

EL EMBALSE DE LAS TRES GARGANTAS UN MEGAPROYECTO POLÉMICO

José Alberto Herreras Espino.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Vocal titular del Comité Nacional Español de Grandes Presas.

RESUMEN

El proyecto de LAS TRES GARGANTAS se sitúa sobre el río Yangtze que es el tercero en la clasificación jerárquica mundial, tanto por su longitud como por sus aportaciones anuales. Se basa en la construcción de una presa de 175 m de altura que crea un embalse de 39.300 hm³ y permite la instalación de turbinas con una potencia total 18.200 MW. Incrementa de forma notable tanto la navegación en el río entre Chongqing y Shanghai como, especialmente, la protección frente a avenidas aguas abajo. También introduce una serie de efectos ambientales polémicos y, sobre todo, implica el desalojo y reasentamiento de un millón de personas. En el artículo se describen estos temas y se indican las características principales del proyecto así como las inversiones estimadas y los procedimientos de financiación previstos.

ABSTRACT

The THREE GORGES PROJECT is situated on the Yangtze river, which is the third in importance in the World both because of its length and in its annual flow volume. The project involves the construction of a dam of 175 m in height to create a reservoir of 39.300 hm³, and the installation of turbines with a generating capacity of 18.200 MW. It means a great improvement both in navigation on the waterway between Chongqing and Shanghai and in flood protection downstream. At the same time, It implies a number of controversial environmental issues and even more important, the resettlement of one million people. The article discusses these aspects and the main features of the project, as well as the investments needed and the financial procedures envisaged.

JUSTIFICACIÓN

Durante el mes de Mayo de 1993 una delegación del COMITE NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS -formada por Luis Berga, Jesús Yagüe y el autor del presente artículo- se reunió en BEIJING con sus colegas del COMITE CHI-

NO para definir un programa de colaboración técnica entre ambos organismos. Durante nuestra estancia en China tuvimos la oportunidad de visitar el emplazamiento del futuro embalse de LAS TRES GARGANTAS y de celebrar entrevistas con los responsables de los diversos aspectos técnicos, económicos y ambientales de este gigan-

tesco proyecto. Aunque en aquel momento nos prometimos transmitir las características y problemática del tema a los colegas españoles, a través de la *Revista de Obras Públicas*, la realidad de las obligaciones del día a día archivó tan buena intención y alejó su oportunidad.

Sin embargo, en el momento de redactar estas líneas -Julio de 1995- se han producido dos nuevas circunstancias que actualizan el proyecto de LAS TRES GARGANTAS: i) En la Reunión Ejecutiva anual, celebrada este mes en Oslo, de la COMISION INTERNACIONAL DE GRANDES PRESAS (I.C.O.L.D.) se ha elegido a BEIJING como sede para el XX Congreso Mundial que se celebrará el año 2000; ii) Simultáneamente se han producido inundaciones en el río Yangtze -sobre el que se situará la futura presa- que han producido más de mil víctimas y enormes daños materiales.

Resulta, además, que las obras -comenzadas oficialmente el pasado mes de Diciembre-, estarán en su etapa álgida de construcción durante el citado Congreso y serán la joya de la corona de los correspondientes viajes de estudio; en consecuencia parece conveniente empezar a divulgar entre los técnicos españoles el proyecto de LAS TRES GARGANTAS, sus objetivos, dimensiones, dificultades y aspectos polémicos. Ese es el fin y la justificación de las páginas que siguen.

EL RÍO YANGTZE

En el gráfico adjunto se indica la posición del río Yangtze y su cuenca hidrográfica total, de 1.800.000 km², en el conjunto del inmenso territorio chino, así como el emplazamiento donde se situará la presa, cuya cuenca vertiente es del orden del millón de km². El Yangtze nace a 5.800 m de altitud en la meseta de Qhinghai - Tibet y desagua en el Océano Pacífico, en el entorno de la ciudad de Shanghai, después de un recorrido de 6 300 km. Ocupa el tercer lugar entre los ríos del mundo tanto por su longitud -después del Amazonas y del Nilo- como por su aportación hídrica anual, característica en la que el Congo desplaza al Nilo y ocupa el segundo lugar después del Amazonas.

Seguramente la mejor manera de cuantificar las dimensiones del río es compararlas con cifras bien conocidas de nuestro país. Así resulta que la cuenca de aportación al embalse tiene una superficie doble que la de todo nuestro territorio peninsular, mientras que su aportación anual media

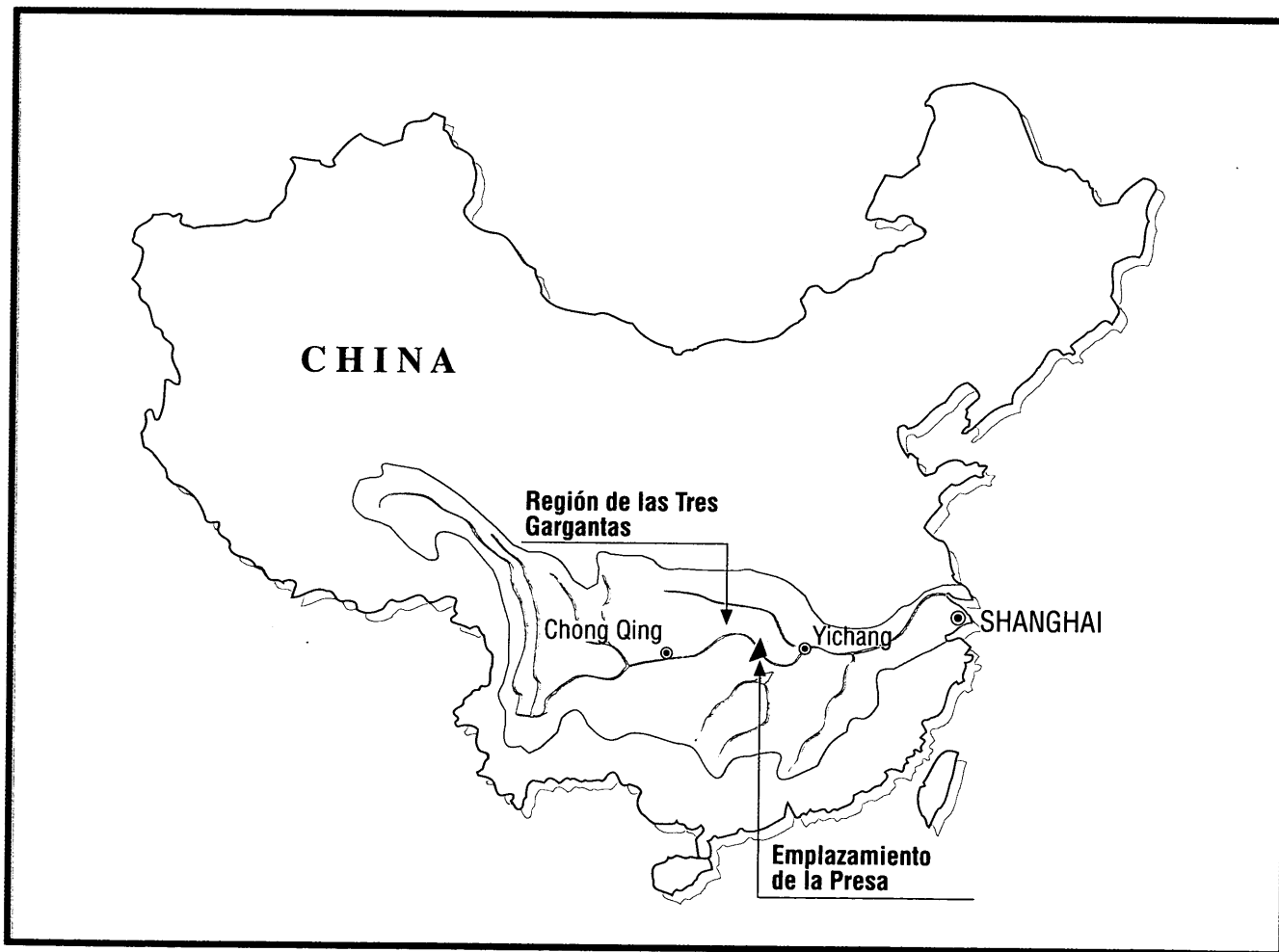
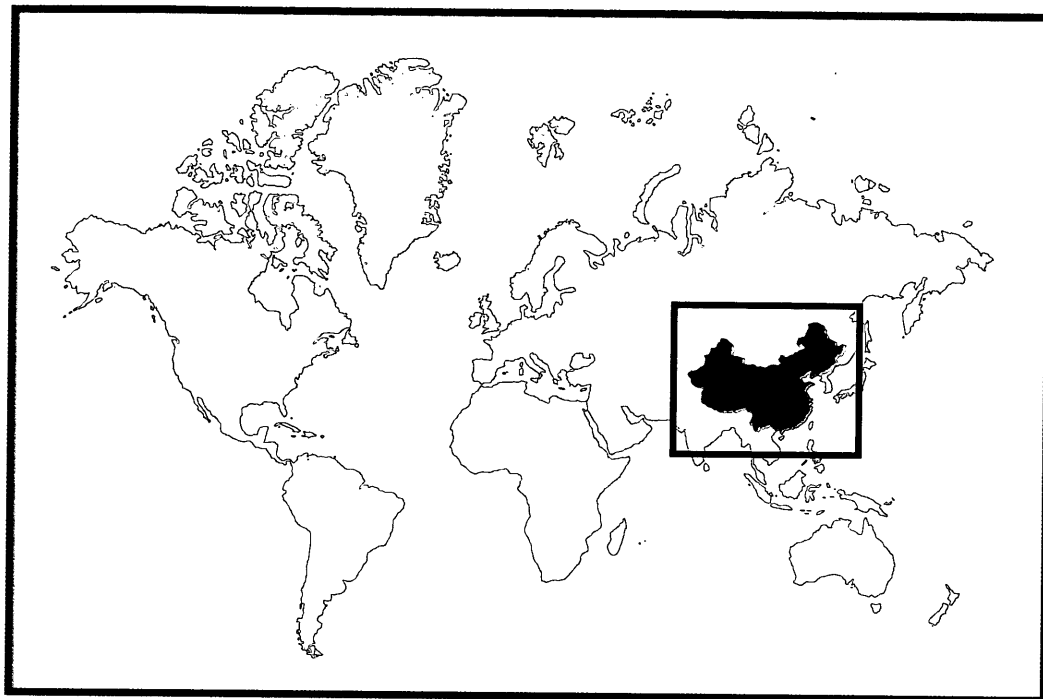
-451 000 hm³- es del orden de cuatro veces la de todos los ríos peninsulares. Otra cifra a tener en cuenta desde el principio la constituyen los 530 millones de toneladas de sedimentos que llegarán cada año al embalse.

LAS TRES GARGANTAS

LAS TRES GARGANTAS es un tramo del río Yangtze de doscientos kilómetros de longitud, aproximadamente, cuyo punto final, el paso de Nanjin, se encuentra situado a unos mil trescientos kilómetros de su desembocadura en Shanghai, mientras que el inicial se puede considerar que es el entorno de la ciudad de Chongqing. Aunque en todo el tramo las márgenes del río son muy abruptas existen tres zonas -Qutang, Wusia y Xiling, en orden descendente por el río- que son realmente gargantas y de ellas toma su nombre la región. En estas gargantas la anchura del río disminuye de forma drástica mientras que las orillas se convierten en desfiladeros de muchos cientos de metros de altura que producen parajes de impresionante espectacularidad. Puesto que, además, la diferencia de cotas del nivel del río entre los dos extremos del tramo es de más de ciento cincuenta metros se producen numerosos rápidos que incrementan la belleza del lugar.

En la salida del desfiladero, -a tres kilómetros aguas abajo del citado paso de Nanjin- ya se instaló, en 1981, una presa -GHEZOUBA- de 70 m de altura que crea un embalse de 1 580 hm³ y eleva el nivel de las aguas en veinte metros, de manera que durante las avenidas la curva de remanso tiene del orden de cien kilómetros de longitud y afecta a toda la garganta de Xiling, pero sin llegar a la de Wusia que es la segunda. Aguas abajo de la presa de GHEZOUBA el valle se abre completamente y la anchura del río pasa de 300 a 2.000 metros; a partir de ese punto es una zona de grandes llanuras, fácilmente inundables, donde viven más de quince millones de personas.

El lugar finalmente seleccionado para la construcción de la presa de LAS TRES GARGANTAS está situado en el lugar denominado SANDOUPING, hacia la mitad de la garganta de Xiling. Las dimensiones del embalse afectarán en este caso todo el tramo del río de las LAS TRES GARGANTAS, lo que ha dado lugar, como se describe después, a una de las principales controversias de las varias que ha suscitado el proyecto.



LAS POSIBILIDADES DEL PROYECTO

El río Yangtze ha sido, como es lógico, el suministrador de agua a lo largo de la historia para todos los usos de la zona llana, fértil y densamente habitada situada aguas abajo del paso de Nan-jin; desgraciadamente también ha sido el causante de numerosas inundaciones cuando sus avenidas desbordaron su cauce natural. En 1954 la inundación produjo 33.000 víctimas y sumergió 3.200.000 ha de tierras cultivadas; como ya se ha dicho, la última, ocurrida este mismo mes, se ha cobrado más de 1.000 vidas. No es de extrañar que, desde antiguo, se hayan hecho los mayores esfuerzos para disminuir los daños de estas inundaciones a base de construir diques y defensas en el río. Sin embargo, la enorme cantidad de sedimentos que transportan las aguas ha elevado el lecho del cauce de manera que, actualmente, durante las avenidas el nivel de las aguas se sitúa entre 6 y 17 metros más alto que el de las llanuras protegidas por los diques. Ante esta situación hace tiempo que se ha pensado en laminar los caudales de avenida mediante su embalse temporal, pero ya se puede intuir que, con las cifras que enmarcan el problema, el embalse necesario tendrá que tener un volumen excepcional.

Es normal, por otra parte, que un río de las características del Yangtze se haya utilizado como medio de transporte para unir, en ambos sentidos, el interior del país con la costa. La idea de poder incrementar sus calados en los pasos difíciles, disponer de caudales suficientes durante los estiajes y disminuir las velocidades durante las avenidas es una ilusión, desarrollada a lo largo de los siglos, cuyo objetivo final es facilitar la navegación e incrementar el tonelaje de los barcos que lo surcan.

En la China actual, con un elevado grado de crecimiento industrial y una gigantesca población, las necesidades de energía son enormes y crecientes. Es evidente que la disponibilidad de un río con los caudales del Yangtze invita a los técnicos a cuantificar sus posibilidades energéticas y a los responsables políticos a evaluar la viabilidad de su aprovechamiento, considerando tanto las indudables ventajas como los posibles inconvenientes.

No se debe olvidar, además, que China, como España, es un país con grandes desequilibrios hídricos desde el punto de vista territorial; la única diferencia consiste en que en China las regiones más áridas y con mayor déficit de agua se encuentran en el Norte y los recursos en el Centro y

en el Sur. Según los planes hidrológicos chinos la eventual utilización de los excedentes hídricos del Yangtze para paliar los déficit de las regiones del Norte, mediante los oportunos trasvases, exige el incremento de la regulación de sus caudales naturales.

Las cuatro posibilidades descritas -lucha contra las avenidas, mejora de la navegación, generación de energía e incremento de recursos hídricos regulados- han catalizado la imaginación de numerosos técnicos y estudiosos chinos a lo largo de décadas hasta que, finalmente, sus esfuerzos se han plasmado en la solución elegida que se describe posteriormente.

LOS PROBLEMAS PRINCIPALES

El principal problema que, desde siempre, ha presentado la construcción de la presa de LAS TRES GARGANTAS lo constituye la afección a más de un millón de personas que significará la inundación permanente producida por el embalse. El desplazamiento de un millón de personas es una cifra que, en términos absolutos, es difícil de imaginar en cualquier otro país que no sea China; incluso en términos relativos es fantástica ya que, por ejemplo, sería equivalente a tener que desalojar en España 40.000 habitantes debido a la construcción de una sola presa, cuando las estimaciones actuales suponen que el total de habitantes que han sido reasentados con motivo de la inundación producida por las más de mil presas españolas existentes apenas supera la cifra de los 60.000.

Como es natural el Gobierno chino ha tomado las medidas oportunas para el reasentamiento de todas estas personas mediante un programa orientado al desarrollo integral de los habitantes desalojados y no solamente a la correspondiente compensación económica que, además, no sería muy importante por cuanto, desde el punto de vista productivo, los terrenos inundados no son de gran valor. Es evidente, sin embargo, que los trabajos y dificultades inherentes a la tarea que impone el reasentamiento de un millón de personas es, sin duda, muy superior a los correspondientes a la faceta técnica por más impresionantes que éstos sean, que lo son.

La segunda gran dificultad que se produce es la derivada de los efectos negativos de la presa y embalse desde el punto de vista medioambiental.

He aquí los identificados en el estudio realizado al efecto:

- ▼ a) Los vertidos de aguas residuales que llegarán al embalse serán del orden de 1.000 hm³ en la situación de desarrollo actual y están muy lejos de cumplir los requisitos de calidad requeridos. La disminución de velocidad del agua y el aumento del calado que producirá el embalse reducirán la purificación natural e incrementarán la polución de las márgenes.
- ▼ b) Se modificará la estructura de los ecosistemas acuáticos.
- ▼ c) El movimiento de los sedimentos a lo largo del río cambiará de forma notable, lo que puede influir sobre los canales de navegación, los puertos fluviales y las estructuras de suministro y drenaje.
- ▼ d) Algunos de los monumentos históricos y arqueológicos existentes podrían quedar inundados.
- ▼ e) El efecto escénico del paisaje puede quedar afectado por el incremento de calado del río.

Algunos de estos aspectos -especialmente los relacionados con la afección al paisaje o al futuro de algunas especies en extinción, como son el delfín y el esturión chinos- han creado una polémica de ámbito mundial. De acuerdo con la información proporcionada por las autoridades chinas todos ellos han sido tenidos en cuenta y se proporcionarán las medidas oportunas para que no se produzcan grandes daños y en ningún caso pérdidas medio ambientales irreparables.

La última gran dificultad que se produce es la proporcionada por la ingente cantidad de sedimentos que transporta el río; si quedaran totalmente atrapados en el embalse no sólo disminuirían su vida útil sino que afectarían a la conservación de las llanuras situadas aguas abajo. El resultado de los innumerables estudios y modelos, tanto físicos como matemáticos, realizados en el marco del proyecto -teniendo en cuenta la indudable experiencia real de los técnicos chinos en el manejo de sedimentos- ha permitido concluir a las autoridades chinas que el problema tiene soluciones viables; así, según los mencionados cálculos, después de cien años de explotación el embalse y el río habrán alcanzado un punto de equilibrio en relación con los sedimentos entrantes y salientes, mientras que para entonces su capacidad efectiva

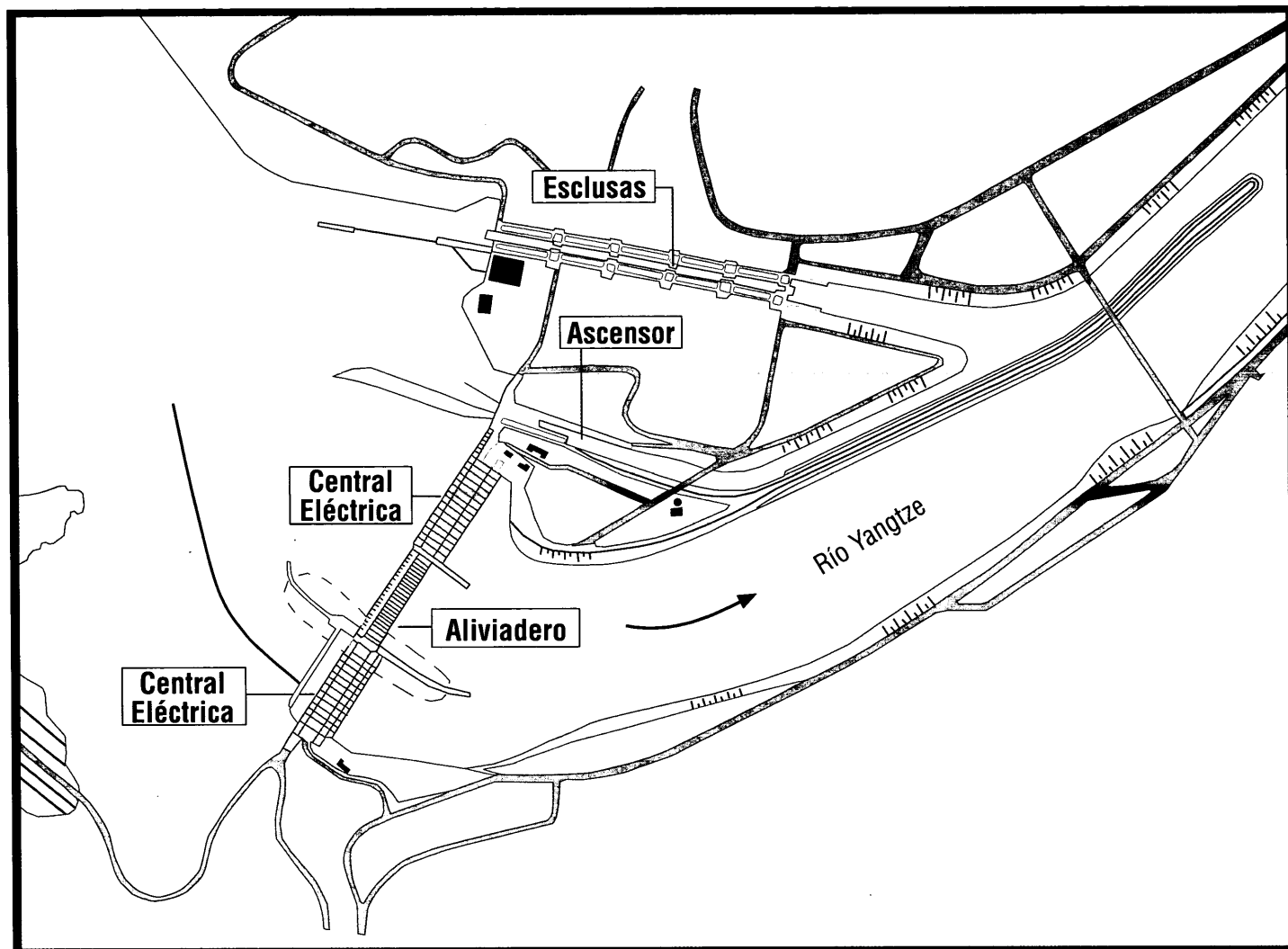
estará comprendida entre el 86% y el 92% de la inicial.

LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución finalmente elegida -después del detenido análisis de numerosas alternativas- trata de resolver de la forma más adecuada las diferentes dificultades y conseguir los objetivos propuestos. Entre las primeras se encuentra la problemática del desvío del río durante la construcción -que en un río del calado, casi sesenta metros, y el caudal del Yangtze no es un problema menor- y entre los segundos la necesidad de que el embalse tenga una gran capacidad, para laminar los volúmenes de las avenidas, y la presa el desarrollo suficiente para, además de permitir el paso de los caudales de avenidas, lograr implantar las numerosas turbinas de la central hidroeléctrica así como las esclusas que han de permitir a los barcos salvar el desnivel entre aguas arriba y aguas abajo creado por la presa.

En el croquis adjunto se indica la situación de los diferentes elementos que, desde la margen derecha hacia la izquierda, son los siguientes.

- ▼ a) Un tramo de casi 600 m de longitud de una presa de gravedad -con su coronación situada a la cota 185- y en la que se albergan 12 turbinas Francis de 700 MW de potencia instalada cada una. Dado que la cota mínima de la presa es la 10 resulta una altura de presa de 175 m, con un embalse máximo de 39.300 hm³.
- ▼ b) El aliviadero, de casi 500 m de longitud. Está dotado de 22 compuertas de superficie y de 23 desagües de fondo. Las primeras tienen una anchura neta de 8 metros y el nivel del umbral situado a la cota 158; por su parte los desagües de fondo son aberturas de 7 x 9 m cuya cota de entrada es la 90. La avenida de proyecto -utilizada para dimensionar la presa- corresponde a la avenida de 1 000 años de período de retorno, pero se ha comprobado su capacidad para resistir la de 10.000 años, incrementando el caudal punta de ésta en un 10% como margen adicional de seguridad. El caudal máximo que puede desaguar sin verter por coronación es de 116.000 m³/s. En todo caso el embalse permitirá manejar las avenidas de manera que la protección que se consigue para las tierras de aguas abajo significa



incrementar el período de retorno de las avenidas que no desbordan los diques de protección existentes desde los 10 años actuales hasta 100 años una vez construida la presa.

▼ c) Otro tramo de sección de gravedad de casi 650 m de longitud, semejante a la ya descrita, donde se albergan otras 14 turbinas idénticas a las anteriores. Resulta, por lo tanto, que cuando la presa esté terminada la potencia total instalada será de 18.200 MW, lo que supone 1.000 MW más que toda la potencia hidroeléctrica instalada en España; dado que los caudales medios son muy altos se podrá generar anualmente la enorme cantidad de energía de 85 TWh que es la mitad de la total anual producida por las centrales, de todo tipo, que generan energía en España. Según los cálculos efectuados la energía producida

por las turbinas de este embalse es equivalente a la que producirían, cada año, 40 millones de toneladas de carbón. Una idea más gráfica de lo que significa esta cantidad de carbón se puede obtener sabiendo que si se explotara en una mina a cielo abierto habría que excavar un agujero cúbico del orden de 300 m de lado cada año... lo que no cabe duda que también tendría sus repercusiones sobre el medio ambiente, incluso antes de quemarlo, y crearía, además, una cantidad gigantesca de dióxido de carbono.

▼ d) Un ascensor vertical -para barcos de hasta 3.000 t y calado de 3,5 m- con unas dimensiones de 120 m de longitud por 18 m de anchura.

▼ e) Una esclusa capaz para el paso de barcos de hasta 10.000 t y calado de 5 m de for-

ma permanente -por cuanto el caudal mínimo del río se incrementará desde 3.000 m³/s a más de 5.000 m³/s- que podrán viajar desde Chongqing hasta Shanghai. La esclusa es de doble sentido con cinco escalones, cada uno de los cuales tiene unas dimensiones de 280 m de longitud por 34 m de anchura. La navegación por el río se incrementará desde los 10 millones de toneladas anuales a más de 50 millones.

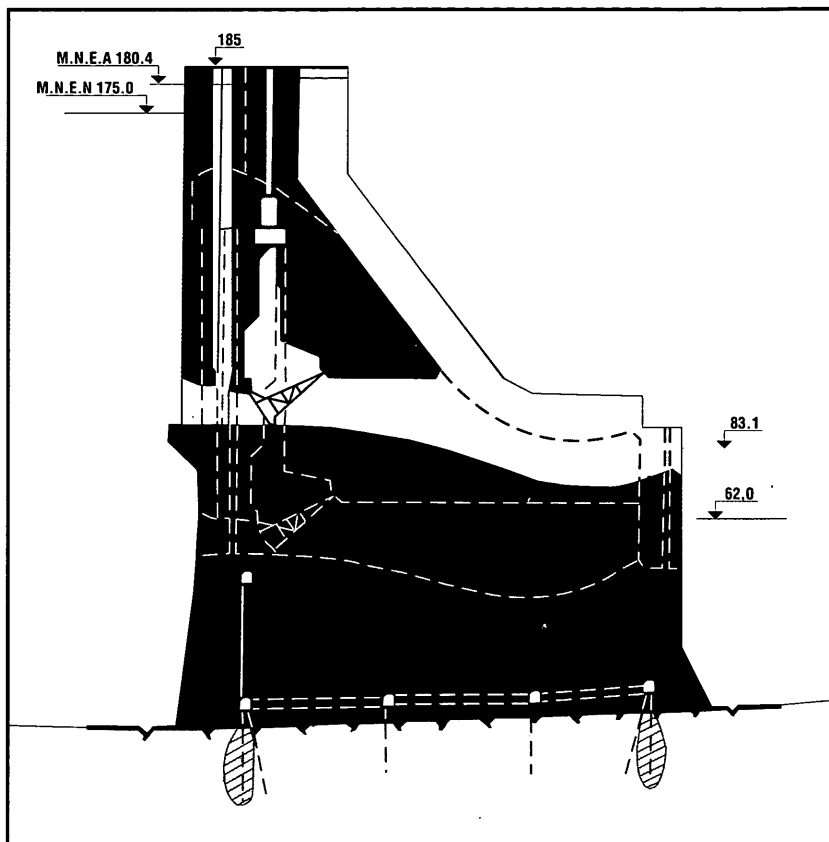
PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

A grandes rasgos el programa de construcción previsto permitirá generar la primera energía en el año 2003 mientras que el proyecto estará completamente terminado en el 2009. Teniendo en cuenta que los trabajos preparatorios comenzaron en 1993 resulta que la duración total de los trabajos será de diecisiete años.

Para la desviación del río -que es una de las operaciones más difíciles- se ha contado con la inestimable experiencia obtenida en los trabajos de cierre del río Yangtzé durante la construcción de la presa de GHEZOUBA, así como con la existencia de la isla de Sandouping en las inmediaciones de la margen derecha que, precisamente, fue una de las razones para seleccionar el emplazamiento.

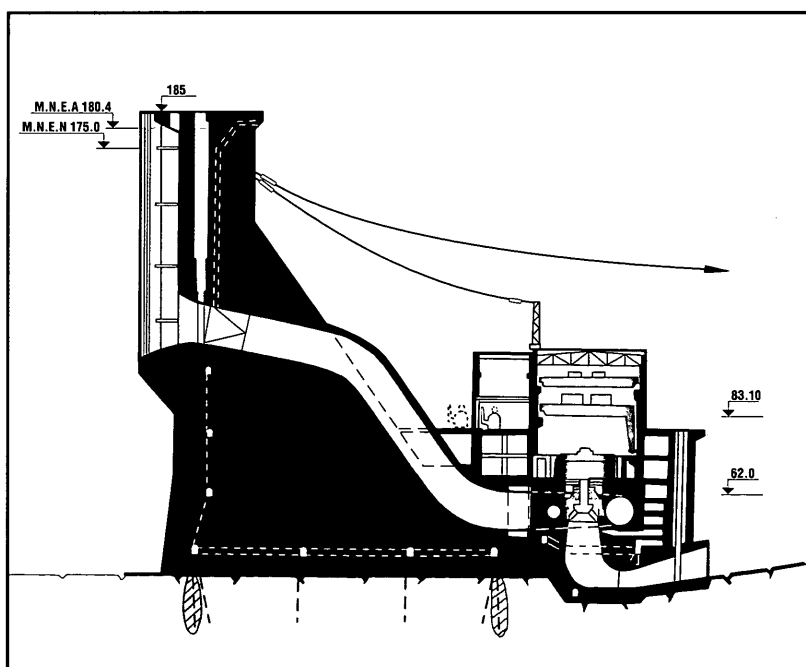
Las primeras operaciones, ya comenzadas, consistirán en la unión de la citada isla con la margen derecha mediante las correspondientes ataguías transversales aguas arriba y aguas abajo, de manera que una vez terminadas se pueda excavar en seco el canal de derivación por el que se desviará el río durante la construcción de las zonas centrales de la presa donde el río tiene los mayores calados; también se construirá sobre la isla durante esta etapa la ataguía longitudinal -que por cierto será de hormigón compactado- lo cual permitirá aislar el recinto de construcción del canal de desvío. Simultáneamente se realizarán en la margen izquierda los trabajos correspondientes a una esclusa temporal adecuada a los barcos que transitan actualmente por el río. Esta fase terminará en 1997.

Durante la segunda etapa (1998-2003) -una vez derivado el río por el citado canal- se realizarán las ataguías en el río propiamente dicho y se procederá a la construcción del aliviadero, de la central hidroeléctrica de la margen izquierda y



del ascensor así como de las esclusas definitivas. Durante esta fase los barcos podrán pasar por el canal de derivación o bien por la esclusa provisional.

Sección por el Aliviadero. Abajo, sección por la Central Eléctrica.



TIPOLOGÍA DE LA OBRA	EXCAVACIÓN (10 ⁶ m ³)	TIERRAS (10 ⁶ m ³)	HORMIGÓN (10 ⁶ m ³)	ARMADURAS (10 ³ t)	ACEROS (10 ³ t)
PRESA	5,8	-	14,9	107	30
CENTRALES	17,1	2,1	2,9	98	129
ESCLUSAS Y					
ASCENSOR	58,1	5,5	5,7	145	10 ³
DESVÍO	21,5	21,7	3,7	4	19
TOTAL	102,5	29,3	27,2	354	281

Durante la tercera y última fase (2004-2009) se construirá una ataguía de hormigón compactado para aislar la margen derecha y construir la central correspondiente y que, simultáneamente, permitirá embalsar hasta la cota 135. Los caudales del río serán desaguados a través de los desagües de fondo y de portillos temporales en el aliviadero.

CIFRAS BÁSICAS, INVERSIONES Y FINANCIACIÓN

En el cuadro adjunto se resumen las principales cifras de obras e instalaciones que, seguramente, proporcionarán una idea clara de las dimensiones del proyecto.

El coste total estimado para el proyecto, incluyendo tanto los intereses durante la construcción como la inflación, se ha estimado en 25.000 millones de \$ U.S.A. de los que aproximadamente el 40% corresponden al coste de los reasentamientos. Dado que la construcción de las obras es de diecisiete años mientras que las previstas para España en el Plan Hidrológico Nacional corresponden a un plazo de veinte años y están estimadas en 3.600.000 millones de pesetas resultan cifras bastante semejantes. Es decir, que este único proyecto significaría una inversión para China del mismo orden, en cifras absolutas, que todas las actividades del P.H.N. para el conjunto del territorio español.

De acuerdo con el programa de construcción e instalación solamente se podrá empezar a producir energía a partir del undécimo año; ese mismo año se habrá mejorado notablemente la navegación y, sin duda, el embalse parcial logrado permitirá laminar en alguna medida las eventuales avenidas. Sin embargo, no será hasta la terminación completa de las obras, después de diecisiete años

de comenzadas, que se obtendrán todos los ingresos y objetivos del proyecto. No cabe duda que tales plazos han de influir no solo sobre el coste sino sobre los procedimientos de financiación.

Los estudios realizados al respecto han permitido concluir que la financiación del proyecto tendrá las tres fases siguientes:

- ▼ a) 1993-2005. En esta etapa todas las inversiones serán realizadas con cargo a los préstamos y no se producirá ninguna amortización de capital.
- ▼ b) 2006-2012. Etapa de inversiones y amortizaciones de capital. Se supone que en el año 2006 se alcanzará el equilibrio entre los ingresos del proyecto y la devolución de los préstamos.
- ▼ c) 2012 en adelante. Se habrán terminado las inversiones. Los ingresos no solamente permitirán la amortización de los préstamos sino que generarán grandes beneficios.

Los capitales totales para financiar el proyecto precederán de los siguientes fuentes:

- ▼ a) Una tasa por cada Kwh que se venda en toda China.
- ▼ b) Los beneficios totales que se obtengan del complejo hidroeléctrico de GEZHOUBA que ha sido transferido a la agencia estatal encargada del desarrollo de LAS TRES GARGANTAS.
- ▼ c) Préstamos gestionados directamente para la citada agencia estatal.
- ▼ d) Préstamos procedentes de Bancos oficiales chinos.
- ▼ e) Obligaciones ofrecidas al mercado extranjero.
- ▼ f) Créditos extranjeros a la exportación.

CONCLUSIONES

La intención de estas breves páginas es, simplemente, proporcionar unas breves pinceladas respecto a las dimensiones y problemática del proyecto de LAS TRES GARGANTAS. Si además logran interesar lo suficiente a los colegas españoles para, en su día, decidir visitar LAS TRES GARGANTAS habrán conseguido plenamente su objetivo.

Tanto el emplazamiento de la presa como la incidencia del embalse sobre el medio ambiente han suscitado numerosas polémicas -sobre todo en el exterior de China- que, según sus responsables técnicos y políticos, están completamente superadas por los estudios realizados y las consecuentes medidas y precauciones tomadas.

El reasentamiento del millón de personas también ha generado fuertes protestas exteriores; la contestación de los responsables se centra en las inversiones dedicadas al reasentamiento de estas personas, basada en la construcción de nuevas

ciudades y en el desarrollo de agriculturas e industrias modernas, con objeto de proporcionarles mejor trabajo y condiciones de vida que las que tienen actualmente.

No cabe duda tampoco sobre la ingente magnitud de los beneficios proporcionados por la energía generada, el incremento y seguridad de la navegación y los nuevos caudales regulados, amén de la disminución de los daños generados por las inundaciones. El balance entre beneficios y ventajas por un lado y efectos negativos por otro es ampliamente positivo, según informan los estudios disponibles. Antes de suscitar cualquier escepticismo sobre ellos parece razonable detenerse a pensar que será difícil, por no decir imposible, que puedan tener la misma óptica opiniones procedentes de personas inmersas en países con rentas per capita superiores a los 15.000 \$/año que aquellos otros que, como los chinos, aspiran a tener 1 000 \$/año per capita a finales de siglo merced a proyectos como el de LAS TRES GARGANTAS. ●