:	6,5%
Amortización:	Calculada por el método de fondo de amortización, estimándose en cero el valor remanente
Gastos de operación y mantenimiento inclusive el sueldo y la mano de obra, gastos de reparación y de administración:	Q 8.300.000 por año

De acuerdo con los gastos estimados en Q 38.630.000 y la cantidad de energía de posible venta, a que se refiere el Capítulo Sexto, se ha buscado el precio de fábrica igualado durante los 50 años de duración para la energía puesta en los terminales de los consumidores, que corresponde a la Central Pirapo, y se ha obtenido el siguiente valor: Q 4,1 por kWh.

Por otro lado hemos calculado el precio de fábrica de la energía producida en las plantas Diesel, que podrían constituir una alternativa de la Central Pirapo. En tal caso la cantidad de las plantas Diesel será de 6, con potencia de 450 kW, cada una. En este cálculo hemos tenido en cuenta los siguientes factores:

Año de duración de las plantas Diesel:	15 años
Años de duración de equipos de distribución:	50 años
Tasa de intereses anual:	6,5%
Amortización:	Valor remanente = 0
Gastos de operación y mantenimiento:	Q 9.900.000 por año
Precio unitario de combustible:	Q 11 por litro

Nuestros cálculos basados en los factores anteriores han arrojado un precio de fábrica de Q 6,1 por kWh en los terminales de los consumidores.

Hemos hecho también cálculos de los beneficios anuales de la Central Pirapo, en los cuales los gastos fijos por kW y los gastos variables por kWh de las seis plantas diesel, de la alternativa, fueron tomados como precio unitario de los beneficios por kW y kWh unitarios correspondiente a la Central Pirapo. Dichos estudios han arrojado un valor de 60.800.000 (SESENTA MILLONES OCHOCIENTOS MIL GUARANIES). La división de este valor por los gastos anuales de Q 38.630.000 nos da la tasa de beneficios gastos de la Central Pirapo igual a 1,58.

De lo anterior se deduce que la Central Pirapo resulta más económica que la alternativa de plantas diesel desde el punto de vista tanto del precio de fábrica como de la tasa de los beneficios-gastos.

Los detalles de la evaluación económica de la Central Pirapo están ilustrados en el anexo A-2.

## **CAPITULO DECIMO - PLAN DE FINANCIACION**

## CAPITULO DECIMO - PLAN DE FINANCIACION

### 10 - 1 Capital Necesario

Según hemos visto en el Capítulo Octavo la suma total de los gastos del presente Proyecto asciende a ₡ 446.600.000 (CUATROCIENTOS CUARENTA Y SEIS MILLONES SEISCIENTOS MIL GUARANIES), cuyos pormenores clasificados por años están indicados en la Tabla 8-2.

### 10 - 2 Obtención del Capital

De la totalidad del capital necesario para la ejecución del presente Proyecto el 50% será financiado por el capital propio y el restante 50% por financiación. Para atender las obligaciones a contraer por concepto de dicha financiación, hemos considerado las condiciones que se mencionan más adelante y son del mismo orden de la financiación hecha por las Instituciones de Crédito internacionales:

Tasa de intereses:	6,5% al año
Forma de amortización:	5 años libres; y amortización del capital y los intereses en cuotas de montos iguales
Plazo de amortización:	20 años incluyendo los 5 años libres

### 10 - 3 Forma de Amortización

En el Capítulo Tercero nos hemos referido a la tarifa de venta de la energía eléctrica en las principales ciudades de la República del Paraguay y hemos visto que la tarifa más baja es la mínima de ₡ 5,95 kWh, aplicada a la energía de uso industrial en la ciudad de Asunción.

De acuerdo con el presente Proyecto de la Central Pirapo se puede vender la energía a los consumidores en la Colonia Japonesa de Alto Paraná a ₡ 4,5 kWh, que es un precio bastante inferior a la tarifa mínima antes mencionada.

En cuanto a la tarifa de venta de energía en la subcentral Obligado, dentro de la Colonia homónima, la hemos considerado en el presente Proyecto teniendo en cuenta el precio de fábrica en el terminal de producción de las 6 plantas diesel de la alternativa o el costo de combustible. En el supuesto caso de que las plantas diesel sean montadas en las tres Colonias de Obligado,

Hohenau y Bella Vista, el precio de fábrica en los terminales de producción se estima en ₡ 4,2 kWh, de los cuales ₡ 3,0 kWh se cree corresponderá al costo de combustible. En consecuencia, se venderá a las tres colonias antes citadas a razón de ₡ 3,0 kWh la energía producida y puesta en venta por la Subcentral Obligado hasta la cantidad equivalente a la energía producida por la planta diesel existente de 200 kW. Y el resto de la energía producida y puesta en venta por la Subcentral Obligado se venderá a ₡ 3,5 kWh.

Basada en los cálculos anteriores hemos estimado el ingreso por concepto de venta de energía según el presente Proyecto, como se indica en la Tabla 10-1.

Estimando los gastos de operación y mantenimiento de la Central Pirapo y de los equipos de transmisión, transformación y distribución en ₡ 4.700.000 por año durante los primeros 10 años y en ₡ 7.400.000 por año a partir del décimo primer año, y previa deducción de los costos de operación, mantenimiento, administración y amortización, se obtienen los ingresos netos que corresponden a cada año, como se indica en la Tabla 10-1.

Se calculan las amortizaciones anuales de acuerdo con las condiciones de crédito, a que se refiere al principio del presente acápite y se compara el resultado de dicho cálculo con las fuentes de amortización anuales. De este modo se obtienen los resultados que indican las Tablas 10-2 y 10-3. Por consiguiente, el presente Proyecto es factible también desde el punto de vista del plan de financiación.

Tabla 10-1 Planilla de Ingresos

Nomenclatura	Unidad: Q 1.000																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingreso (A)	3.342	3.467	3.594	4.112	4.300	4.807	4.914	5.286	5.636	6.135	6.669	7.050	7.423	7.926	8.536	9.184	9.908	10.670	10.736	10.736
	1.007	1.675	1.772	1.907	1.947	2.103	2.178	2.304	2.055	2.030	1.969	3.089	3.078	3.069	2.403	1.695	904	72	-	-
	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15.050	15.600	16.130	18.500	19.350	21.650	22.100	23.750	25.300	27.600	30.000	31.700	33.400	35.600	38.400	41.300	44.600	48.000	48.400	48.400
	3.520	5.860	6.200	6.660	6.800	7.350	7.600	8.060	7.200	7.100	6.890	10.800	10.750	10.700	8.400	5.940	3.160	250	-	-
	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.990	24.880	25.750	28.580	29.570	32.420	33.120	35.230	35.920	38.120	40.310	42.500	44.150	46.300	46.800	47.240	47.760	48.250	48.400	48.400
	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400
	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8.583	8.781	8.979	9.177	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	
14.283	14.481	14.679	14.877	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	
7.707	10.399	11.071	13.703	14.495	17.345	18.045	20.155	20.845	23.045	22.535	24.725	26.375	28.525	29.025	29.465	29.985	30.475	30.625	30.625	
-	-	-	-	-	19.600	18.800	17.900	17.000	16.050	15.000	13.850	12.650	11.400	10.050	8.600	7.060	5.440	3.750	1.850	-
7.707	10.399	11.071	13.703	14.495	Δ 2.255	Δ 755	2.255	3.845	6.995	7.535	10.875	13.725	17.125	18.975	20.865	22.925	25.035	26.875	28.775	-
Operación y mantenimiento	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400
Producción de energía	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Transmisión, transformación y distribución	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Administración	8.583	8.781	8.979	9.177	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375
Amortización del principal	14.283	14.481	14.679	14.877	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775	17.775
Total parcial	7.707	10.399	11.071	13.703	14.495	17.345	18.045	20.155	20.845	23.045	22.535	24.725	26.375	28.525	29.025	29.465	29.985	30.475	30.625	30.625
Entrada neta de operación (A - B)	-	-	-	-	-	19.600	18.800	17.900	17.000	16.050	15.000	13.850	12.650	11.400	10.050	8.600	7.060	5.440	3.750	1.850
Intereses devengados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utilidades netas (C - D)	7.707	10.399	11.071	13.703	14.495	Δ 2.255	Δ 755	2.255	3.845	6.995	7.535	10.875	13.725	17.125	18.975	20.865	22.925	25.035	26.875	28.775



Tabla 10-2 Planilla de Amortización

Unidad: G 1.000

Nomenclatura	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Inversión	407.000	9.900	9.900	9.900	9.900	9.900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obligaciones contratadas	203.500	4.950	4.950	4.950	4.950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intereses	13.220	14.400	15.680	17.000	18.450	19.600	18.800	17.900	17.000	16.050	15.000	13.850	12.650	11.400	10.050	8.600	7.060	5.440	3.750	1.850
Amortización del capital e intereses	-	-	-	-	-	12.600	13.400	14.300	15.200	16.150	17.200	18.350	19.550	20.800	22.150	23.600	25.140	26.760	28.450	28.400
Total del capital e intereses	-	-	-	-	-	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	32.200	30.250
Balance	216.720	236.070	256.700	278.650	302.050	289.450	276.050	261.750	246.550	230.400	213.200	194.850	175.300	154.500	132.350	108.750	83.610	56.850	28.400	0

Tabla 10-3 Planilla de Flujo de Fondo

Unidad: G 1.000

Nomenclatura	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Fondo Proccedente de los ingresos:	16.290	19.180	20.050	22.880	23.870	7.120	8.620	11.630	13.220	16.370	16.910	20.250	23.100	26.500	28.350	30.240	32.300	34.410	36.250	38.150
Entrada neta	7.707	10.399	11.071	13.703	14.495	Δ 2.255	Δ 755	2.255	3.845	6.995	7.535	10.875	13.725	17.125	18.975	20.865	22.925	25.035	26.875	28.775
Amortización de bienes	8.583	8.781	8.979	9.177	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375
Reintegro de las obligaciones	-	-	-	-	-	12.600	13.400	14.300	15.200	16.150	17.200	18.350	19.550	20.800	22.150	23.600	25.140	26.760	28.450	28.400
Fondo disponible neto	16.290	19.180	20.050	22.880	23.870	Δ 5.480	Δ 4.780	Δ 2.670	Δ 1.980	220	290	1.900	3.550	5.700	6.200	6.640	7.160	7.800	7.800	9.750

Tabla 10-4 Plan de Amortización de Bienes

Unidad: Q 1.000

Nomenclatura	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<b>Inversión en instalaciones:</b>						
Obras civiles y equipos de transmisión, transformación y distribución	355.880	-	-	-	-	-
Maquinaria y equipos de la central	51.120	-	-	-	-	-
Obras de ampliación de la línea de distribución	-	9.900	9.900	9.900	9.900	-
<b>Total parcial</b>	<b>407.000</b>	<b>9.900</b>	<b>9.900</b>	<b>9.900</b>	<b>9.900</b>	<b>-</b>
<b>Amortización de bienes instalados:</b>						
Obras civiles y equipos de transmisión, transformación y distribución	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
Maquinaria y equipos de la central	1.465	1.465	1.465	1.465	1.465	1.465
Obras de ampliación de la línea de distribución	-	198	396	594	792	792
<b>Total parcial</b>	<b>8.583</b>	<b>8.781</b>	<b>8.979</b>	<b>9.177</b>	<b>9.375</b>	<b>9.375</b>

## **APPENDIX**

## APPENDIX

### A - 1 DETERMINATION OF CAPACITY OF THE PIRAPO POWER STATION

#### A-1-1 Basic Conditions for Determination of Capacity of the Pirapo Power Station

The following points were considered as the basic conditions for determination of the capacity of the Pirapo Power Station:

- (1) The area of power supply covers Hohenau, Obligado and Bella-Vista in addition to the Colonia Alto Parana, as the energy cost per kWh at the Obligado Sub-station is less expensive than that of the alternative diesel plant.
- (2) In determining the scale of the Pirapo Power Station, (hereinafter referred to as hydroelectric power station), economic evaluation was made in combination with the diesel plant, rather than evaluating the economics of hydroelectric power station alone.
- (3) The installed kW capacity and its equivalent kWh in case of the maximum scale of development permitted by the topography of the proposed dam site for the hydroelectric power station (hereinafter referred to as Alternative A) are to be called the "required kW" and "required kWh".
- (4) To the above "required kW" and "required kWh", two cases of the proposed hydroelectric power station of different capacities combined with a diesel power plant respectively were considered (hereinafter referred to as Alternative B and Alternative C). Out of these three Alternatives including Alternative A, the most economical one from the viewpoint of both benefit-cost ratio and power cost of combined hydroelectric power and diesel power was selected, and the scale of hydroelectric power station in such case was regarded as the optimum capacity of said station.
- (5) The benefit-cost ratio of these cases of hydroelectric power plant combined with a diesel plant is as follows:

$$\frac{\text{Benefit of Hydroelectric Power}}{\text{Cost of Hydroelectric Power}}$$

$$\frac{+ \text{Benefit (Cost) of Diesel Power}}{+ \text{Cost of Diesel Power}}$$

and the Generating cost is:

$$\frac{\text{Cost of Hydroelectric Power} + \text{Cost of Diesel Power}}{\text{Required kWh}}$$

(6) The cost of hydroelectric power is the total of the amortization cost calculated by the sinking fund method on the assumption of serviceable years of the power station at 50 years, residual value of zero and interest rate of 6.5% per annum, and wages and salaries and maintenance and administration costs.

The cost of diesel power is estimated on the basis of the fixed costs per kW (or unit kW benefit) and of the variable costs per kWh (or unit kWh benefit) of an alternative diesel plant with a reserve capacity of 25%, calculated on an assumption of serviceable years of 15 years and interest rate of 6.5% per annum, and is the value obtained by multiplying the balance after deducting the equalized salable power and salable energy from the "required kW" and "required kWh", by the abovementioned fixed costs per kW and variable costs per kWh.

(7) The benefit of hydroelectric power is the value of the total of each year's (Salable Power x unit kW benefit) + (Salable Energy x unit kWh benefit) which is equalized over the serviceable life of the plant.

(8) Up until such time when the power demands reaches the supply capacity of the Pirapo Power Station, the above equalized salable power and salable energy will be supplied solely by hydroelectric power, and only when the demands exceed the hydroelectric power supply, will the diesel power be supplied. On this assumption the salable power and salable energy of each year for the entire 50 years serviceable life based on the assumed monthly demands, monthly load factor and regulated monthly run-off

can be obtained. The value equalized throughout the entire serviceable years will be used as the salable power and salable energy.

(9) The run-off used in the calculation is that of 1966, which was taken as the representative year because it is closest to the average of run-off recorded for three years as shown in Table 5-1.

#### A-1-2 Generation Capacity and Available Water

The daily load factor of power demands in the Colonia Alto Parana and Hohenau, Obligado, Bella-Vista is estimated to be 50 to 60%. The maximum available water at Pirapo Power Station is assumed to be twice the amount of the monthly average run-off in the dry months after regulation by the reservoir.

In comparing each alternative, a rated intake water level was determined in consideration of the operation of the reservoir, and the output was calculated by a rated effective head with an allowance for head loss of 1 m. In the comparison, different normal water levels at elevations of 135 m, 130 m, and 125 m were selected for reservoirs of Alternative A, B and C.

As a result, Alternative B appears to be the least expensive in generating cost, and to be of the most economical development scale, at which  $\frac{B + B_0}{C + B_0}$  can be maximized in the benefit-cost ratio as shown in Table A-1-9 and in Figure A-1-3, so that Alternative B is taken as the optimum scale of development for the Pirapo Power Station.

A-1-3 Economic Comparison of Various Alternatives

A-1-3-1 Principal Features of Each Alternative used for Comparison

The principal features of each Alternative are as tabulated below.

Table A-1-1 Principal Features of Each Alternative

Item	Unit	Alt. A	Alt. B	Alt. C
<b>Reservoir</b>				
Normal High Water Level	m	135.00	130.00	125.00
Effective Storage	m <sup>3</sup>	21,000,000	8,000,000	1,500,000
Drawdown	m	7.00	5.00	3.00
<b>Dam</b>				
Type		Gravity concrete & earth	Gravity concrete & earth	Gravity concrete & earth
Height	m	27.00	22.00	17.00
Length (concrete)	m	64.00	55.00	55.00
Length (earth)	m	392.00	290.00	189.00
Volume (concrete)	m <sup>3</sup>	27,000	16,200	9,200
Volume (earth)	m <sup>3</sup>	220,000	99,000	40,000
Spillway		Central overflow type, with 3 gates of 10 m x 8 m		
Design Flood Discharge	m <sup>3</sup> /s	1,500	1,500	1,500
Penstock		20m x 3 lines	18m x 2 lines	16m x 2 lines
<b>Generation</b>				
Tailrace Water Level	m	114.00	114.00	114.00
Rated Head	m	18.30	14.50	9.60
Maximum Available Water	m <sup>3</sup> /s	22.40	16.00	12.00

Item	Unit	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Firm Available Water	m <sup>3</sup> /s	11.20	7.90	6.00
Maximum Output	kW	3,280	1,800	910
Firm Output	kW	1,160	620	330
Annual Firm Energy	kWh	14,000,000	7,750,000	4,090,000

#### A-1-3-2 Available Run-off

Upon regulation of natural run-off by the regulating reservoir, the available water for each Alternative will be as shown in Table A-1-2, Table A-1-3 and Table A-1-4. In calculation of energy output, the available run-off in 1966 is used for the reasons described in Chapter 6 of the Report.



Table A-1-2 Monthly Available Run-off (Alternative A)

Unit: m<sup>3</sup>/s - month

Year Month	1964			1965			1966		
	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.
January	5.4	+7.4	12.8	13.0	+1.9	14.9	29.7	0	29.7
February	15.2	-2.4	12.8	27.7	-8.1	19.6	29.2	0	29.2
March	10.2	+2.6	12.8	11.0	+8.1	19.1	22.1	0	22.1
April	20.2	-8.1	12.1	31.5	-8.1	23.4	7.4	+3.1	10.5
May	5.4	+3.9	9.3	20.4	0	20.4	5.4	+5.0	10.4
June	5.4	+3.9	9.3	11.1	+8.1	19.2	25.8	-8.1	17.7
July	8.9	+0.3	9.2	22.6	-2.1	20.5	5.4	+5.4	10.8
August	22.9	-8.1	14.8	24.1	-6.0	18.1	12.6	-1.7	10.8
September	10.3	+1.1	11.4	10.0	+8.1	18.1	6.5	+4.4	10.8
October	8.4	+3.0	11.4	39.9	-8.1	31.8	22.4	-7.2	15.2
November	7.4	+4.0	11.4	5.8	+8.1	13.9	7.9	+7.2	15.1
December	16.8	-1.9	14.9	45.2	-8.1	37.1	20.4	-7.6	12.8
Total	136.5	-	142.2	262.3	-	256.1	194.8	-	195.3

Drawdown: 7.00 m  
 Effective Storage:  $V = 21,000,000 \text{ m}^3$   
 $\left( \frac{21,000,000 \text{ m}^3}{30 \text{ days} \times 86,400 \text{ seconds}} \right) = 8.1 \text{ m}^3/\text{s}$

Firm Run-off:  $1/3 (9.20 + 13.90 + 10.40) = 11.2 \text{ m}^3/\text{s}$

Fig. A-1-1 Storage Capacity & Water Surface Area  
(Pirapo Regulating Reservoir)

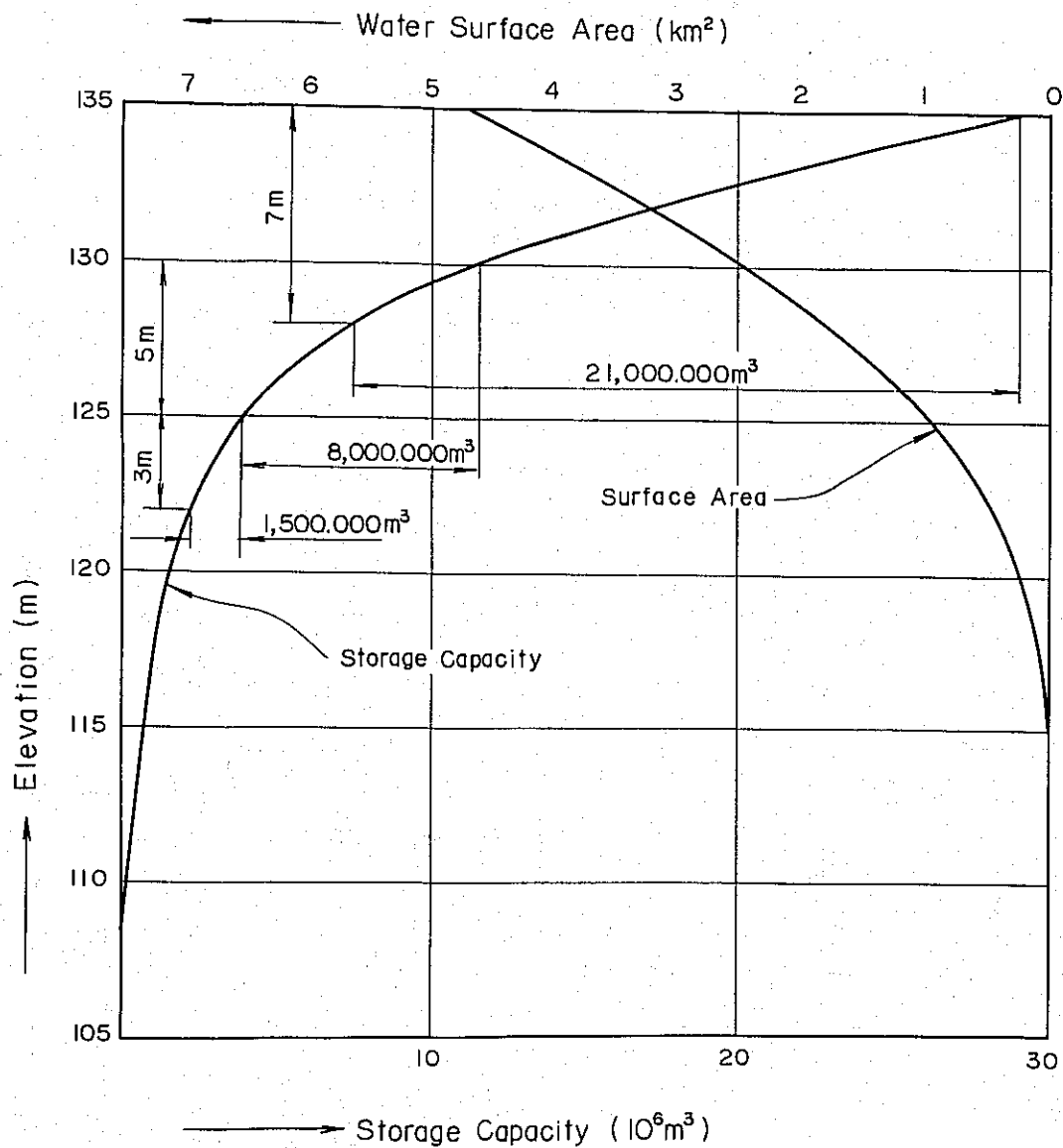


Table A-1-3

Monthly Available Run-off (Alternative B)

Unit: m<sup>3</sup>/s - month

Year Month	1964			1965			1966		
	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.
January	5.4	+3.1	8.5	13.0	+3.1	16.1	29.7	0	29.7
February	15.2	-2.5	12.7	27.7	-3.1	24.6	29.2	0	29.2
March	10.2	+2.5	12.7	11.0	+3.1	14.1	22.1	0	22.1
April	20.2	-3.1	17.1	31.5	-3.1	28.4	7.4	0.5	7.9
May	5.4	+1.5	6.9	20.4	0	20.4	5.4	2.6	8.0
June	5.4	+1.6	7.0	11.1	+3.1	14.2	25.8	-3.1	22.7
July	8.9	0	8.9	22.6	0	22.6	5.4	-3.1	8.5
August	22.9	-3.1	19.8	24.1	-3.1	21.0	12.6	-3.1	9.5
September	10.3	0	10.3	10.0	+3.1	13.1	6.5	+3.1	9.6
October	8.4	+1.0	9.4	39.9	-3.1	36.8	22.4	-3.1	19.3
November	7.4	+2.1	9.5	5.8	+3.1	8.9	7.9	+3.1	11.0
December	16.8	-3.1	13.7	45.2	-3.1	42.1	20.4	-3.1	17.3
Total	136.5	-	136.5	262.3	-	262.3	194.8	-	194.8

Drawdown: 5.0 m

Effective Storage:

$$V = 8,000,000 \text{ m}^3 \left( \frac{8,000,000 \text{ m}^3}{86,400 \text{ seconds}} = 3.1 \text{ m}^3/\text{s} \right)$$

Firm Run-off:

$$1/3 (6.90 + 8.90 + 7.90) = 7.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fig. A-1-2 Average Monthly Run-off after being Regulated by Pirapo Regulating Reservoir

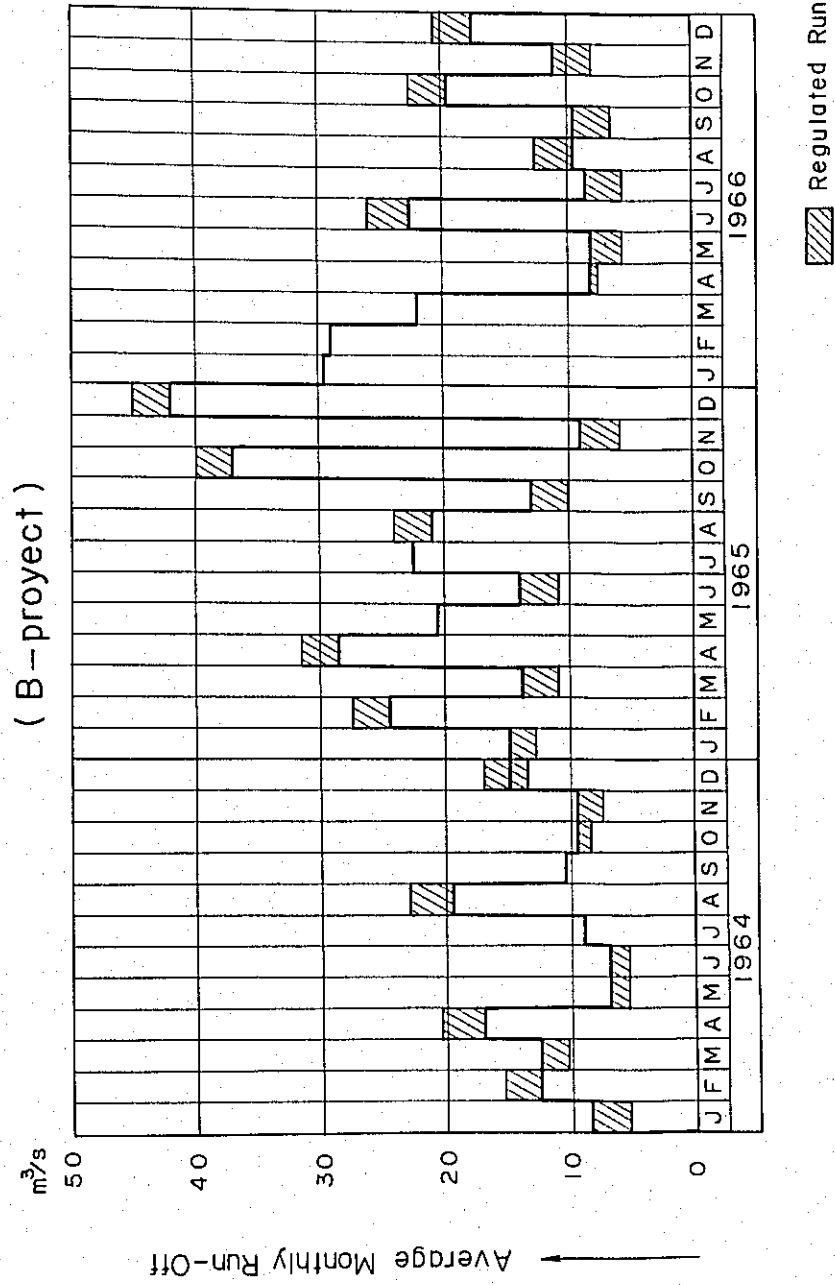


Table A-1-4

Monthly Available Run-off (Alternative C)

Unit: m<sup>3</sup>/s - month

Year Month	1964			1965			1966		
	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.	Proper	Regulated	Run-off aft. Reg.
January	5.4	+0.6	6.0	13.0	+0.6	13.6	29.7	0	29.7
February	15.2	-0.6	14.6	27.7	-0.6	27.1	29.2	0	29.2
March	10.2	+0.6	10.8	11.0	+0.6	11.6	22.1	0	22.1
April	20.2	-0.6	19.6	31.5	0	31.5	7.4	0	7.4
May	5.4	+0.3	5.7	20.4	-0.6	19.8	5.4	+0.6	6.0
June	5.4	+0.3	5.7	11.1	+0.6	11.7	25.8	-0.6	25.2
July	8.9	0	8.9	22.6	-0.6	22.0	5.4	+0.6	6.0
August	22.9	-0.6	22.3	24.1	0	24.1	12.6	-0.6	12.0
September	10.3	0	10.3	10.0	+0.6	10.6	6.5	+0.6	7.1
October	8.4	0	8.4	39.9	-0.6	39.3	22.4	-0.6	21.8
November	7.4	+0.6	8.0	5.8	+0.6	6.4	7.9	+0.6	8.5
December	16.8	-0.6	16.2	45.2	-0.6	44.6	20.4	-0.6	19.8
Total	136.5	-	136.5	262.3	-	262.3	194.8	-	194.8

Drawdown: 3.0 m

$$\text{Effective Storage: } V = 1,500,000 \left( \frac{1,500,000 \text{ m}^3}{30 \times 86,400 \text{ seconds}} \right) = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Firm Run-off: } 1/3 (5.70 + 6.40 + 6.0) = 6.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

A-1-3-3 Construction Cost and Annual Cost of Each Alternative

The construction cost and annual cost of each Alternative are as shown below.

Table A-1-5 Construction Cost of Each Alternative

Unit: ₱ 1,000

Item	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Construction Cost of Civil Engineering Works	226,000	139,000	89,000
Electrical Facilities and Equipment	67,000	36,000	19,000
Sub-Total	293,000	175,000	108,000
Contingency	44,000	26,000	16,000
Administration and Engineering	34,000	20,000	12,000
Interest during Construction	18,000	11,000	7,000
Total	389,000	232,000	143,000

Table A-1-6 Annual Cost of Each Alternative

Unit: ₱ 1,000

Item	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Amortization	26,300	15,800	9,800
Maintenance and Repairs	2,300	1,400	900
Personnel Expense	1,200	1,200	1,200
Administration	1,000	1,000	1,000
Total	30,800	19,400	12,900

A-1-3-4 Power Demand

The power demand at the generating end for each year is estimated as follows.

Table A-1-7 Power Demand at Generating End

Year	Power (kW)	Energy ( kWh.)
1 1972	1,370	6,121,000
2 1973	1,450	6,986,000
3 1974	1,540	7,285,000
4 1975	1,720	8,136,000
5 1976	1,820	8,450,000
6 1977	2,010	9,332,000
7 1978	2,110	9,611,000
8 1979	2,290	10,431,000
9 1980	2,430	10,856,000
10 1981	2,660	11,884,000
13 1984	3,260	14,279,000
15 1986	3,730	16,337,000
1991	5,230	22,907,000

A-1-3-5 Salable Power and Salable Energy

The equalized salable power and salable energy at the generating end is as follows:

Table A-1-8 Equalized Salable Power and Salable Energy

Alt.	Equalized Salable Power (kW)	Equalized Salable Energy ((kWh)
A	2,450	12,000,000
B	1,740	10,500,000
C	920	6,970,000

Note: Calculated based on durable years of 50 years and interest of 6.5% per annum.

A-1-3-6 Cost of Alternative Diesel Power Plant

The following diesel power plants is considered as an alternative facility.

(1) Particulars of Power Station:

Installed Capacity:	500 KW x 4 units (of which 1 unit reserve)
Annual Energy Output:	2,000 x 8,760 x 0.50 = 8.76 x 10 <sup>6</sup> kWh
Loss at Station:	4%
Unit Fuel Cost:	11 ₱/ℓ, 3.06 ₱/kWh
Construction Cost:	₱ 41,000,000

(2) Annual Cost:

Fixed Cost:

Amortization:	₱ 4,350,000
Maintenance and Repairs:	₱ 1,300,000
Personnel Expense:	₱ 3,000,000
Administration:	₱ 1,000,000
Total	₱ 9,650,000
Fixed Cost per kW:	₱ 6,430

Variable Cost:

Variable Cost per kWh:	₱ 26,800,000
Fuel Cost	₱ 3.06

Generation Cost:

$$\frac{9,650,000 + 26,800,000}{8,760,000} = 4.16 \text{ ₱ /kWh}$$



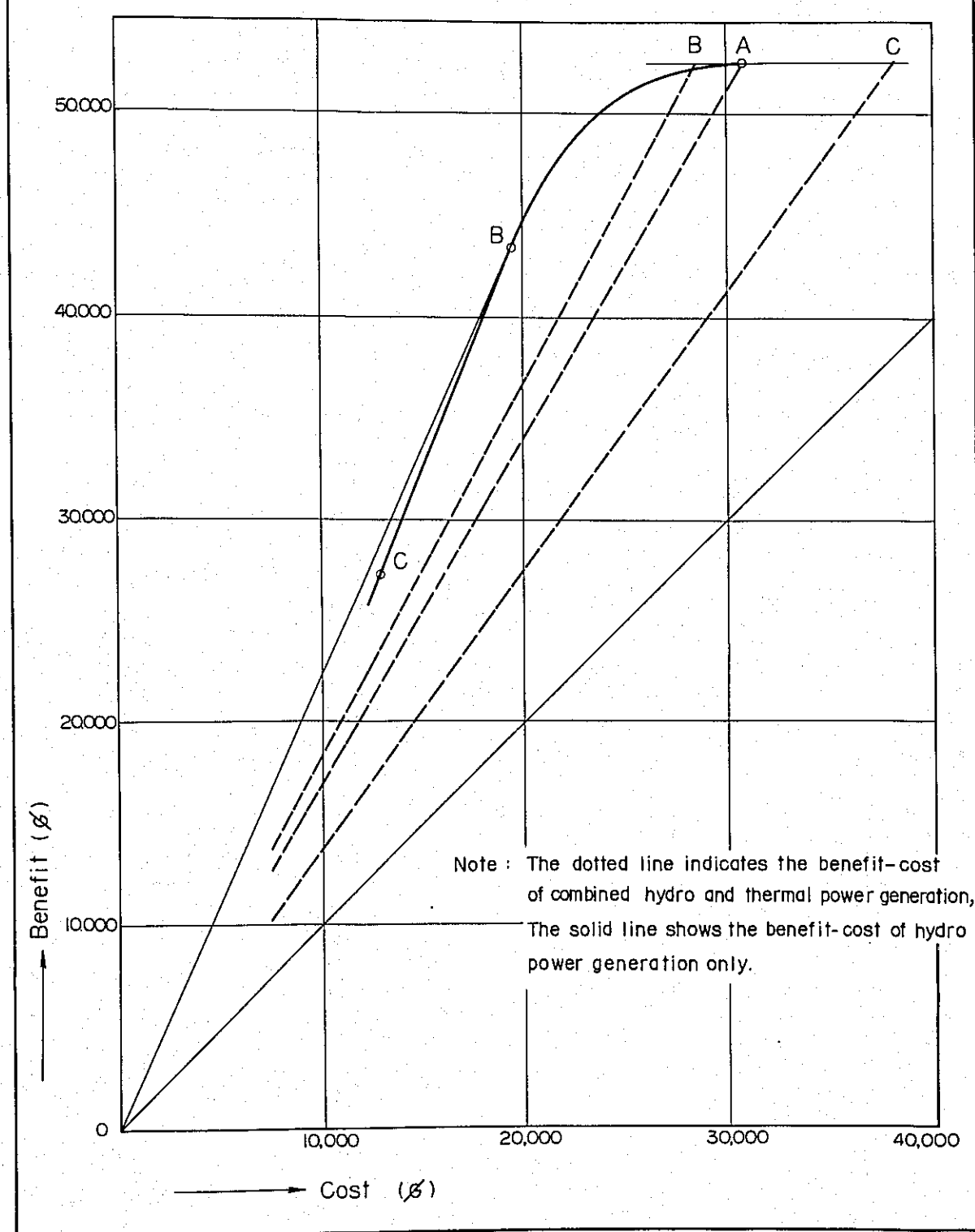
A-1-3-7 Economic Comparison of Each Alternative

The benefit-cost ratio and generation cost at the generating end of each Alternative are as tabulated below.

Table A-1-9 Benefit-Cost Ratio and Generating Cost

Alt.		A	B	C	Remarks
Item					
Benefit (B)	Equalized Salable Power (kW)	2,450	1,740	920	
	Benefit of Equalized Salable Power (₱ 1,000)	15,750	11,200	5,920	
	Equalized Salable Energy (MWH)	12,000	10,500	6,970	
	Benefit of Equalized Salable Energy (₱ 1,000)	36,700	32,100	21,300	
	Total Benefit (₱ 1,000)	52,450	43,300	27,220	
Cost (C)	(₱ 1,000)	30,800	19,400	12,900	
Annual Cost of Diesel Power (B <sub>0</sub> )	(₱ 1,000)		*1 9,150	*2 25,230	*1 (B) *2 A-(B) <sub>B</sub> (B) <sub>A</sub> -(B) <sub>C</sub>
Benefit-Cost Ratio					
$\frac{(B) + (B_0)}{(C) + (B_0)}$		1.70	1.84	1.38	
Generation Cost	(₱ /kWh)	2.56	2.38	3.18	$\frac{(C)+(B_0)}{12,000,000}$

Fig. A-1-3 Pirapo Power Plant Benefit and Cost



A - 2 ECONOMIC EVALUATION OF PIRAPO POWER STATION

A-2-1 Salable Power and Salable Energy

Power and energy in the economic evaluation of the Pirapo Power Station are the salable power and salable energy at the consuming end shown in Table 6-3 of Chapter 6 of the Report.

A-2-2 Annual Cost and Power Cost (Cost per kWh)

The calculation of the annual cost is based on the following conditions:

(1) Interest Rate

The interest rate is to be 6.5% per annum.

(2) Investment for Facilities

The investment for construction are as tabulated below.

Table A-2-1 Investment

Unit: ₱ 1,000

Facility	Investment		
	1st stage 1970-1972	1973-1976	Total
Generation (Civil Works) (Electrical Equipment)	234,510 (183,390) ( 51,120)	- ( - ) ( - )	234,510 (183,390) ( 51,120)
Transmission, Substation & Distribution	172,490	39,600	212,090
Total	407,000	39,600	446,600

(3) Serviceable Years

The serviceable years of the Pirapo Power Station (including transmission and distribution facilities) are to be 50 years, however, those of turbine and generator are to be 35 years.

(4) Amortization

The amortization are equalized throughout the serviceable years by the

sinking fund method. No residual value is retained at the end of the serviceable years.

(5) Personnel Expense

₱ 2,000,000 /Year

(6) Maintenance and Repairs

for Generation Facilities ₱ 1,300,000/Year

for Transmission, Sub-station &  
Distribution Facilities ₱ 4,000,000/Year

(7) Administration

₱ 1,000,000/Year

The annual cost estimated on the above assumptions is as shown in Table A-2-2 and dividing this value by equalized salable energy at the consuming end (9,468,000 kWh), the equal energy cost at the consumer end comes out at 4.1 ₱/kWh.

Table A-2-2 Annual Cost of Pirapo Power Station

Item	Annual Cost (₱)
Amortization of Civil Engineering Structures and Transmission, Distribution and Sub-station Facilities	26,500,000
Amortization of Turbine and Generator	3,730,000
Personnel Expense	2,000,000
Maintenance and Repairs	5,400,000
Administration	1,000,000
<b>Total</b>	<b>38,630,000</b>

### A-2-3 Comparison with Alternative Diesel Power Plant

As an alternative facility a diesel plant of the following outline is considered at two locations.

Installed Capacity:	450 kW x 6 units
Utilization Factor:	58%
Annual Energy Output	
(at generating end):	12,300,000 kWh
(at consuming end):	10,736,000 kWh
Loss at Station:	4%
Unit Fuel Cost:	11 ₱/ℓ, 3.06 ₱/kWh
Construction Cost:	
for Electrical Equipment at Power Station:	₱ 54,000,000
for Distribution Facilities:	₱ 182,890,000

The estimate of annual cost for such diesel plants is made on the following conditions:

- |     |                          |                |
|-----|--------------------------|----------------|
| (1) | Interest Rate            | 6.5% per annum |
| (2) | Serviceable Years        |                |
|     | Electrical Equipment:    | 15 years       |
|     | Distribution Facilities: | 50 years       |
| (3) | Amortization             |                |

The interest and amortization are equalized throughout the serviceable years.

No residual value is retained at the end of the serviceable years.

- |     |                          |                   |
|-----|--------------------------|-------------------|
| (4) | Personnel Expense        | ₱ 3,300,000/year  |
| (5) | Maintenance and Repairs  |                   |
|     | Electrical Equipment:    | ₱ 1,600,000 /year |
|     | Distribution Facilities: | ₱ 4,000,000/year  |
| (6) | Administration           | ₱ 1,000,000/year  |

The annual cost estimated on the above assumptions is as shown in Table A-2-3, and the equalized energy cost at the consumer end comes out at 6.1 ₱/kWh.

Table A-2-3 Annual Cost of Alternative Diesel Plant

Item	Annual Cost (₱)
Amortization of Diesel Plant	5,750,000
Amortization of Distribution Facilities	12,450,000
Personnel Expense	3,300,000
Maintenance and Repairs	5,600,000
Administration	1,000,000
Sub-Total (Fixed Cost)	28,100,000
Fuel Cost (Variable Cost)	37,700,000
<b>Total</b>	<b>65,800,000</b>

A-2-4 Benefit-Cost Ratio

The fixed cost per kW and variable cost per kWh of the alternative diesel plant estimated in the preceding paragraph are regarded as the unit benefit per kW and kWh of the Pirapo Power Station. The equalized value of the total of each year's benefit converted into the worth as of 1972, which is obtained by multiplying the salable power and salable energy of each year described in Chapter 6 with the above unit benefit, is the average annual benefit which comes out at ₱ 60,800,000 per year.

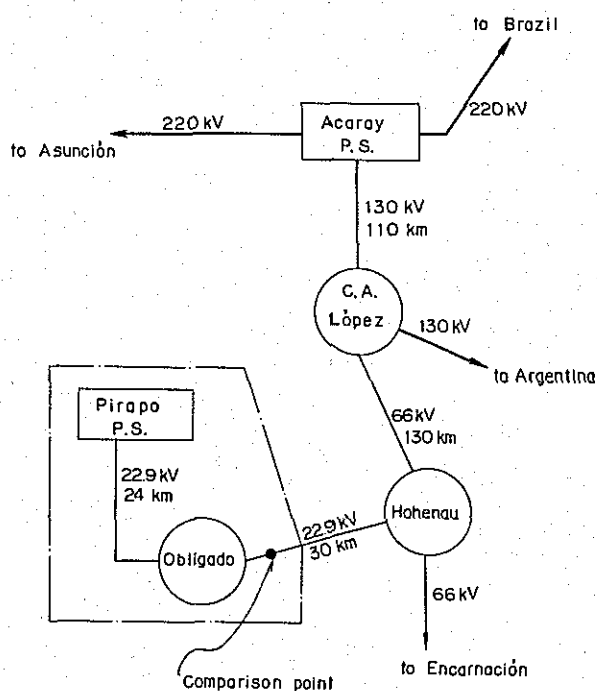
The ratio between the above equalized annual benefit and the average annual cost described in the foregoing paragraph A-2-2 comes out at 1.58, and this leads to the conclusion that the Pirapo Power Station Project is more economical than the plan of an alternative diesel power plant.

A - 3 Alternative to receive power from Acaray Hydroelectric Power Plant

It is necessary to study supplying the power of the Acaray Hydroelectric Power Station now under construction, to Colonia Alto Parana, Hohenau Obligado and Bella-Vista.

According to the ANDE's scheme the power of the Acaray Power Station (50 cycles) will be supplied to Encarnacion, passing Hohenau, by a one circuit line of 66 KV, under the 1st phase of the national electrification scheme.

Consequently, economic feasibility to step down the power of said power station at Hohenau, and transmit it to Obligado Sub-station, is to be examined.



On the assumption that the cost of transmission line for common use to receive power from Acaray Power Station is to be allocated proportionally to the amount of power flow, the cost of the transmission line and the Obligado Sub-station which are to be allocated to Colonia Alto Parana Hohenau Obligado and Bella-Vista are as follows.

The average cost of the transmission line	
for serviceable 50 years .....	1.3 Q/kWh
The average cost of the Obligado Sub-station	
for serviceable 50 years .....	0.3 Q/kWh

Furthermore, the power cost of the Acaray Power Station at the Obligado Sub-station considering power loss between Acaray and Obligado, indirect cost such as administration cost, and adequate remuneration must be added.

According to the fact that the power cost of Acaray Power Station at generating end is 1.2 ₱/kWh (by ANDE's explanation), we can estimate the power cost at the Obligado Sub-station to be 3.4 ₱/kWh as shown below:

The power cost of the Acaray Power Station at the Obligado Sub-station (considering the loss of 20%) .....	1.5 ₱/kWh
The cost of transmission line and sub-station .....	1.6 ₱/kWh
Miscellaneous .....	0.3 ₱/kWh
<hr/>	
Total	3.4 ₱/kWh

However, the power cost of the Acaray Power Station will be high for sometime following the commencement of the plant's operation, because of the shortage of power demand which will necessarily impede the effective utilization of the plant's facilities.

On the other hand, the power cost of the Pirapo Power Station at the generating end is as follows:

Amortization of power station .....	16,110,000 ₱/year
Operation and maintenance .....	2,300,000 ₱/year
Administration .....	1,000,000 ₱/year
<hr/>	
Total	19,410,000 ₱/year

The equalized kWh of the Pirapo Power Station for serviceable 50 years .....

10,500,000 kWh/year
---------------------

Then, the power cost of the Pirapo Power Station at the generating end can be estimated to be 1.85 ₱/ kWh.



The power cost of the Pirapo Power Station at the Obligado Sub-station is estimated as follows:

Amortization of Transmission Line and Sub-station	1,500,000 ₱/year
Operation and Maintenance	600,000 ₱/year
The equalized kWh which the Pirapo Power Station can supply to Hohenau, Obligado and Bella-Vista	2,000,000 kWh/year

Then, the power cost of the Pirapo Power Station at the Obligado Sub-station is estimated to be 2.9 ₱/ kWh by adding the power cost at generating end of 1.85 ₱/ kWh to the cost of transmission and sub-station of 1.05 ₱/ kWh.

In the comparison, the power cost of the Pirapo Power Station is lower than the power cost of the Acaray Power Station at the Obligado Sub-station, accordingly the construction of the Pirapo Power Station will have priority.

However, for the reason that the preceding comparison is based on brief calculation, the comparison of both alternatives should be conducted again when more detailed data will be available in the future.

A - 4 ATTACHED TABLES AND FIGURES

Table A-4-1

Monthly Precipitation Observed at Meteorological Station at Alto Parana Test Farm

(Unit: mm)

Year Month	1964	1965	1966	Average
January	32.0	118.7	331.7	160.8
February	147.0	252.0	269.4	222.8
March	98.5	99.9	203.8	134.1
April	195.8	286.5	68.4	183.6
May	35.7	185.9	26.6	82.7
June	8.4	101.3	238.7	116.1
July	(86.0)	205.3	47.7	113.0
August	(223.0)	219.8	116.2	186.3
September	100.0	90.9	59.8	83.6
October	82.2	362.9	206.2	217.1
November	71.1	52.4	72.9	65.5
December	162.8	411.6	188.4	254.3
Total	1,242.5	2,387.2	1,829.8	1,819.9

Table A-4-2

Records of Run-off Observed at Run-off Gaging Station at Dam Site of Acaray River

Catchment Area: 9,880 km<sup>2</sup>(Unit: m<sup>3</sup>/s)

Year \ Month	1954	1955	1956	1957	1958
January	—	93.3	121.0	126.0	107.0
February	—	35.0	150.0	127.0	76.7
March	—	98.8	86.9	61.8	123.0
April	—	126.4	474.0	55.4	168.0
May	—	227.0	359.0	156.0	95.8
June	—	252.0	446.0	164.0	73.6
July	—	302.0	313.0	215.0	69.7
August	—	195.0	381.0	246.0	111.0
September	—	171.0	297.0	398.0	177.0
October	242.0	122.0	224.0	240.0	257.0
November	217.0	97.4	213.0	222.0	—
December	120.0	68.3	120.0	135.0	—
Average	—	149.0	265.0	179.0	—

Table A-4-3 Construction Cost of Civil Works

Unit: G 1,000

Item	Quantity	Unit Price (G)	1970			1971			1972			Total				
			D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total		
River handling	1	-	3,600	2,400	6,000	-	-	-	-	-	-	-	-	3,600	2,400	6,000
<b>Dam</b>																
Common excavation	17,300	(m <sup>2</sup> )	470	395	865	-	-	-	-	-	-	-	-	470	395	865
Open excavation (soil)	3,300	(m <sup>3</sup> )	214	182	396	-	-	-	-	-	-	-	-	214	182	396
Open excavation (rock)	1,200	(m <sup>3</sup> )	270	330	600	-	-	-	-	-	-	-	-	270	330	600
Mass concrete	7,050	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	12,400	5,600	18,000	5,100	2,280	7,380	17,500	7,880	17,500	7,880	25,380
Reinforced concrete	7,600	(m <sup>3</sup> )	5,900	3,100	9,000	24,200	12,400	36,600	-	-	-	30,100	15,500	30,100	15,500	45,600
Earth embankment	98,000	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	10,000	6,800	16,800	3,450	2,300	5,750	13,450	9,100	13,450	9,100	22,550
Riprap	7,300	(m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	860	600	1,460	860	600	860	600	1,460
Foundation treatment	lump sum	200	-	-	-	1,740	1,260	3,000	-	-	-	1,740	1,260	1,740	1,260	3,000
Sub-total			6,854	4,007	10,861	48,340	26,060	74,400	9,410	5,180	14,590	64,604	35,247	64,604	35,247	99,851
<b>Power House</b>																
Open excavation (soil)	700	(m <sup>3</sup> )	45	39	84	-	-	-	-	-	-	-	-	45	39	84
Open excavation (rock)	650	(m <sup>3</sup> )	145	180	325	-	-	-	-	-	-	-	-	145	180	325
Plain concrete	350	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	1,130	445	1,575	-	-	-	1,130	445	1,130	445	1,575
Reinforced concrete	700	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	2,800	1,400	4,200	-	-	-	2,800	1,400	2,800	1,400	4,200
Superstructure	lump sum	1	-	-	-	-	-	-	800	200	1,000	800	200	800	200	1,000
Sub-total			190	219	409	3,930	1,845	5,775	800	200	1,000	4,920	2,264	4,920	2,264	7,184
<b>Tailrace</b>																
Open excavation (soil)	2,000	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	65	55	120	65	55	120	130	110	130	110	240
Open excavation (rock)	750	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	170	205	375	170	205	170	205	375
Plain concrete	510	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	1,650	650	2,300	1,650	650	1,650	650	2,300
Reinforced concrete	550	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	2,200	1,100	3,300	2,200	1,100	2,200	1,100	3,300
Sub-total			-	-	-	65	55	120	4,085	2,010	6,095	4,150	2,065	4,150	2,065	6,215
<b>Switchyard</b>																
Open excavation (soil)	600	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	40	32	72	40	32	40	32	72
Reinforced concrete	20	(m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	80	40	120	80	40	80	40	120
Office and warehouse	lump sum	1	-	-	-	-	-	-	448	110	558	448	110	448	110	558
Sub-total			-	-	-	-	-	-	568	182	750	568	182	568	182	750
<b>Total</b>			10,644	6,626	17,270	52,335	27,960	80,295	14,863	7,572	22,435	77,842	42,158	77,842	42,158	120,000

D.C.: Domestic Currency

F.C.: Foreign Currency

Table A-4-4 Mechanical Equipments and Installation Works

Unit: ₪ 1,000

Item	1970			1971			1972			Total		
	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total
Mechanical Equipments												
Spillway gate	-	1,000	1,000	-	8,000	8,000	-	1,000	1,000	-	10,000	10,000
Intake gate	-	110	110	-	880	880	-	110	110	-	1,100	1,100
Tailrace gate	-	17	17	-	136	136	-	17	17	-	170	170
Intake screen	-	33	33	-	264	264	-	33	33	-	330	330
Penstock	-	90	90	-	720	720	-	90	90	-	900	900
Sub-total (FOB)	-	1,250	1,250	-	10,000	10,000	-	1,250	1,250	-	12,500	12,500
Insurance	-	-	-	-	130	130	-	-	-	-	130	130
Freight	-	-	-	-	2,800	2,800	-	-	-	-	2,800	2,800
Sub-total	-	1,250	1,250	-	12,930	12,930	-	1,250	1,250	-	15,430	15,430
Installation Cost												
Transportation	-	-	-	570	-	570	-	-	-	570	-	570
Installation	-	-	-	100	200	300	900	1,800	2,700	1,000	2,000	3,000
Sub-total	-	-	-	670	200	870	900	1,800	2,700	1,570	2,000	3,570
Total	-	1,250	1,250	670	13,130	13,800	900	3,050	3,950	1,570	17,430	19,000

D.C. : Domestic Currency  
F.C. : Foreign Currency

Table A-4-5 Material Cost and Electrical Equipment and Installation Works Cost of Turbine, Generator and Appurtenant Equipment

Unit: G 1,000

Item	1970			1971			1972			Total		
	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total
Electrical Equipment												
Turbine	-	1,070	1,070	-	8,560	8,560	-	1,070	1,070	-	10,700	10,700
Generator	-	940	940	-	7,520	7,520	-	940	940	-	9,400	9,400
Main transformer	-	140	140	-	840	840	-	420	420	-	1,400	1,400
Others	-	1,160	1,160	-	8,120	8,120	-	2,320	2,320	-	11,600	11,600
Sub-total (FOB)	-	3,310	3,310	-	25,040	25,040	-	4,750	4,750	-	33,100	33,100
Insurance	-	-	-	-	340	340	-	-	-	-	340	340
Freight	-	-	-	-	1,860	1,860	-	-	-	-	1,860	1,860
Sub-total (CIF)	-	3,310	3,310	-	27,240	27,240	-	4,750	4,750	-	35,300	35,300
Installation Cost												
Transportation	-	-	-	300	-	300	80	-	80	380	-	380
Installation	-	-	-	90	290	380	770	2,610	3,380	860	2,900	3,760
Sub-total	-	-	-	390	290	680	850	2,610	3,460	1,240	2,900	4,140
Total	-	3,310	3,310	390	27,530	27,920	850	7,360	8,210	1,240	38,200	39,440

D.C. : Domestic Currency

F.C. : Foreign Currency

Table A-4-6 Substation, Transmission and Distribution Materials and Installation Works

Unit: ₱ 1,000

Item	1970			1971			1972			1st Stage Total			1973 - 1976			Total		
	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total	D.C.	F.C.	Total
Wooden pole	-	-	-	10,000	-	10,000	7,000	-	7,000	17,000	-	17,000	5,500	-	5,500	22,500	-	22,500
Conductor	-	3,250	3,250	26,000	-	26,000	-	3,250	3,250	32,500	32,500	32,500	-	9,500	9,500	42,000	42,000	42,000
Pole transformer	-	670	670	5,360	-	5,360	-	670	670	6,700	6,700	6,700	-	1,200	1,200	7,900	7,900	7,900
Main transformer	-	70	70	550	-	550	-	70	70	690	690	690	-	-	-	690	690	690
Others	-	5,100	5,100	40,800	-	40,800	690	5,100	5,790	690	51,000	51,690	-	12,000	12,000	63,000	63,000	63,690
Sub-total (FOB)	-	9,090	9,090	10,000	72,710	82,710	7,690	9,090	16,780	17,690	90,890	108,580	5,500	22,700	28,200	23,190	113,590	136,780
Insurance	-	-	-	-	890	890	-	-	-	-	890	890	-	260	260	-	1,150	1,150
Freight	-	-	-	-	5,500	5,500	-	-	-	-	5,500	5,500	-	850	850	-	6,350	6,350
Sub-total (CIF)	-	9,090	9,090	10,000	79,100	89,100	7,690	9,090	16,780	17,690	97,280	114,970	5,500	23,810	29,310	23,190	121,090	144,280
Installation Cost	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transportation	-	-	-	2,250	-	2,250	1,000	-	1,000	3,250	-	3,250	850	-	850	4,100	-	4,100
Installation	-	-	-	6,000	1,900	7,900	9,200	2,000	11,200	15,200	3,900	19,100	3,900	200	4,100	19,100	4,100	23,200
Sub-total	-	-	-	8,250	1,900	10,150	10,200	2,000	12,200	18,450	3,900	22,350	4,750	200	4,950	23,200	4,100	27,300
Total	-	9,090	9,090	18,250	81,000	99,250	17,890	11,090	28,980	36,140	101,180	137,320	10,250	24,010	34,260	46,390	125,190	171,580

D.C. : Domestic Currency

F.C. : Foreign Currency

Fig. A-4-1 Annual Mean Isohyetal Map in Paraguay Period: 1941 - 1964

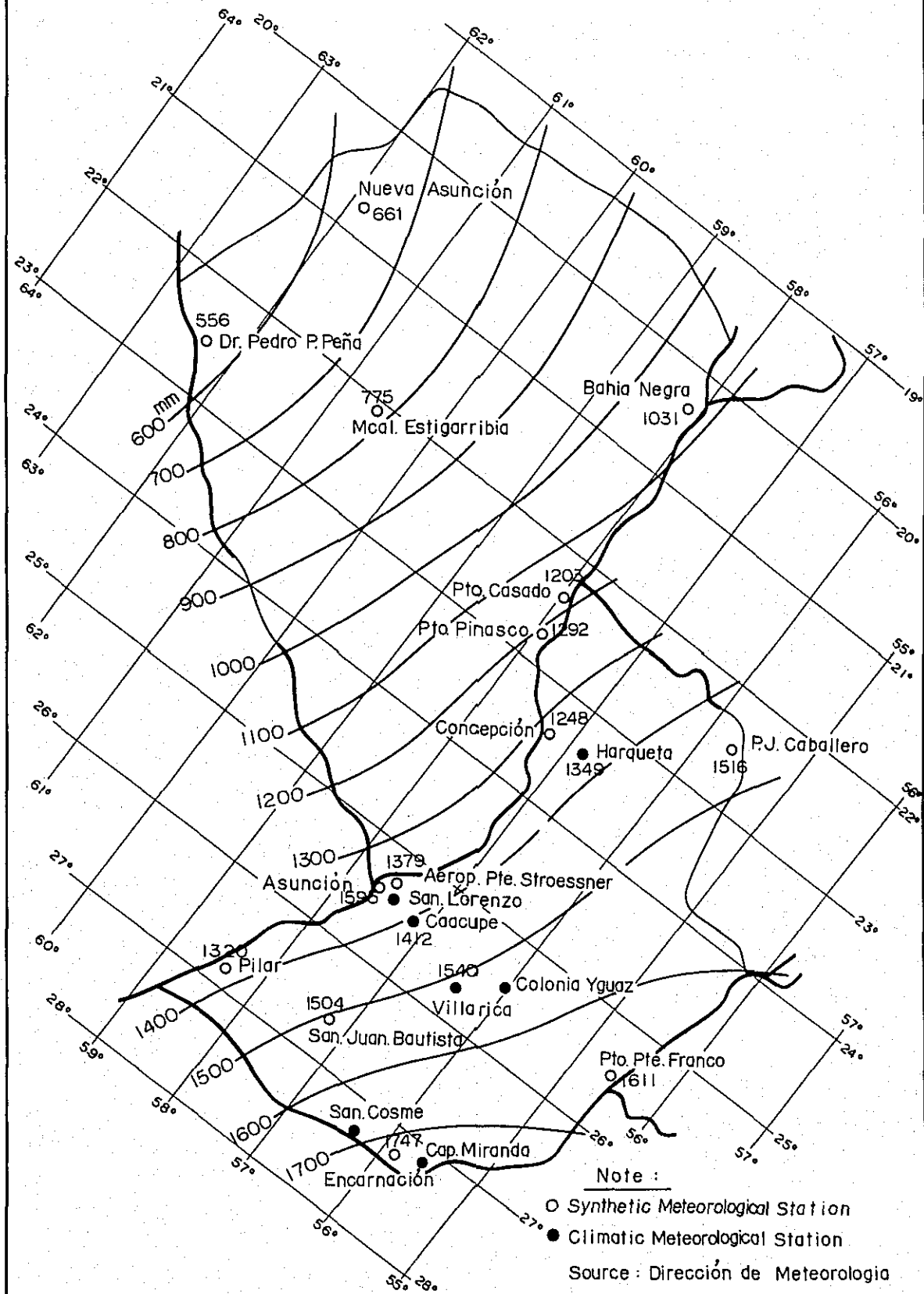




Fig. A-4-2 Annual Mean Isohyetal-day Map in Paraguay Period: 1941 - 1964

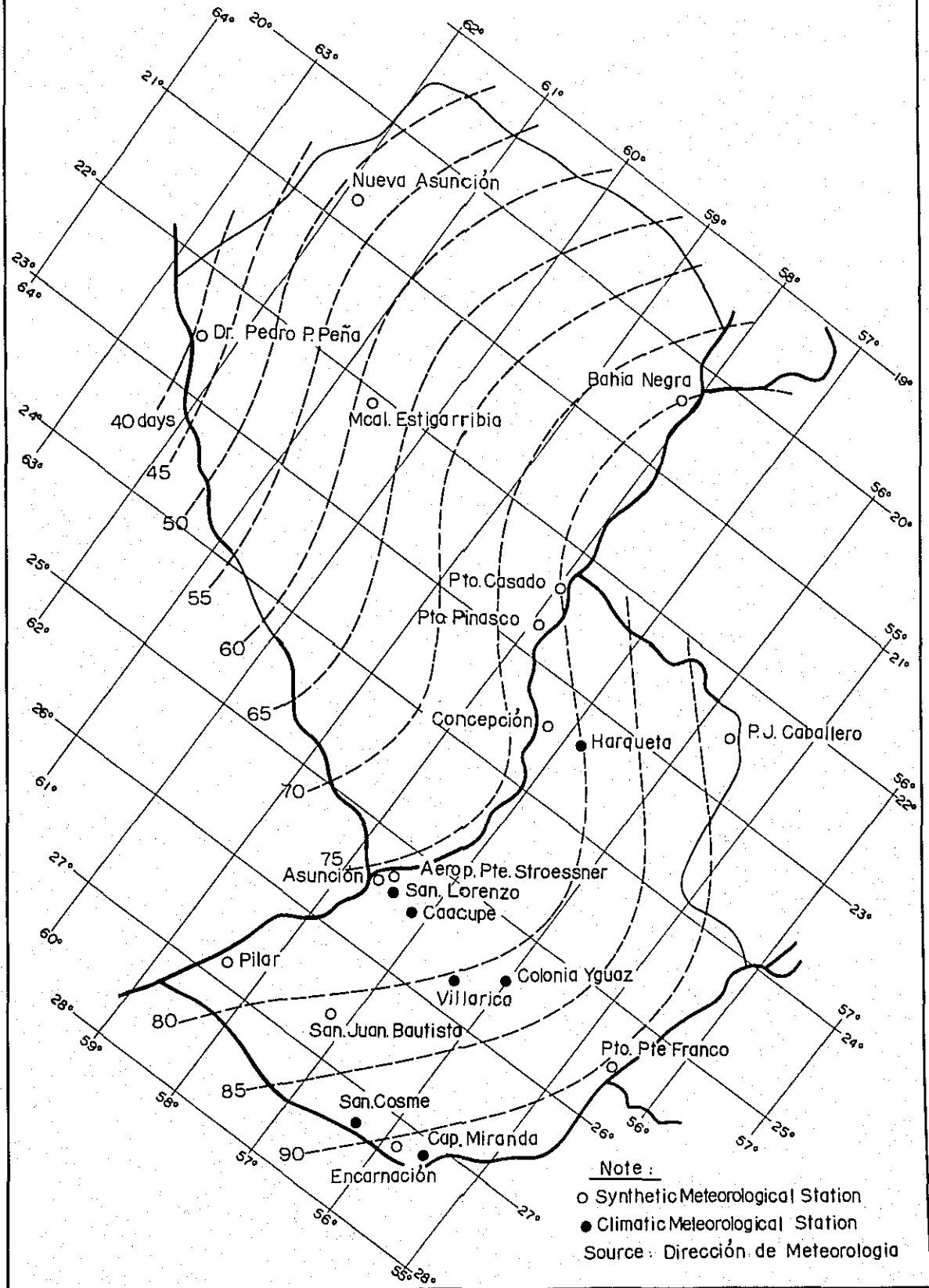


Fig. A-4-3 Annual Mean Isothermal Map in Paraguay Period: 1941 - 1964

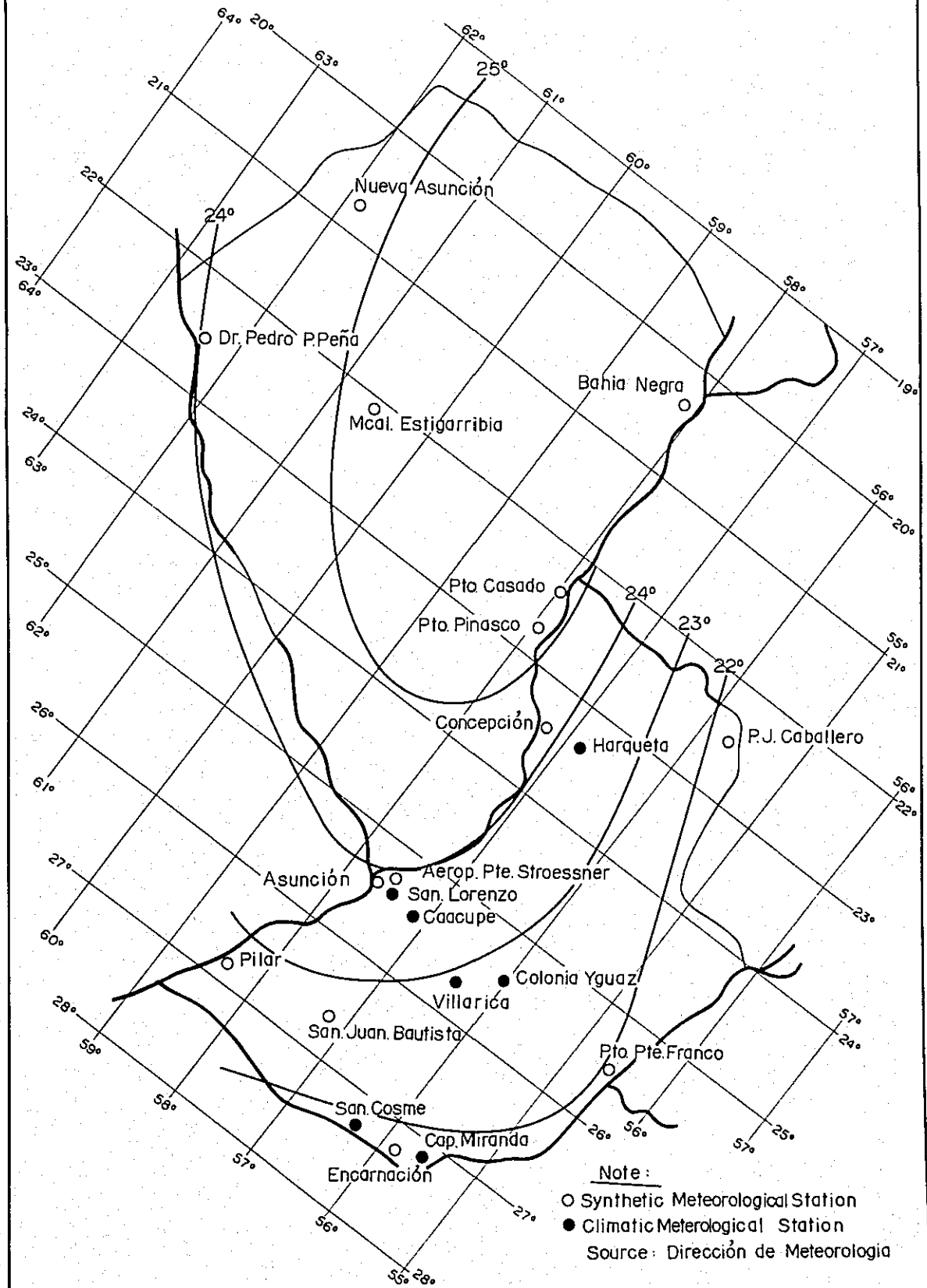


Fig. A-4-4 Annual Mean Isoevaporation Map in Paraguay Period: 1941 - 1964

