

# Estudio de Prefactibilidad para el aprovechamiento del Río Paraná en Itacurubí y Pindo-í

## Síntesis de Resultados Preliminares

Buenos Aires, Octubre  
2001

## INDICE

	Página
<b>Cuadros Sintéticos</b>	
1. <i>Planteo global del estudio</i>	1
2. <i>Síntesis de los estudios de ingeniería</i>	3
2.1 <i>Selección de alternativas</i>	3
2.2 <i>Criterios de diseño</i>	5
2.3 <i>Proyecto Itacurubí-bulbo</i>	5
2.4 <i>Proyecto Itacurubí-Kaplan</i>	9
2.5 <i>Proyecto Pindo-I</i>	9
3. <i>Aspectos económicos</i>	11
3.1 <i>Costos y presupuestos</i>	11
3.2 <i>Evaluación económica</i>	11
3.3 <i>Análisis financiero</i>	12
3.4 <i>Conclusión</i>	14
<b>Figuras</b>	
<i>Itacurubí-bulbo. Disposición general</i>	<i>Figura 1</i>
<i>Itacurubí-Kaplan. Disposición general y desvío del río</i>	<i>Figura 2</i>
<i>Pindo-I-Kaplan. Disposición general</i>	<i>Figura 3</i>
<i>Ubicación de variantes</i>	<i>Figura 4</i>

**PROYECTO CORPUS CHRISTI  
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

<b>Conceptos</b>	<b>ITACURUBI</b>	<b>PINDO-I</b>
<b>Ubicación</b>	R. Paraná km1541	R. Paraná km1656
<b>Localidad argentina más cercana</b>	San Ignacio	Corpus
<b>Potencia instalada</b>	2880 Mw 48 grupos bulbo de 60 Mw	2880 Mw 20 grupos Kaplan de 144 Mw
<b>Plazo de construcción</b>	6 años	7,5 años
<b>Inicio de generación comercial</b>	4 <sup>o</sup> año	5 <sup>o</sup> año
<b>Longitud total del cierre</b>	1720 m + 1500 m presa lateral	2080 m + 1400m presas laterales
<b>Estructuras:</b>		
<b>Casas de máquinas</b>	2 x 24 grupos generadores	1 x 20 grupos generadores
<b>Aliviadero</b>	Capacidad: 95.000 m <sup>3</sup> /s. 26 vanos (con 3 m de sobrecarga). Pindo-i: 28 vanos	
<b>Esclusa de navegación</b>	Calado: 12pies. Manga 27m. Capacidad: 6 barcazas 1500 TPB y remolcador	
<b>Transferencia de peces</b>	Estructuras ubicadas en los extremos de cada central	
<b>Presas laterales</b>	Materiales sueltos, con núcleo impermeable y protección de rip-rap en el talud de aguas arriba	

**PROYECTO CORPUS CHRISTI  
PARÁMETROS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS**

	Itacurubí	Pindo-í
<b>1. INVERSIÓN, COSTOS Y TARIFA</b>		
Inversión total	u\$s 2.861 x 10 <sup>6</sup>	u\$s 2.936 x 10 <sup>6</sup>
Costo por Kw Instalado	u\$s 990	
Tarifa por ventas de energía	u\$s 30 / Mwh en la central	
Costo de transmisión	u\$s 5 / Mwh (distancia 1.000 km)	
Costo de D & M	1,0% de la inversión total / año	

<b>2. PARÁMETROS FINANCIEROS</b>	
Plazo de concesión	30 años
Capital en acciones	30% de la inversión (u\$s 800x10 <sup>6</sup> )
Capital de trabajo	6 meses de gastos operativos
Tasa de inflación	2,5% anual
Tasa de descuento	10- 12 % anual
Condiciones de financiamiento:	Periodo de gracia: 5 años
Bancos Comerciales	Tasa: 10,25% anual. Plazo: 7 años
Agencias Internacionales	Tasa: 7,25% anual. Plazo: 15 años
Proveedores	Tasa: 6,75% anual. Plazo: 10 años

<b>3. INDICADORES DE RENTABILIDAD</b>		
Tasa interna de retorno	15%	14%
Rendimiento s/capital en acciones	22%	
Índice de cobertura de deudas	1,4	
Costo unitario de producción	20 u\$s/Mwh	21 u\$s/Mwh
10%	23 u\$s/Mwh	25 u\$s/Mwh
12%		

**PROYECTO CORPUS CHRISTI  
EFECTOS AMBIENTALES Y REGIONALES**

<b>Características del embalse</b>	Estrecho en todo su desarrollo por la topografía encañonada del río. Costas con barrancas elevadas y afluentes pequeños (excepto el Capiibary en margen paraguaya).	
<b>Area inundada:</b> <b>Total en Misiones</b>	<b>ITACURUBI:</b> 16.500 ha 7.100 ha	<b>PINDOL:</b> 12.200 ha 6.000 ha
<b>Población a relocalizar:</b> <b>Total en Misiones</b>	(a confirmar en estudio ambiental) 700 familias 300 familias Criterio de relocalización: reposición funcional	
<b>Tratamiento de márgenes</b>	Se ha previsto la protección de taludes, el desmalezamiento y la forestación	
<b>Formación de zonas de aguas bajas</b>	Solamente en las nacientes de los afluentes. Se prevé su tratamiento	
<b>Calidad del agua</b>	No habrá modificaciones. La escorrentía del embalse es buena debido a su estrechez.	
<b>Fauna íctica</b>	El proyecto incluye estructuras de transferencia de peces y estaciones de piscicultura	
<b>Enfermedades hídricas</b>	No incide. De todos modos, se han previsto programas de control	
<b>Afectación de infraestructura:</b> <b>Cascos urbanos</b> <b>Rutas</b>  <b>Tendidos eléctricos</b> <b>Puertos</b>  <b>Otras construcciones</b>	No afecta Afecta solamente caminos secundarios Redes vecinales Instalaciones menores. Se prevé reposición funcional Reposición funcional	
<b>Beneficios:</b> <b>Regalías</b> <b>Puestos de trabajo</b>	u\$s 65 millones anuales (50 %/país) 8.000 en el pico	

## *1. Planteo global del estudio*

*i)* El presente trabajo sintetiza los resultados de los estudios de prefactibilidad para el aprovechamiento del río Paraná en el tramo contiguo entre la Argentina y el Paraguay aguas arriba de la presa de Yacyretá. De este modo, se pretende poner en producción una importante fuente de energía de bajo costo unitario obtenida a partir de un recurso renovable, que habrá de representar, por una parte, una inversión privada de aproximadamente u\$s 3.000 millones con sus consecuencias dinamizadoras para las economías nacionales y por la otra, una fuente de divisas en la medida que se exporte a terceros países. Desde el punto de vista provincial incorpora además un nueva fuente de recursos en concepto de regalías.

Se ha desarrollado a nivel de prefactibilidad un anteproyecto preliminar de aprovechamiento hidroeléctrico sobre el río Paraná aguas arriba de la desembocadura del río Yabehiry, tomando como cota de restitución la de remanso del embalse de Yacyretá y como cota de operación la de 105 m.s.n.m. acordada entre la Argentina, el Brasil y el Paraguay en el acuerdo tripartito suscripto en 1979. Con este salto se ha previsto instalar una potencia de orden cercano a los 3.000 MW con una generación media anual de 20.000 GWh.

El anteproyecto ha sido elaborado tomando en cuenta que su construcción y explotación será otorgada en concesión a inversores privados y que los Estados no asumirán responsabilidad alguna en su financiamiento ni ofrecerán garantías de compra de la energía producida. Como contrapartida, el concesionario dispondrá de libertad para su comercialización en el ámbito del MERCOSUR.

En este sentido, por su ubicación equidistante de los mayores centros de consumo de la Argentina y del Brasil, la obra constituirá un aporte fundamental en el proceso de integración de la región, dada su capacidad de incorporar un gran bloque de energía para abastecer indistintamente los mercados eléctricos de los países que la componen.

En particular, la posibilidad de suministrar energía de bajo costo al mercado brasileño para satisfacer sus necesidades de potencia en el mediano plazo, le confiere al proyecto un especial atractivo desde el punto de vista económico-financiero.

*ii)* En este estudio se ha privilegiado que los efectos ambientales de la obra sean mínimos y totalmente controlables. Para ello, se prestó especial atención a las alternativas de emplazamiento que permiten ubicarla lo más al norte posible en términos compatibles con el aprovechamiento del salto disponible para la generación hidroeléctrica.

Para ello, se procedió a minimizar el área inundada por la formación del embalse aprovechando la naturaleza encañonada que caracteriza las márgenes de este tramo del río.

Otro requerimiento que se impuso a la selección de alternativas de localización se vincula con la minimización de la afectación de población, bienes y obras de infraestructura, tanto en las cercanías del sitio como en el área inundada por la formación del embalse. Por lo tanto, se profundizó el análisis de aquellas alternativas ubicadas aguas arriba de la desembocadura del río Yabebiry de modo de evitar el ingreso del embalse en su cauce.

En todos los casos se ha procurado que la obra adquiera capacidad de impulsar el desarrollo regional, resaltando sus potencialidades como demandante de mano de obra, bienes y servicios durante el período de construcción y como generador de un flujo de ingresos por impuestos, regalías o cánones a lo largo de su explotación.

Por último, se tuvo especialmente en cuenta la capacidad de la obra para aportar al proceso de integración entre los países del MERCOSUR, preservando su capacidad de abastecer indistintamente a sus respectivos mercados eléctricos.

Dada la importancia que reviste para los inversores el período de maduración de la inversión, se incorporaron al proyecto técnicas de construcción "fast track" y se analizaron variantes de equipamiento con turbinas de tipo bulbo que redundaron en una sensible disminución del plazo de construcción y de los costos.

*iii)* Siguiendo los lineamientos generales expuestos, se seleccionaron dos emplazamientos entre los que habían sido originalmente estudiados por la COMIP, en correspondencia con los parajes del río denominados Itacurubi, a la altura del kilómetro 1.641 del río Paraná, y Pindo-I, en el kilómetro 1.656. Aguas arriba de este último no se dan las condiciones técnicas para un aprovechamiento que resulte económicamente viable.

Para ambas alternativas se examinó la información geológica producida por la COMIP en estudios anteriores y se realizaron reconocimientos de campo. Con estos datos se procedió a la elaboración de los respectivos anteproyectos y a su evaluación económica.

De acuerdo con los resultados preliminares obtenidos, la variante en Itacurubi con equipamiento bulbo, se presenta como la más atractiva, ya que sus indicadores económico-financieros se ven favorablemente afectados por el menor tiempo de construcción que requiere.

Sin embargo, esta conclusión está sujeta al resultado de estudios geotécnicos de mayor detalle, ya que las fundaciones de la obra deberán ser realizadas sobre areniscas y esto hace necesario confirmar la calidad de la roca.

En las siguientes secciones se presentan sintéticamente las características de los anteproyectos desarrollados. En el caso de Itacurubi se presenta una variante con turbinas bulbo y otra con Kaplan, en tanto que en Pindo-i solamente es posible utilizar estas últimas debido a lo estrecho del cañón en ese punto.

## **2. Síntesis de los estudios de ingeniería**

### **2.1 Selección de alternativas**

Desde su creación, la COMIP ha realizado continuados estudios para el aprovechamiento del tramo del río Paraná contiguo con la República del Paraguay que incluyen la identificación de todas las alternativas de emplazamiento para la construcción de una central hidroeléctrica en las condiciones pactadas en el Acuerdo tripartito de 1979.

En todos los casos se realizaron estudios geológicos y se desarrollaron diseños preliminares de ingeniería, que permitieron disponer de una base de comparación entre ellos.

A partir de estos datos e incorporando el criterio de reducir en todo lo posible el área inundada y los consecuentes efectos ambientales como condicionante principal en la definición de la obra, se realizó una revisión de los sitios identificados en los estudios de factibilidad anteriores.

De este modo, se determinó la conveniencia de evaluar técnica y económicamente a nivel de prefactibilidad la posibilidad de construir la obra en los ya mencionados parajes de Itacurubi y Pindo-i, que se encuentran ubicados aguas arriba de los restantes. Para ello, la Delegación argentina ante la COMIP decidió aceptar la donación de los servicios ofrecidos por la consultora británica Knight Piesold & Partners (KPP).

Los consultores examinaron la información disponible y realizaron relevamientos de campo en ambos sitios, encontrando una conformación topográfica y geológica diferenciada entre los mismos.

En Pindo-i, que está ubicado a la altura del kilómetro 1656 del río, las márgenes se presentan con barrancas elevadas, el cauce es estrecho con un ancho total de 1500 m y existen dos islas en el centro. El lecho está constituido por



afloramientos basálticos en sentido longitudinal entre los que existen depósitos de areniscas que obligarán a realizar excavaciones para formar una superficie homogénea de fundación.

Desde el punto de vista de las facilidades constructivas el reducido ancho y la presencia de una de las islas limitan la disposición de las estructuras y obligan a utilizar exclusivamente turbinas Kaplan ya que no hay suficiente espacio para colocar equipos bulbo.

En términos de su afectación ofrece la ventaja de una menor área inundada total, del orden de 12.000 ha dividida por mitades entre ambos márgenes, frente a las 16.500 de Itacurubí distribuidas en mayor proporción sobre la ribera paraguaya (9.000 ha).

En Itacurubí (kilómetro 1641) la margen derecha presenta una planicie de inundación, mientras que la izquierda es una barranca elevada ofreciendo espacio suficiente para albergar las distintas estructuras de la obra.

El lecho es de areniscas en todo su ancho. La calidad, profundidad de la roca y las condiciones del relleno del canal profundo deben ser confirmadas con investigaciones geológicas más detalladas, la información disponible no permite confirmar su capacidad para soportar las estructuras de la presa.

La posibilidad de equipar la obra con turbinas bulbo se justifica por la disminución de la excavación y por el menor peso de las estructuras. Ante la eventualidad de que se presente algún tipo de inconveniente para la instalación de los grupos bulbo, se incluyeron en el estudio los diseños con equipamiento de turbinas Kaplan, tomando en consideración que los primeros se hallan en el límite tecnológico de su fabricación. Sin embargo, merece destacarse que las consultas realizadas a los fabricantes ratifican la factibilidad de construir los grupos bulbo y de que funcionen eficientemente.

Más allá de estas consideraciones, los estudios geológicos en curso deberán confirmar la factibilidad técnica de Itacurubí para las distintas variantes de equipamiento.

## **2.2 Criterios de diseño**

En todos los casos se aplicaron los mismos criterios de diseño. Se enuncian a continuación los más relevantes.

**Crecida de diseño:** en coincidencia con la máxima probable de 95.000 m<sup>3</sup>/s

**Cota de embalse:** 105 m.s.n.m. según lo dispuesto en el acuerdo tripartito del

año 1979.

**Cota de restitución:** La correspondiente a la curva de remanso de Yacretá con 83 m. (s.n.m.) en el hidrómetro de Posadas

**Potencia instalada:** 2880 MW en 48 grupos bulbo de 60 MW ó 20 grupos Kaplan de 144 MW.

**Series hidrológicas analizadas:** Se determinó el caudal medio anual compatibilizando los datos de las distintas series hidrológicas disponibles. La serie de caudales entre 1903 y 1993<sup>1</sup> y la serie de caudales regulados entre 1930 y 1970 utilizados por la consultora Lahmeyer, Harza y Asociados en el estudio de factibilidad de 1982, que considera la regulación de los embalses aguas arriba incluido el de Itaipú. Los análisis realizados arrojan un valor del módulo del orden de los 12.200 m<sup>3</sup>/s, con lo que es posible obtener una generación media anual de 18.500 GWh. Sin embargo, estos valores se incrementan significativamente cuando se analizan los datos correspondientes al período 1971-2000, siguiendo el mismo criterio que el utilizado por la EBY en sus estimaciones. El módulo de caudal alcanza los 14.600 m<sup>3</sup>/s y la energía media anual resulta de aproximadamente 20.600 Gwh en Itacurubí y de 20.200 Gwh en Pindo-I.

### **2.3 Proyecto Itacurubí-bulbo**

En la Figura 1 se presenta la configuración del proyecto para la opción con equipamiento bulbo. Como puede apreciarse, el ancho disponible permite ubicar cómodamente las distintas estructuras, cuyo largo es de 1720 m en total.

#### **2.3.1 Aliviadero**

En el centro del cauce se ubicó un aliviadero de 490 m de largo con capacidad para evacuar una crecida de 75.000 m<sup>3</sup>/s a nivel normal de embalse y de 95.000m<sup>3</sup>/s con 3m de sobrecarga. En el diseño se tuvo en consideración la capacidad de descarga adicional que permiten los conductos de las turbinas bulbo. Consta de 26 vanos equipados con compuertas radiales 20 m x 15 m y un cuenco de disipación de 120 m de longitud.

---

<sup>1</sup> Cf. Estadística Hidrológica 1994 Tomo I. Secretaría de Energía.

### **2.3.2 Casas de máquinas**

A cada lado del vertedero se ubicaron sendas casas de máquinas, cada una equipada con 24 grupos generadores en módulos de seis, de tipo bulbo de 60 MW de potencia y 6,2 m de diámetro, con regulación simple mediante una compuerta en la salida, operada mediante servomotores hidráulicos.

La utilización de estas turbinas posibilita una reducción significativa del tiempo de construcción dado que pueden ser totalmente fabricadas en astilleros, transportadas por vía fluvial e instaladas en el sitio una vez completado el hormigón de primera etapa. El menor tamaño de las unidades de eje horizontal permite también reducir el peso de la estructura y obtener importantes economías en las excavaciones y en el hormigonado, al tiempo que evita mayores cargas sobre las fundaciones.

### **2.3.3 Esclusa de navegación**

Si bien en este esquema se optó por presentar la esclusa de navegación recostada sobre la margen derecha, la localización definitiva será ajustada de modo de ofrecer las mayores facilidades para la maniobra de las embarcaciones.

Sus dimensiones son iguales a las de la construida en Yacyretá con 12 pies de calado, 27 m de manga y el largo necesario para permitir el paso de un tren de 6 barcas de 1500 TPB alineadas de a dos con su remolcador.

### **2.3.4 Presa de margen derecha**

El cierre del río se completa en margen derecha con una presa de material suelto con protección de bloques de piedra (rip-rap) en el talud de aguas arriba hasta alcanzar la cota de 110 m. Sobre la margen izquierda solamente será necesario construir un enlace entre la estructura de hormigón correspondiente y la barranca natural. Este trabajo podría complicarse en la medida de que las areniscas de la barranca no estén suficientemente consolidadas.

### **2.3.5 Equipamiento eléctrico**

Se ha proyectado la instalación de transformadores de triple arrollamiento ONAF conectados en la configuración triángulo/estrella. Cada uno servirá a dos grupos generadores y tendrá una capacidad de 130 MVA y una relación de transformación 13,8/13,8/525 KV. La energía a la salida de los mismos será colectada en una barra de SF6 para ser transportada a dos subestaciones de igual capacidad ubicadas en cada una de las márgenes. La de margen iz-

quierda recibirá la energía de la de margen derecha por dos líneas de 500 KV y dispondrá de tres salidas de la misma potencia y dos de 220 KV.

### **2.3.6 Estructuras de transferencia de peces**

En los extremos de cada una de las casas de máquinas se ha previsto colocar elevadores o rampas para el paso de los peces hacia aguas arriba.

### **2.3.7 Aspectos constructivos**

La planificación de la obra se orientó a reducir al mínimo el plazo y los costos, ajustando el diseño para permitir la aplicación de técnicas fast-track en la construcción y en la fabricación del equipamiento. De este modo, se proyectaron estructuras modulares para ser construidas en serie, se incorporaron técnicas de refulado para la excavación de las areniscas, tablestacados celulares, etc. Al mismo tiempo, la incorporación de generadores bulbo permite que su fabricación pueda realizarse en astilleros y luego trasladarlos en embarcaciones hasta su emplazamiento en la obra.

Se ha previsto iniciar los trabajos simultáneamente desde ambos lados del río, creando recintos estancos para permitir la construcción del hormigón masivo de la esclusa de navegación, de la mitad de la casa de máquinas en margen derecha y la totalidad de la de margen izquierda.

A medida que progresen los trabajos, se creará un nuevo recinto avanzando desde margen izquierda hacia el centro del río para iniciar la construcción del aliviadero y se retirarán las ataguías de los primeros para permitir el paso del agua por las estructuras ya construidas. Durante su construcción está previsto comenzar con la instalación de los grupos generadores, habilitar la esclusa de navegación y completar la presa de margen derecha. El cierre final del río se concretará con la creación de otro recinto para construir la segunda mitad de la central de margen derecha.

Para mayores detalles acerca de las distintas tareas y obras a ejecutar y de los tiempos requeridos para cada una, se ha incluido como Figura N°2 una versión preliminar del cronograma del anteproyecto. Los datos incluidos en el mismo deben tomarse como indicativos, dado que ya se han acordado una serie de modificaciones con los consultores. La más importante se refiere a la ubicación de la esclusa y al ritmo de incorporación de los grupos generadores, que pasará a ser de 3 cada dos meses en lugar de 2 por mes.

De acuerdo con el programa descripto, el periodo total de construcción es de 6 años con el inicio de generación al comienzo del quinto.

### **2.3.8 Aspectos ambientales y afectaciones**

En términos cuantitativos los efectos ambientales del proyecto pueden evaluarse a partir de los datos del área inundada por la formación del embalse. El total correspondiente a ambas márgenes se ha estimado en 16.500 has de las cuales 7.500 corresponden a la provincia de Misiones.

El embalse proyectado se desarrolla en toda su extensión en un tramo donde el río corre encañonado con elevadas barrancas en ambas márgenes y donde no recibe afluentes de importancia con excepción del Capiibary desde el lado paraguayo. El ingreso del embalse en el valle de este último genera la diferencia de las áreas inundadas entre una y otra ribera.

La configuración topográfica descrita determina que el proyecto no produzca afectaciones relevantes sobre la infraestructura física ni sobre las explotaciones productivas. Asimismo, por tratarse de una zona de escasa densidad poblacional donde no existen centros urbanos que puedan ser afectados por el embalse, la relocalización de personas y bienes es relativamente escasa. Se ha estimado que se encontrarían en esta situación unas 700 familias, de las cuales un 40% habita en la margen argentina.

En cuanto a los aspectos ambientales, el proyecto producirá los efectos propios de la formación de un embalse y se han tomado las provisiones presupuestarias para su control o mitigación. De todos modos, el tratamiento de estos temas deberá ser objeto de un análisis detallado durante la preparación de la concesión.

Sin perjuicio de lo anterior, merece destacarse que las características del lago en cuanto a su estrechez y profundidad, evitan la mayor parte de los problemas propios de los embalses en ríos de llanura, derivados de la formación de zonas de aguas bajas y estancadas.

Las consideraciones anteriores valen también para el emplazamiento de la obra en Pindo-í, donde los datos consignados son aún menores debido a que se encuentra ubicado aguas arriba de Itacurubí. El área inundada total resulta de aproximadamente 12.000 has distribuidas por mitades entre ambas márgenes.

## **2.4 Proyecto Itacurubí-Kaplan**

La disposición general de estructuras en esta variante es similar a la anterior pero con la esclusa ubicada sobre la margen izquierda como puede apreciarse en la Figura N°3 donde aparece también indicada la secuencia constructiva.

La diferencia fundamental está en las casas de máquinas que, en este caso, alojan 10 grupos Kaplan cada una con una potencia de 144 MW. Como ya se indicó, será necesario realizar mayores excavaciones para alojar los tubos de descarga y el montaje de cada grupo deberá ser realizado en el sitio. Estos condicionamientos repercuten en el alargamiento del plazo de construcción, que se estima en aproximadamente 7,5 años y hacen que el ritmo de incorporación de la potencia instalada sea más lento.

Ante la imposibilidad de evacuar parte de la crecida de diseño por las turbinas, el vertedero fue ampliado a 28 vanos de iguales dimensiones y características que los descritos para la alternativa bulbo.

La Figura Nº4 expone la secuencia de las tareas para la construcción y el cronograma de la obra, que al igual que en el caso anterior está sujeto a modificaciones surgidas en el proceso de revisión del informe.

## **2.5 Proyecto Pindo-I**

En la Figura Nº5 se presenta el proyecto desarrollado para el emplazamiento de Pindo-I. Como puede apreciarse la estrechez del sitio es tal que la solución con equipamiento bulbo tuvo que ser descartada desde el inicio.

### **2.5.1 Casa de máquinas y estructuras de transferencia de peces**

Se proyectó sobre la base de utilizar 20 turbinas Kaplan de 144 Mw y 12 m de diámetro cada una, alojadas en una única casa de máquinas ubicada en la parte central del cauce. En los extremos y en el centro de esta obra se ubicaron las estructuras de transferencia para los peces

### **2.5.2 Esclusa**

Inmediatamente hacia la margen derecha desde la casa de máquinas se ubicó una esclusa de navegación de iguales dimensiones que la de Itacurubí con 12 pies de calado y 27 m de manga, seguida de una pequeña presa lateral de material suelto. En este emplazamiento la construcción de la esclusa se ve facilitada por las fundaciones que permiten una significativa economía de costos.

### **2.5.3 Aliviadero**

El aliviadero de 28 vanos equipados con compuertas radiales de 20 m por 15 m, con capacidad de evacuar una crecida de 95.000 m<sup>3</sup>/s, se ubicó entre la isla y la margen izquierda. Está unido a la casa de máquinas por una presa de en-

rocado y se vincula con la margen izquierda mediante una presa de materiales sueltos hasta alcanzar la cota 110 m.s.n.m de similar longitud a la que va desde la esclusa hasta la margen derecha. Igual que en las otras alternativas el cuenco de disipación tendrá 120 m de largo.

#### **2.5.4 Equipamiento eléctrico y estaciones transformadoras**

Se ha previsto la construcción de una estación transformadora en cada margen para permitir la salida de la mitad de la potencia de la central por cada una de ellas y una línea de conexión entre ambas. En cuanto a los transformadores, barras de SF6 y equipos de control serán de las mismas características que los descritos en Itacurubí.

#### **2.5.5 Aspectos constructivos**

Siguiendo las premisas de minimizar los tiempos de construcción aplicando técnicas de fast-track y de fabricación en serie se determinó un programa de construcción que requerirá 8 años en total con el inicio de la generación en el 5º año.

Las obras se iniciarán simultáneamente en ambas márgenes con la creación de los recintos estancos que permitirán la ejecución de la esclusa y la presa lateral de margen derecha y la del aliviadero con su cresta provisoria a la cota de 75 m y la presa lateral de margen izquierda. Completadas estas obras se removerán las ataguías de los recintos y se construirá uno nuevo para alojar la casa de máquinas. El cierre del río se completará con la construcción de la presa de enrocado sobre la isla, que une la casa de máquinas con el aliviadero, y con el recrecimiento de la cresta de este último al nivel definitivo.

#### **2.5.6 Aspectos ambientales**

La proximidad de los dos sitios y el curso encañonado del río hacen que, en margen argentina, no existan diferencias relevantes entre ambos ni desde el punto de vista ambiental ni en las afectaciones. Pindo-í inunda unas 600 ha menos que Itacurubí que corresponden en su mayor parte al valle del arroyo Curupayti que está ubicado inmediatamente al sur de la población de Corpus. En la margen paraguaya el diferencial es mayor porque en el embalse de Itacurubí ingresa por el principal afluente del río Paraná en el tramo, el arroyo Capiibary produciendo la inundación de unas 2000 ha.

De este modo, Pindo-í, con una inundación total del orden de las 12.000 ha distribuidas por mitades entre ambas márgenes, resulta la alternativa con menores efectos ambientales.

### **3. Aspectos económicos**

#### **3.1 Costos y presupuestos**

Si bien la determinación final de los presupuestos de las alternativas analizadas está sujeta a los resultados de las investigaciones geológicas, los datos disponibles permiten anticipar que el costo total de la obra será de u\$s 2.860 millones para Itacurubí, con equipamiento bulbo, en tanto que para las variantes con turbinas Kaplan, en este sitio y en Pindo-í, alcanzará un orden cercano a los u\$s 3.000 millones y u\$s 2.950 millones respectivamente.

Estos montos incluyen el costo de la totalidad de las obras principales y complementarias, los costos de las obras preparatorias y la movilización del constructor, el equipamiento eléctrico y mecánico de la central y los gastos de ingeniería y administración. También se ha computado dentro de los valores indicados, los costos de los programas de relocalizaciones y de preservación del medio ambiente. Dado el nivel de prefactibilidad del estudio, se incluyó un margen de contingencias del 20% sobre la totalidad de los conceptos mencionados en Itacurubí y del 15% en Pindo-í para las construcciones civiles y de 5% en todos los casos para el equipamiento eléctrico y mecánico.

Tomando en consideración que la obra habrá de abastecer distintos mercados, en lugar de estimar el costo de las líneas de transmisión, se optó por adicionar al costo unitario de generación un cargo fijo de u\$s 0,005/KWh por este concepto.

Los gastos de operación y mantenimiento de la central y del programa de gestión ambiental fueron estimados como el 1,0 % de los costos de capital y u\$s 4 millones anuales respectivamente.

#### **3.2 Evaluación económica**

Para la evaluación del proyecto en términos económicos se partió de un análisis de los mercados eléctricos de la Argentina y del Brasil.

En el caso de la Argentina se aprecia una adecuado cobertura del crecimiento esperado de la demanda en la medida que se concreten las inversiones previstas y se mantenga la disponibilidad de gas a bajo precio. En este contexto, la energía generada por el proyecto podría ser requerida a fines de la primera década del 2.000 como fecha temprana.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Para mayores detalles cf. Simulaciones de Operación de Mediano y Largo Plazo 1997-2005; CAMMESA 1996.



En Brasil, con un mercado mucho mayor que el argentino, donde la generación producida por la futura obra tiene una menor significación relativa, existe un déficit de oferta que se intensificará en los próximos años. Los datos disponibles acerca del crecimiento de la demanda eléctrica brasileña, indican que a partir del año 2000 es necesario incorporar anualmente a la oferta el equivalente a la generación total de la obra.<sup>3</sup>

Por lo tanto, el horizonte de mercado para la energía, es la exportación y en un mayor plazo el abastecimiento local

Si bien desde esta óptica podrían haberse utilizado los parámetros de precios brasileños, se ha preferido optar por una posición conservadora tomando como caso base una tarifa de u\$s 0,030/KWh en bornes de la estación transformadora de la central, que se alinea con las proyecciones realizadas para la Argentina.

Para la evaluación económica del proyecto se utilizó una metodología convencional determinando el valor presente del flujo de ingresos por venta de energía a la tarifa indicada y el de las inversiones. También se procedió a calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) de las alternativas.

Utilizando una tasa de descuento del 10 % anual, el costo unitario de generación resulta de aproximadamente u\$s 0,020 / kWh para las distintas alternativas, en tanto que ronda los u\$s 0,025/kWh si la tasa es del 12%

Sin perjuicio de que con el avance del estudio se completará el análisis de las tres alternativas, se decidió trabajar en primera instancia sobre la de Itacurubí (bulbo), y sobre Pindo-i (Kaplan) tomando en consideración las diferencias a su favor en materia de presupuesto y costos.

En el siguiente cuadro se presentan los costos de inversión y la generación de estas variantes, discriminados anualmente durante el periodo de construcción como porcentajes del total

<b>Cronograma de Inversiones y Generación: Itacurubí Bulbo</b>								
<b>Concepto/año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Inversión (%s/Total)</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	
<b>Generación (%s/Total)</b>				<b>4</b>	<b>22</b>	<b>76</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>3</sup> Cf. Expansion of Brazil Electric Systems; Eletrobras Planning & Engineering Directorate, abril de 1998

Cronograma de Inversiones y Generación: Pindo-i Kaplan								
Concepto/año	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión (%s/Total)	5	15	20	23	15	10	10	2
Generación(%s/Total)					10	40	80	100

Los resultados alcanzados, que se encuentran sujetos a revisión por ajustes en el proyecto de ingeniería, ubican la Tasa Interna de Retorno en el orden del 15% para Itacurubí y en el 14% para Pindo-i.

### 3.3 Análisis financiero

La evaluación del proyecto en términos financieros, se desarrolló desde la posición del concesionario analizando su capacidad para generar retornos sobre el capital en acciones, atendiendo adecuadamente a la cancelación del financiamiento requerido durante la construcción.

A este efecto, se elaboraron los flujos de caja correspondientes al periodo de concesión tomando como base el cronograma de inversiones e ingresos bajo una serie de supuestos que se enumeran a continuación.

- **Plazo de concesión:** 30 años
- **Plazo de construcción:** 6 años Itacurubí y 7 años Pindo-i
- **Inicio de generación comercial:** 4 y 5 años respectivamente
- **Aporte de capital:** 30 % de la inversión total
- **Capital de trabajo:** 6 meses de gastos operativos
- **Operación y mantenimiento:** 1,0% de la inversión total
- **Transmisión:** 0,005 u\$\$/Kwh.
- **Condiciones de financiamiento:** Para los préstamos de Bancos Comerciales y Agencias Internacionales se utilizaron tasas de interés del 10,25 % y 7,25% anual y un plazo de amortización de 7 y 15 años respectivamente. Para el financiamiento de proveedores se consideró una tasa del 6,75% y un plazo de 10 años. En los tres casos se adoptó un periodo de gracia de 5 años en coincidencia con el inicio de la generación comercial. Se incluyeron

también los cargos correspondientes por los gastos y comisiones de otorgamiento de los préstamos.

A partir de estos datos, los cálculos realizados con carácter preliminar indican que el retorno sobre el capital accionario del titular de la concesión será superior al 23% a lo largo del periodo de concesión.

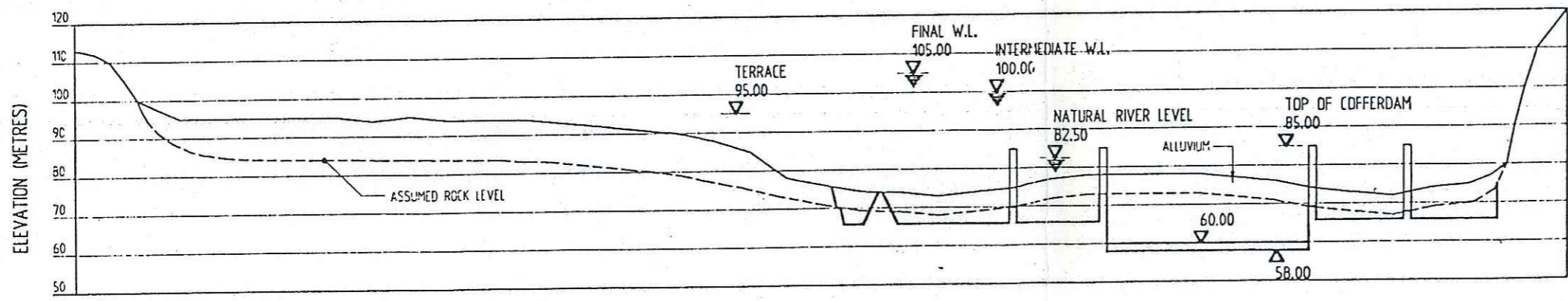
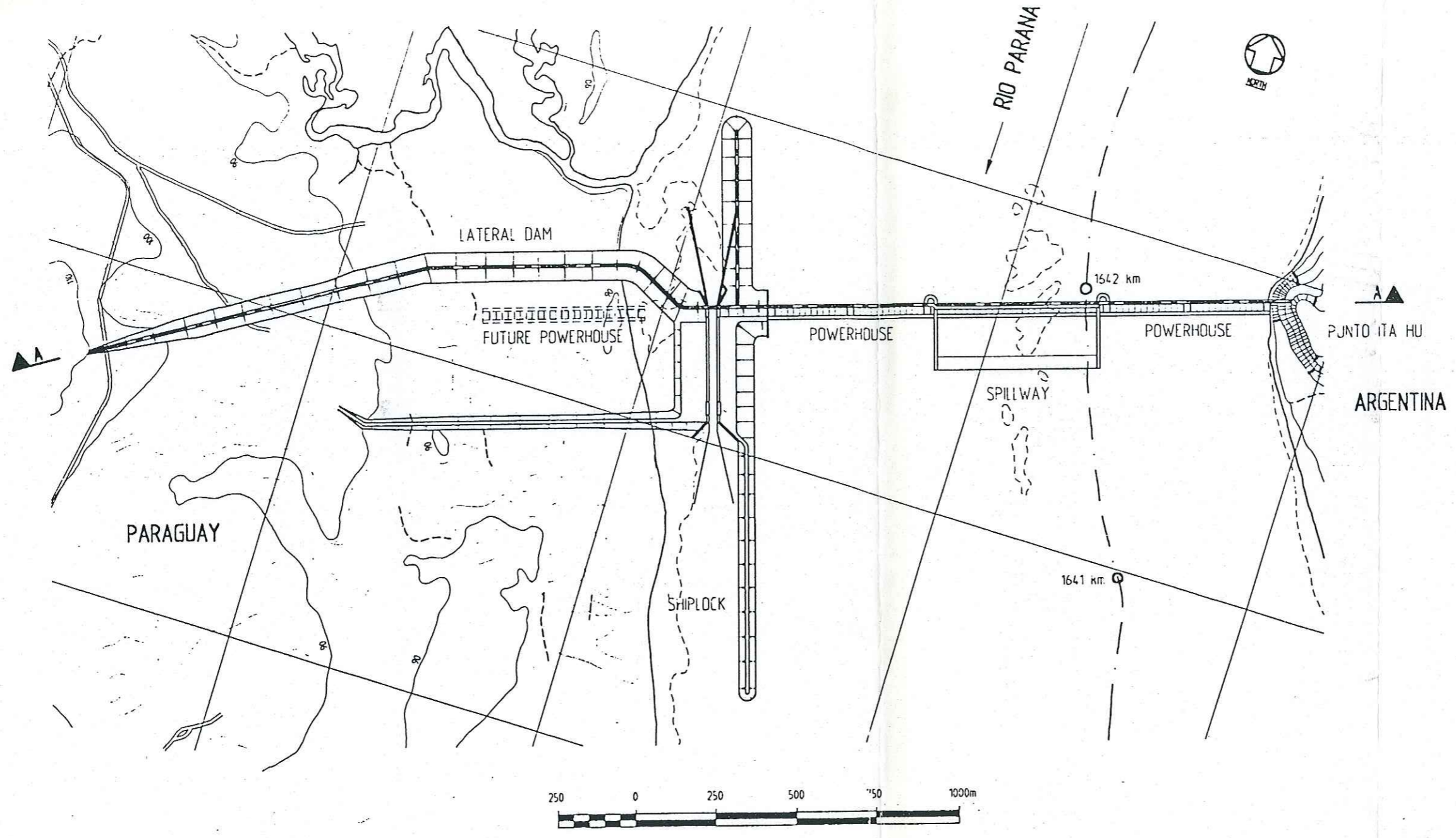
Por su parte, la razón de cobertura de los servicios de la deuda se ubica en el rango 1,5 constituye un indicador satisfactorio acerca de la capacidad de pago de los préstamos.

### 3.4 *Conclusión*

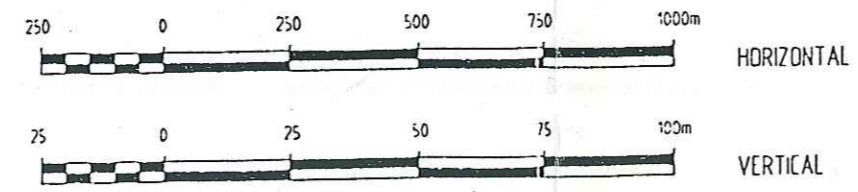
Los resultados obtenidos en la evaluación económica y en el análisis financiero demuestran la viabilidad del proyecto y su atractivo para motivar las decisiones de inversión del sector privado.

En efecto, los elevados indicadores de rentabilidad económica y la presencia del Brasil como mercado de colocación de la energía, contribuyen a justificar el gran volumen de la inversión a realizar y el prolongado periodo de "maduración" de la misma.

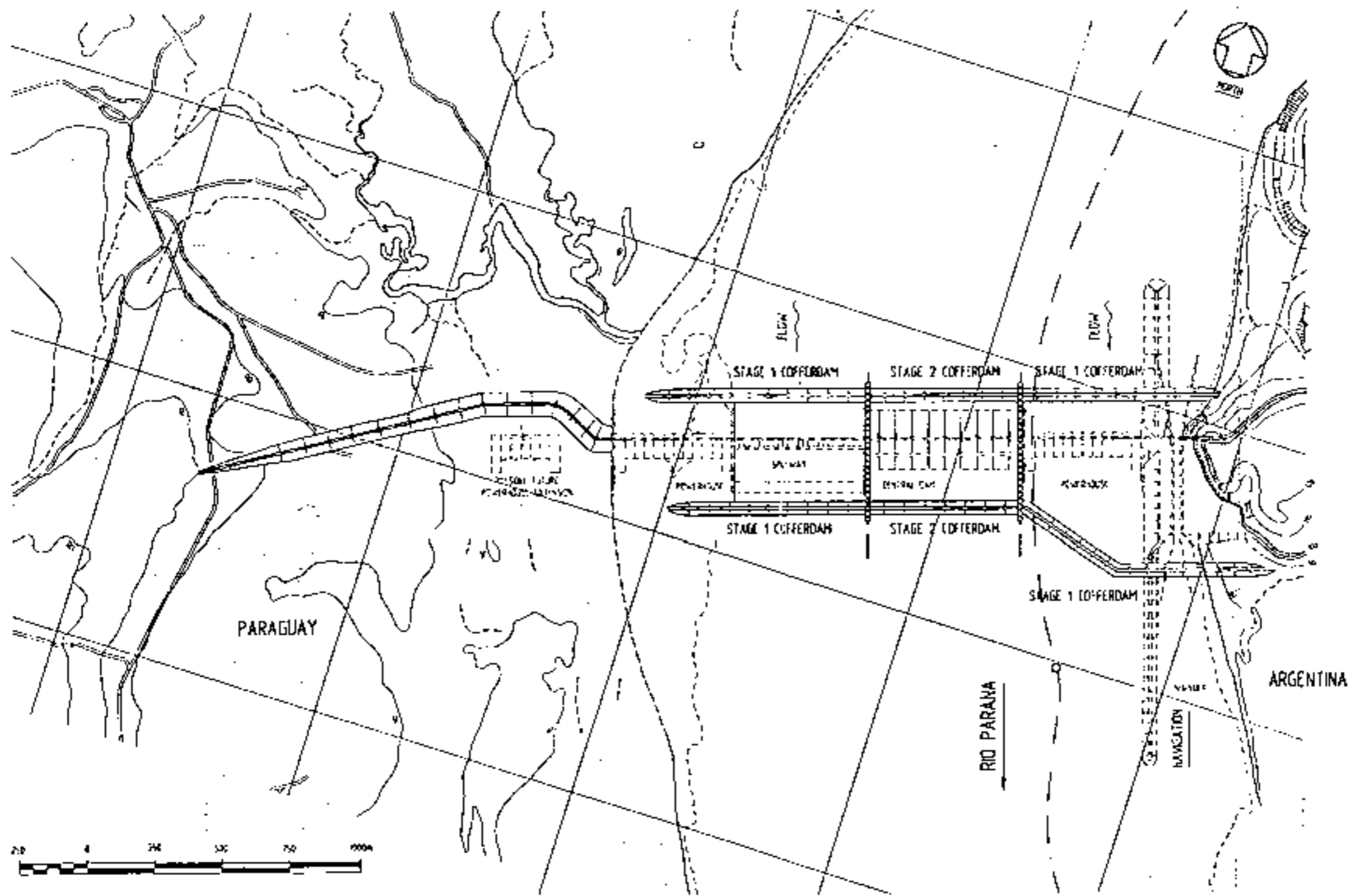
En relación con esto último merecen destacarse las ventajas comparativas del proyecto con respecto a otras obras hidroeléctricas. Ofrece características excepcionales por el bajo costo de inversión por KW instalado (u\$s 990) y por la notable reducción en el periodo de construcción que permiten el empleo del equipamiento bulbo y las técnicas "fast-track".



CORTE A - A



DELEGACIÓN ARGENTINA COMISIÓN MIXTÁ RÍO PARANÁ		
PROYECTO HIDROÉLECTRICO CORPUS CRISTI EMPLAZAMIENTO ITACURUBI DISTRIBUCIÓN GENERAL (OPCIÓN: TURBINAS BULBOS)		
FECHA	NOV. 1996	PLANO No. 10950-85 1000



**CONSTRUCTION SEQUENCE**

**STAGE 1**

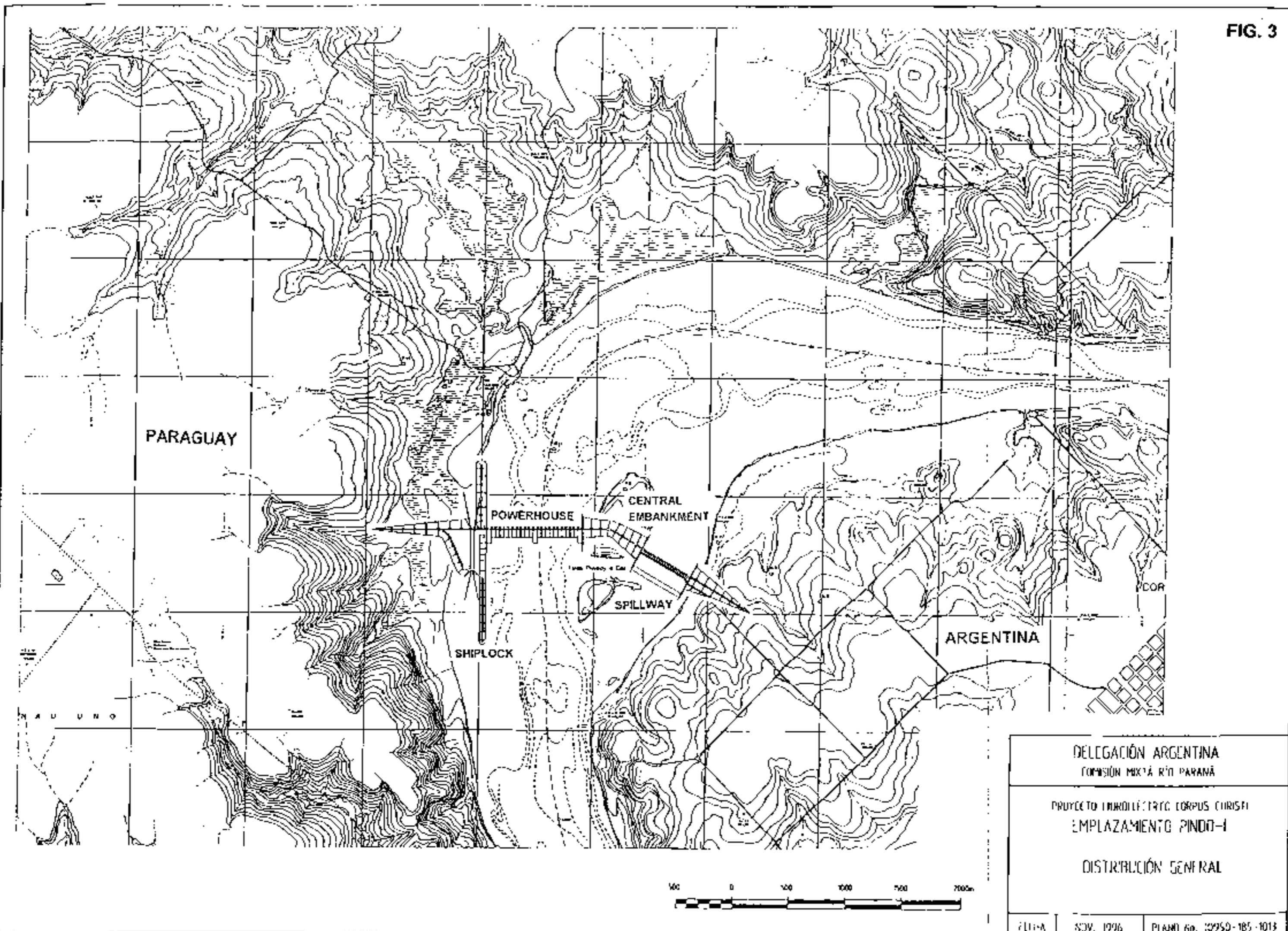
1. CONSTRUCT TENSION WALLS IN RIVER
2. CONSTRUCT STAGE 1 EMBANKMENT COFFERDAMS ON LEFT AND RIGHT BANK OF DAM.
3. DEWATER, EXCAVATE AND CONSTRUCT:
  - LEFT AND RIGHT BANK POWERHOUSE BLOCKS.
  - SILLWAY WITH GATES AND CREST AT EL. 75.00
  - SILLWAY
4. START ASSEMBLY OF M & T PLANT & POWERHOUSE

**STAGE 2**

1. WHEN SILLWAY AND SILL GATE COMPLETED
  - REMOVE STAGE 1 COFFERDAMS AND DIVERT RIVER OVER SILLWAY.
  - PLACE STAGE 2 COFFERDAMS AND CONSTRUCT CENTRAL EMBANKMENT DAM.
2. WHEN POWERHOUSE STRUCTURES SUFFICIENTLY ADVANCED TO WITHSTAND HIGHER UPSTREAM WATER LEVELS.
  - RAISE HEADPOND LEVEL BY CLOSING SILLWAY GATES.
  - UPLIFT TAIL SILLWAY CREST BY RISING SILLWAY GATES ON AT A DAM
3. WHEN SILLWAY FIRST COMPLETE, RAISE HEADPOND TO FINAL LEVEL BY CLOSING AND REGULATING SILLWAY GATES.

DELEGACIÓN ARGENTINA COMISIÓN MIXTA RIO PARANA		
PROYECTO HERRERA (TRINCO CORPUS) EN SU EMPLAZAMIENTO ITACURUBI REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS FASES DE LA DESVIACIÓN DEL RIO (OPCIÓN: KAPLAN)		
1:1000	NOV. 1978	P. 401 DEL 1975 (6) 017

FIG. 3



DELEGACIÓN ARGENTINA  
COMISIÓN MIXTA RÍO PARANÁ

PROYECTO HIDROELÉCTRICO CORPUS CHRISTI  
EMPLAZAMIENTO PINDO-I

DISTRIBUCIÓN GENERAL

# UBICACIÓN DE VARIANTES

