

EL RÍO YANGTZE Y LA PRESA DE LAS TRES GARGANTAS

Luis Berga Casafont.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
de Barcelona.*

Jesús Yagüe Córdoba.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Dirección General de Obras Hidráulicas y de Calidad de las Aguas.

Gaspar Zaragoza Gomis.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Dirección General de Obras Hidráulicas y de Calidad de las Aguas.

Enrique Cifres Giménez.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Confederación Hidrográfica del Júcar.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Valencia.

RESUMEN

El río Yangtze es el tercer río más largo y caudaloso del mundo, y constituye uno de los ejes vitales para el desarrollo de la China. Pero también a lo largo de la historia ha significado uno de los peligros más importantes para la población asentada en sus llanuras de inundación, allí se han producido gran parte de las inundaciones históricas más catastróficas de la tierra.

En este artículo se describen las características del río Yangtze, principalmente en el tramo final de su curso alto, donde se ubican las Tres Gargantes. Se hace una reseña de la Presa de las Tres Gargantas y de su estado actual de construcción, desarrollando las peculiares características hidrológicas, y su importante papel en la mitigación de los daños producidos por las avenidas.

ABSTRACT

The Yangste, the third largest and longest river in the world, is a vital element in the development of China, but it has always been a menace to the population of the area which has suffered some of the most disastrous floods ever known.

This article gives some characteristics of the Yangste River, particularly the final stretch of the upper course, the site of the Three Gorges. Some details are given of the great dam under construction at this point and the present state of the project. An outline is given of the special hydrological features of the construction and of their importance in mitigating the damage caused by flooding.

trabaja, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de abril de 1998.

Recibido en ROP:
diciembre de 1997

1. INTRODUCCIÓN

China con 9.600.000 Km² de extensión es la nación más poblada del planeta con unos 1.200 millones de habitantes, lo que constituye algo más de la quinta parte de la población mundial. Su densidad media es de 127 hab./Km², concentrándose la mayor parte de su población en las áreas costeras y en el sudeste del país, estando su zona occidental muy despoblada, como la meseta Qinghai-Tibet con valores inferiores a 10 hab./Km².

Es de todos conocido el gran desarrollo económico que está alcanzando la China en las últimas décadas, con un Producto Nacional Bruto que se ha multiplicado 2.6 veces desde los años 80, y con un crecimiento anual muy alto, de alrededor del 10% en los últimos años. De esta forma forma se evalúa que en los primeros años del próximo siglo la China tendrá un producto interior bruto de unos 9.8 billones de dólares, frente a los 9.7 billones de dólares de los Estados Unidos, convirtiéndose así en uno de los principales polos de la economía mundial. Su estructura económica y social, con un 70% de población rural, su crecimiento demográfico, y su baja disponibilidad de recursos naturales debe acomodarse a esta gran expansión económica, y debe hacer frente a graves problemas medioambientales, compatibilizándolo con una mejor utilización de sus recursos, dentro de un desarrollo sostenible en la mayor medida posible (1,2).

En cuanto a los recursos hidráulicos cabe señalar que la precipitación media anual es de 630 mm., lo que da lugar a unas aportaciones medias anuales de 2.700 Km³/año. Ello significa unos recursos totales per cápita de 2.300 m³/habitante y año (en España los recursos son de 2.900 m³/hab.año), pero con unas grandes diferencias entre las cuencas del sur del país con valores superiores a los 2.400 m³/hab.año, y las zonas del norte que

no alcanzan los 250 m³/hab.año. Así, siendo la China el sexto país del mundo en cuanto a aportaciones de sus ríos, ocupa el lugar 88 en el ranking de los recursos per cápita (3). Los ríos más importantes de la China nacen en las zonas altas de la meseta Qinghai-Tibet (Fig.1), y debido a la orografía escalonada del país siguen la dirección este hasta desembocar en las costas del Océano Pacífico. Sus principales características se muestran en el Cuadro nº1 (4, 5, 6).

El régimen hidrológico de los ríos Chinos, presenta una gran irregularidad temporal y un gran desequilibrio espacial, por lo que el país ha venido construyendo una gran cantidad de presas, existiendo en la actualidad unas 20.000 grandes presas (presas con altura superior a los 15 m), lo que significa el primer país del mundo en cuanto al número de grandes presas (4, 7).

Una de las características más significativas de los ríos chinos es su elevado potencial hidroeléctrico, debido a la conjunción de sus grandes caudales en orografías con grandes saltos, lo que hace que el potencial Chino sea uno de los mayores del mundo. El potencial hidroeléctrico teórico se ha evaluado en 676 Gw, con una generación anual de 5.920 Twh. El técnicamente explotable es de 379 Gw, con una generación anual de 1.932 Twh, encontrándose en el río Yangtze (Río Chiangjiang) el 53% de este potencial hidroeléctrico, y el potencial hidroeléctrico económicamente explotable es de 297 Gw, con una generación anual de 1.260 Twh, lo que representa el primer potencial hidroeléctrico mundial. A finales de 1.994 la potencia hidroeléctrica instalada era de 48 Gw, con una producción anual de 170 Twh, preveándose que para el año 2.000 la potencia instalada supera los 70 Gw (8, 9).

El objeto de este artículo es la descripción de las características del río Yangtze, principalmente en su tramo final de su cur-

CUADRO Nº 1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS RÍOS MÁS IMPORTANTES DE CHINA

RÍO	LONGITUD (KM)	SUPERFICIE CUENCA (x10 ³ Km ²)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (MM)	APORTACIÓN MEDIA ANUAL (x10 ⁹ M ³)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA MEDIO	MÓDULO ANUAL (L/S/Km ²)	DESNIVEL (M)
YANGTZE	6300	1800	1100	1000	0,50	17,61	5800
AMARILLO	5464	752	461	56	0,18	2,64	4830
PERLAS	2216	438	1480	341	0,53	24,80	2136
SONGHUA	1956	546	578	71	0,22	4,10	1634
LIAOHE	1390	219	476	14	0,14	2,10	1200
HAIHE	1090	265	556	23	0,16	2,79	-
HUAIHE	1000	189	920	46	0,27	7,72	200

Fig. 1. Principales ríos de la China.



so alto, y del estado actual de la construcción de la presa de las Tres Gargantas, todo ello con motivo de la visita que en el mes de Abril de 1997 hemos realizado una representación del Comité Nacional Español de Grandes Presas, formada por J.Yagüe, G. Zaragoza, E.Cifres y L. Berga, dentro de las actividades del Convenio suscrito entre el Comité Nacional Chino de Grandes Presas y y el Comité Español.

2. EL RÍO YANGTZE

El río Yangtze con sus 6.300 Km de longitud es el más largo de la China, y el tercero del mundo después del Amazonas y el Nilo. Constituye junto con el Huang He (río Amarillo) la cuna de la nación china. Su lugar de nacimiento ha sido motivo de leyendas y mitos durante muchos milenios y se ha tenido que esperar hasta el año 1976 para que

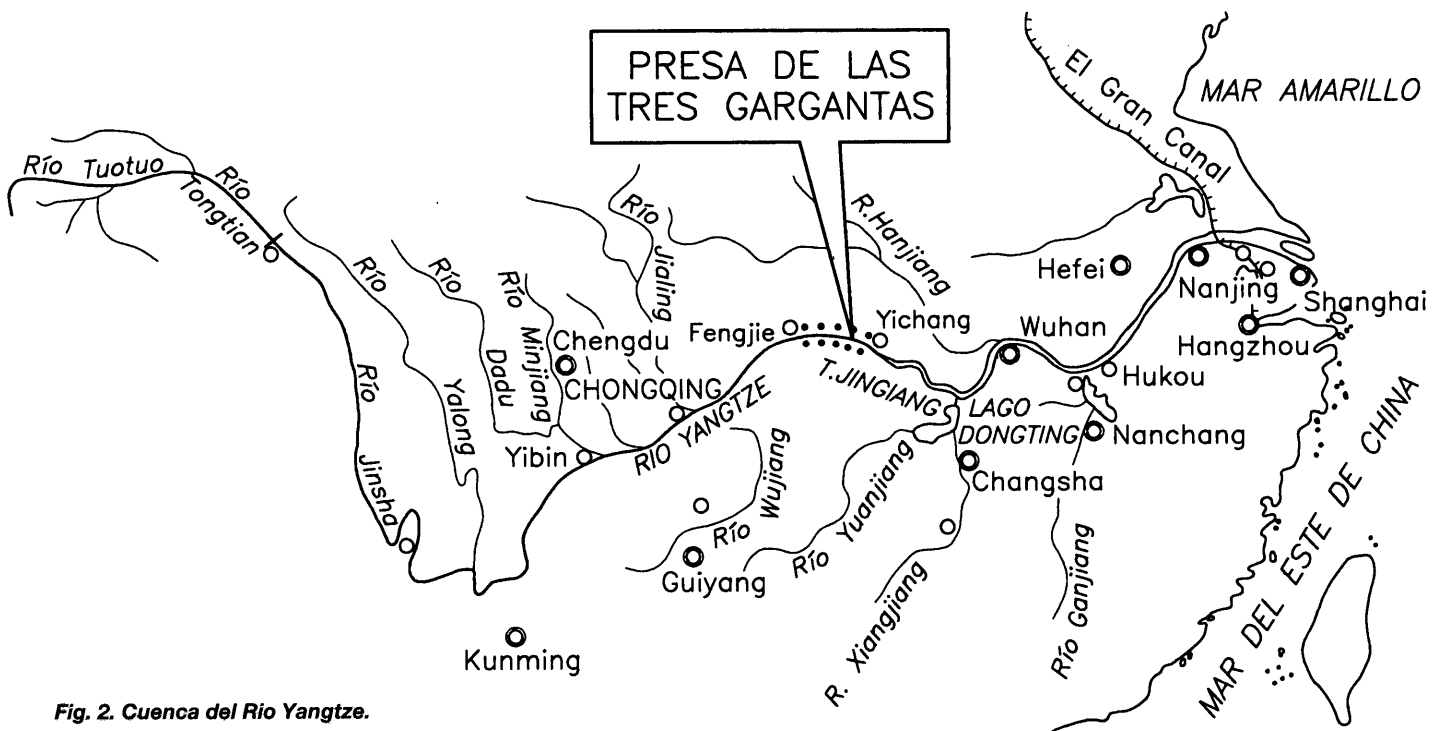


Fig. 2. Cuenca del Río Yangtze.

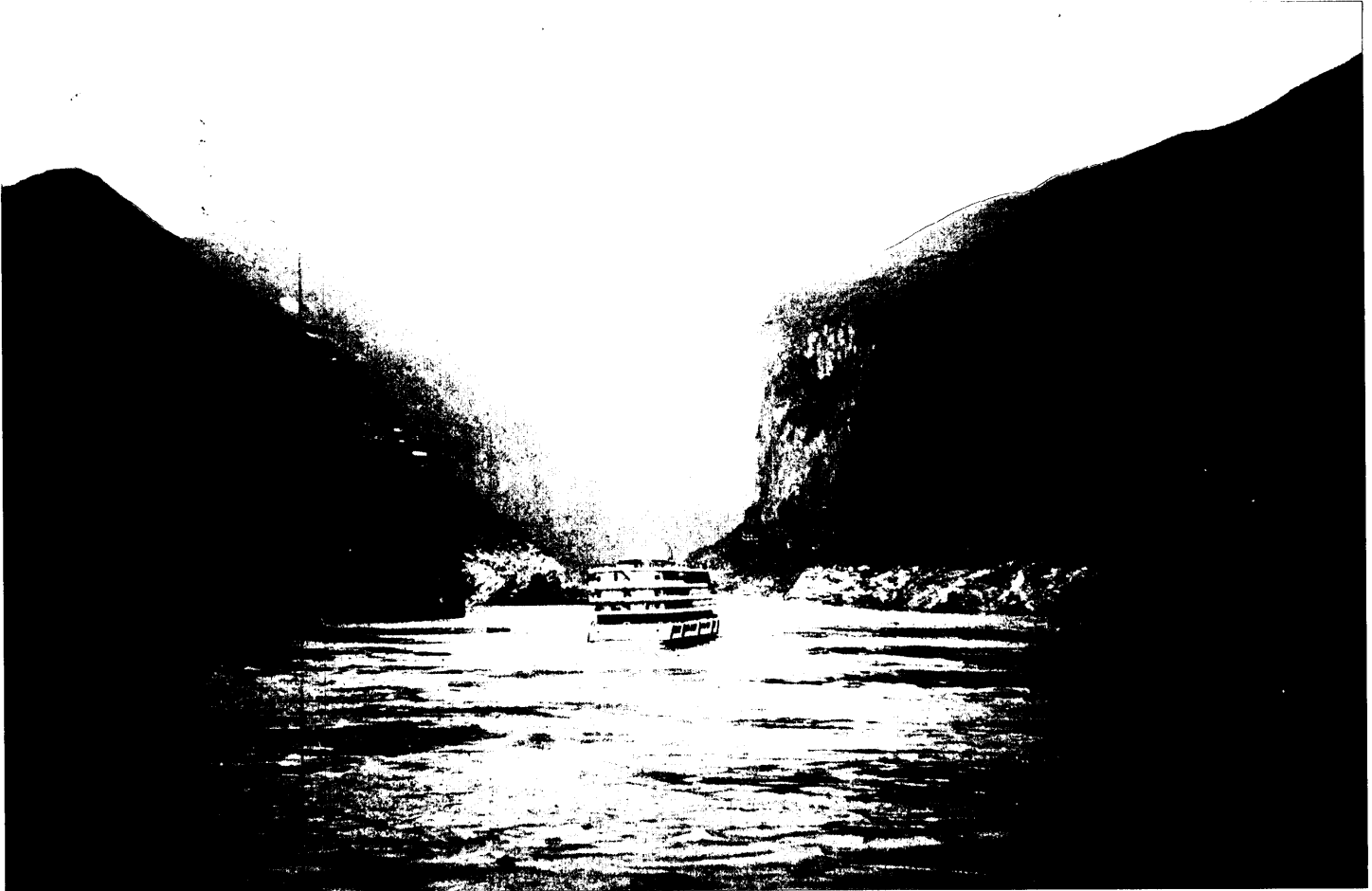
una expedición gubernamental localizara el verdadero nacimiento del río más importante de la China, en la meseta Qinghai-Tibet, en la cordillera Tanguia donde se encuentra el glaciar Janggaingting a 5.800 m de altitud (10) (Fig. 2). Ello ha dado lugar a que desde su nacimiento el río tenga diferentes nombres: sus primeros 375 Km río Tuotuo, los 813 Km siguientes Tongtian, y los 2.308 Km siguientes Jinsha, hasta la proximidad de la ciudad de Yibin donde ya adquiere el nombre de río Changjiang o el más conocido de río Yangtze (11-14). El río se divide en tres tramos principales: 1º. Curso alto de unos 4.500 Km, que va desde su nacimiento en el río Tuotuo hasta la ciudad de Yichang, 2º Curso medio de unos 1.000 Km desde Yichang hasta la ciudad de Hukou, y el 3º Curso bajo de unos 800 Km desde Hukou hasta su desembocadura en el mar del Este de la China en las proximidades de Shanghai formando una zona deltaica de unos 50.000 Km². El curso principal del río tiene numerosos afluentes entre los que 437 tienen una cuenca superior a los 1.000 Km², 49 con una cuenca superior a los 10.000 Km², 8 con una cuenca superior a los 80.000 Km², y 4 con una cuenca superior a los 120.000 Km² (ríos Yalongjiang, Minjiang, Jialingjiang y Hanjiang) (15). Todo ello supone una cuenca total de 1.800.000 Km², cerca del 20% de la superficie total del país. El río Yangtze y su cuenca constituyen uno de los ejes troncales más importantes de la China, que la atraviesa de oeste a este, en el que viven más de 350 millones de personas y existen unas 27 millones de hectáreas cultivadas con una producción agrícola superior al 40% de la producción total. Por otro lado el curso del río principal constituye la arteria de navegación fluvial más importante del país, y ello ha significado la principal vía de penetración de la civilización china hacia las mesetas del interior, y escenario, por su posición estratégica, de batallas en todas las épocas de su historia.

Una de las zonas más espectaculares y con uno de los escenarios más maravillosos de la China se encuentra al final del curso superior del río Yangtze a unos 450 Km aguas abajo de la ciudad de Chongqing, en el tramo denominado de las Tres Gargantas, que empieza en la ciudad de Fengjie y termina en las proximidades de Yichang con una longitud de unos 200 Km (Fig. 2). Allí el río corta unas impresionantes formaciones calizas y graníticas dando lugar a las famosas Tres Gargantas: La Qutang, la Wuxia y la Xiling. La garganta Qutang se inicia en la impresionante puerta de Kuimen (Foto nº 1), es la más corta con unos 8 Km, pero también la más impresionante y peligrosa, con precipicios de más de 1.200 m y anchuras del río de 100 a 150 m. Las condiciones de navegación son difíciles y en épocas de aguas altas el nivel del río puede subir unos 75 m. La Garganta Wuxia es la más grandiosa de las tres y se extiende a lo largo de 40 Km, siendo famosa por la belleza de sus picos, entre los que cabe señalar los doce picos de las montañas de Wushan, destacando el Goddess Peak, o pico de las divinidades, sobre el que existe una rica historia de mitologías y misterios (Foto nº 2). La tercera garganta, la Xiling, tiene unos 76 Km y su característica más importante es la presencia de peligrosos rápidos con velo-

idades altas, creados por los desprendimientos importantes de los terrenos paleozoicos de las laderas (Foto nº 3), aunque en la actualidad este tramo no es tan problemático debido al remanso creado por la presa de Gezhouba en Yichang, unos 70 Km aguas abajo. Las tres gargantas citadas están separadas por tramos más amplios del río, en los que el río se ensancha y las laderas de los márgenes son mucho menos abruptas. (16-18)

La mayor parte de la cuenca del río Yangtze presenta un clima de tipo monzónico subtropical con abundantes lluvias, y con una precipitación media anual de 1.100 mm. Ello da lugar a una aportación media anual de 1.000 Km³ (coeficiente de escorrentía medio de 0.50), lo que representa un caudal medio anual de 31.800 m³/seg. (el tercero más caudaloso del mundo tras el Amazonas y el Congo), que constituye un 37% de las aportaciones totales de los ríos del país, y unas 20 veces la aportación media del río Amarillo. Tal como ya hemos indicado el potencial hidroeléctrico técnicamente explotable del río Yangtze es el mayor del país con 197 Gw, aunque hasta la actualidad sólo se ha utilizado cerca de un 10%, por lo que su explotación es una de las prioridades en la producción hidroeléctrica (8, 19).

Pero el río Yangtze no es solamente una fuente de grandes recursos hidráulicos y un enorme capital para la producción hidroeléctrica, sino que también constituye un peligro importante para las poblaciones ribereñas, principalmente en sus cursos medio e inferior. Desde las épocas remotas de la dinastía Han (185 a.d.c.) hasta los años de la dinastía Qing en 1911, existen 214 referencias históricas de inundaciones catastróficas, lo que representa una frecuencia media de una inundación cada diez años. Una de las zonas más castigada y peligrosa frente a las inundaciones esta en el inicio de su curso medio, después de Yichang hasta Wuhan, en el tramo denominado Jingjiang (15). En el siglo pasado ocurrieron dos avenidas extraordinarias en los años 1860 y 1870 con unos caudales en Yichang de 92.500 m³/seg. y de 105.000 m³/seg. respectivamente. Ya en este siglo las inundaciones han seguido causando cuantiosos daños en este tramo, y así en 1931 se produjeron 145.000 víctimas, 28 millones de personas afectadas, 3,4 millones de hectáreas de cultivos anegadas, y la importante ciudad de Wuhan estuvo más de 100 días inundada. En el año 1935, 142.000 víctimas, 10 millones de habitantes afectados, y 1,5 millones de hectáreas inundadas. Más recientemente, en el año 1954, con un caudal de unos 72.000 m³/seg., que es el mayor de los aforados, se produjeron 30.000 muertos, 19 millones de afectados y 3,2 millones de hectáreas de cultivo inundadas. El elevado riesgo de este tramo de Jingjiang es debido a que el nivel del agua en el río encauzado discurre a unos 10 a 15m por encima del nivel de la llanura de inundación a causa de los sedimentos que se depositan en este tramo, es decir se trata en la actualidad de un río elevado con respeto a sus extensas márgenes. Por ello esta zona y el curso bajo han sido motivo de constantes y progresivas obras de protección, con un total de 3.570 Km de diques en el río principal y más de 30.000 Km de diques en los afluentes, siendo el dique de la margen izquierda del tramo de Jingjiang,



*Foto n° 1. Puerta
Kuimen en la entrada
de la Garganta
Qutang.*



*Foto n° 2. "Goddess
Peak" en la Garganta
Wuxia.*

Foto nº 3.
Garganta Xiling.



Foto nº 4.
Emplazamiento
de la presa de
las Tres
Gargantas.
Vista de la
margen
izquierda desde
el islote de
Sandouping,
antes del inicio
de las obras en
1993.



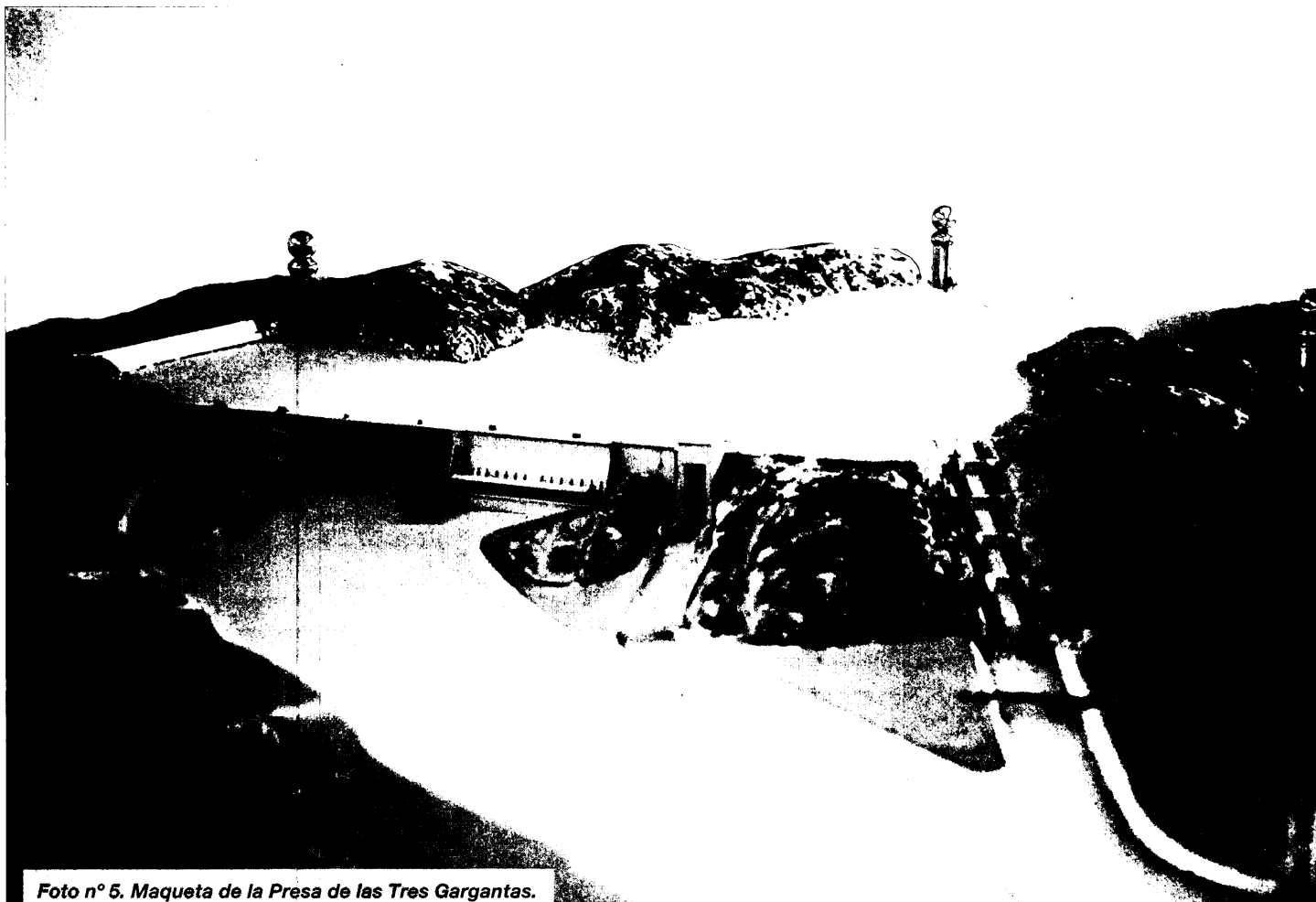


Foto n° 5. Maqueta de la Presa de las Tres Gargantas.

construido en los años cincuenta, el más importante. Este dique de 180 Km de longitud y con unas alturas medias de 12 m y máxima de 16 m constituye uno de los elementos esenciales en la defensa frente a las avenidas, junto con diversas zonas de inundación controlada en la margen derecha del río, de las que el lago de Dongting es la más importante. Con todo las obras de encauzamiento sólo protegen para las avenidas de un período de retorno de 10 años (unos 60.000 m³/seg.), y la inundación de las zonas controladas puede elevar esta protección hasta una avenida de 20 a 50 años, eso si produciendo el anegamiento de zonas donde en la actualidad habitan más de 400.000 personas. Para caudales superiores a los 80.000 m³/seg. no existe protección para una extensa zona de unos 18.000 Km² de área inundable, donde habitan 12 millones de población rural y 7 millones de habitantes en ciudades y donde se ubican las zonas agrícolas más importantes del país, así como la ciudad de Wuhan. En vista del elevado riesgo frente a las inundaciones que en la actualidad supone este tramo del río Yangtze, se están llevando a cabo diversas actuaciones estructurales, entre las que destaca la construcción de la presa de las Tres Gargantas en su papel de presa de control de avenidas (20, 21).

3. PRESA DE LAS TRES GARGANTAS

Las primeras ideas y consideraciones sobre el aprovechamiento del río Yangtze en el final de su curso superior en el tramo de las tres gargantas se remontan a los años 20, y desde entonces se han sucedido multitud de estudios, proyectos y análisis sobre la presa de las Tres Gargantas. Las controversias han durado más de 30 años, y han sido dentro de la China uno de los temas técnicamente más polémicos, debatiéndose en profundidad la necesidad o no de construir esta presa, hasta que el 3 de abril de 1992, después de varias discusiones, la sesión quinta del séptimo Congreso Nacional del Pueblo aprobó la construcción de este proyecto, que en la actualidad constituye la mayor presa en construcción en el mundo (21-27).

La descripción general, las características principales de la presa y las afecciones medioambientales que supone, ya fueron expuestas en un artículo de las revista de Obras Públicas en el año 1995 (28), con motivo de un viaje que una delegación del Comité Nacional Español efectuó a la presa en mayo de 1993, por lo que en este artículo sólo se van a resumir los índices principales del proyecto, resaltando algunos de sus aspectos más

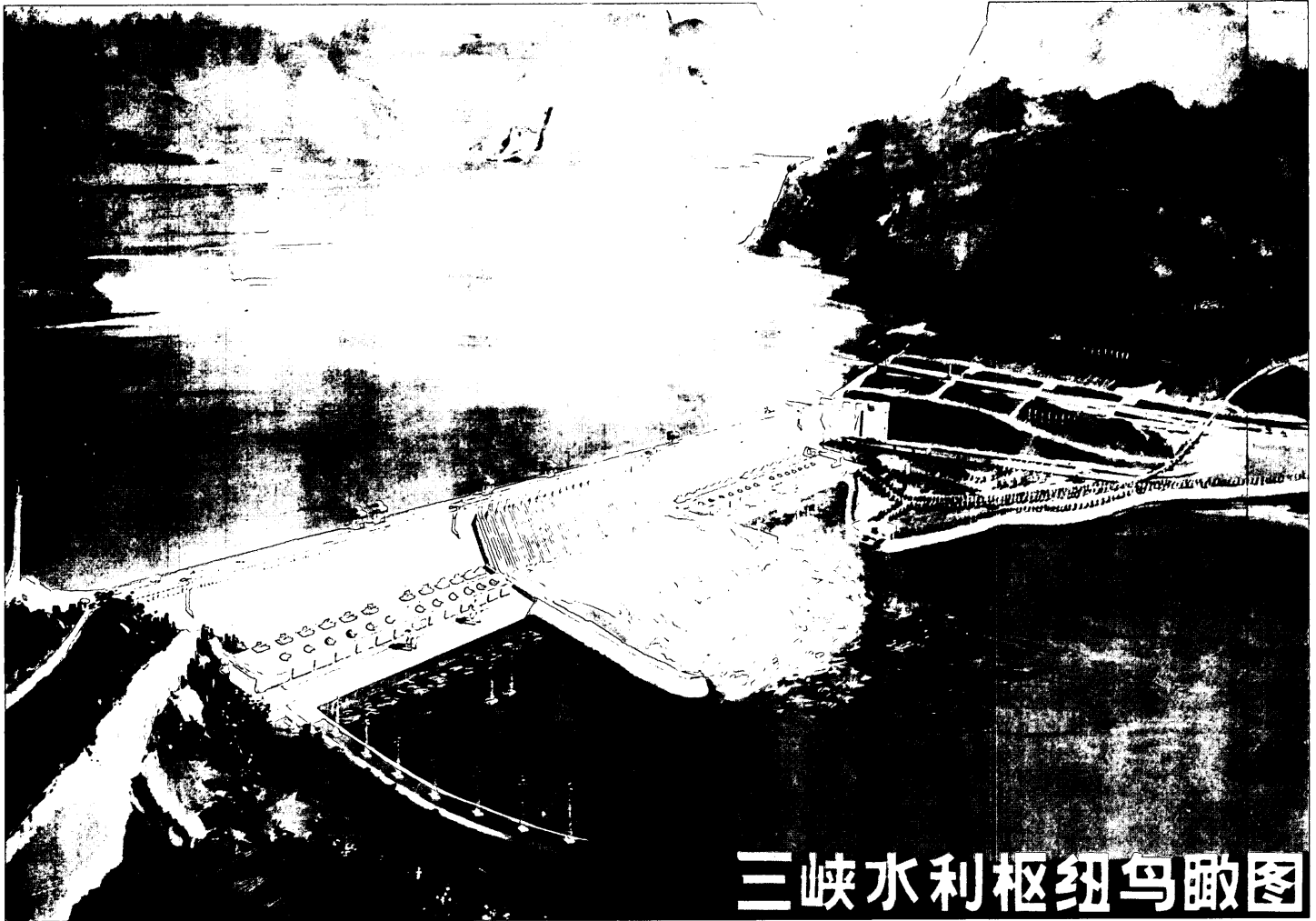


Fig. 3. Perspectiva de la presa de las Tres Gargantas.



Foto n° 6. Canal del desvío del río, con la ataguía longitudinal de hormigón.

**CUADRO Nº 2
INDICES PRINCIPALES DEL PROYECTO DE
LAS TRES GARGANTAS**

PRESA

TIPO:	GRAVEDAD
ALTURA:	175 m
COTA CORONACIÓN:	185 m
LONGITUD:	2.309 m
CAPACIDAD ALIVIADERO:	116.000 m ³ /seg.
POTENCIA INSTALADA:	18.200 Mw
PRODUCCIÓN ANUAL:	84,7 Tw.h
UNIDADES:	26 DE 700 Mw
ESCLUSAS PRINCIPALES:	5 NIVELES/DOBLE VÍA
ASCENSOR PARA BARCOS:	1
EXCAVACIONES (ROCA Y TIERRA):	147 x 10 ⁶ m ³
HORMIGÓN:	28.4 x 10 ⁶ m ³
ARMADURAS:	354.300 t
ESTRUCTURAS METÁLICAS:	281.000 t
PLAZO DE CONSTRUCCIÓN:	17 años

EMBALSE

NIVEL NORMAL DE EXPLOTACIÓN:	175 m
VOLÚMEN DE EMBALSE:	39.300 Hm ³
NIVEL DE CONTROL DE AVENIDAS:	145 m
VOLÚMEN DE CONTROL DE AVENIDAS:	22.150 Hm ³
SUPERFICIE:	1.084 Km ²
CULTIVOS INUNDADOS:	27.820 Ha
POBLACIÓN A DESPLAZAR:	1 MILLON PERSONAS
SUPERFICIE DE LA CUENCA:	1 x 10 ⁶ Km ²
APORTACIÓN MEDIA:	451.000 Hm ³ (14.320 m ³ /seg)
APORTACIÓN MEDIA DE SEDIMENTOS:	530 x 10 ⁶ t

singulares e importantes, para al final describir el estado actual de la construcción y las previsiones futuras.

La presa de las Tres Gargantas está situada en la Garganta Xilling, en Sandouping (Foto nº 4) unos 40 Km aguas arriba del Yichang y los índices principales del Proyecto de la presa y embalse son los que se muestran en el Cuadro nº 2 (27).

En esencia el proyecto de la presa consta de los elementos principales siguientes (Fig. nº 3 y Foto nº 5)

1. Un aliviadero central de 483 m de longitud, con 22 vanos con compuertas de superficie y 22 desagües de fondo, y con una capacidad total de 116.000 m³ /seg.
2. Tramo derecho de la presa de 584.2 m, donde se ubicaran 12 turbinas Francis de 700 Mw cada una.
3. Tramo izquierdo de la presa de 643.6 m de longitud, donde se ubicaran 14 turbinas Francis de 700 Mw cada una.
4. Estructuras de navegación. Situadas en las laderas de la margen izquierda, constituidas por las esclusas de navegación y un ascensor vertical para barcos. Las esclusas de navegación



Foto nº 7. Sistema ROTEC para la colocación de hormigón.

son de doble vía, con 5 cámaras de 280 de longitud, 34 m. de ancho y 5 m de calado cada una, capaces para barcos de 10.000 t. EL ascensor es vertical de un paso con una carrera de 120 m. de altura y 18 m. de ancho, capaz de transportar barcos de 3.000 t y 3.5 de calado. En la ubicación de este ascensor está previsto la construcción de una esclusa provisional para la navegación durante el período de construcción.

Esta complejidad funcional, con la necesidad de amplios espacios para ubicar todos los dispositivos descritos, ha aconsejado, además de las cuestiones relativas a la cimentación y facilidad del desvío del río, la elección de la "cerrada" en un tramo más abierto de la garganta Xilling, cuya anchura aguas arriba y aguas abajo es paradójicamente menor.

Entre las características hidrológicas del proyecto de las Tres Gargantas cabe mencionar por su peculiaridad las siguientes:

1. Uno de los objetivos principales del embalse de las Tres Gargantas es la laminación de avenidas. Para ello el esquema de operación del embalse se basa en bajar el nivel del agua desde final del mes de mayo hasta principios de Junio hasta la cota 145m, manteniendose este nivel durante la época monzónica hasta final de septiembre. De esta forma se dispone durante la época de avenidas de un volumen adicional para control de avenidas de 22.150 Hm³ , o sea del 56,3% de la capacidad del embalse. Durante esta época solamente se embalsará cuando el caudal de entrada sea superior al caudal de seguridad aguas abajo, y en todo caso después del paso del caudal máximo de

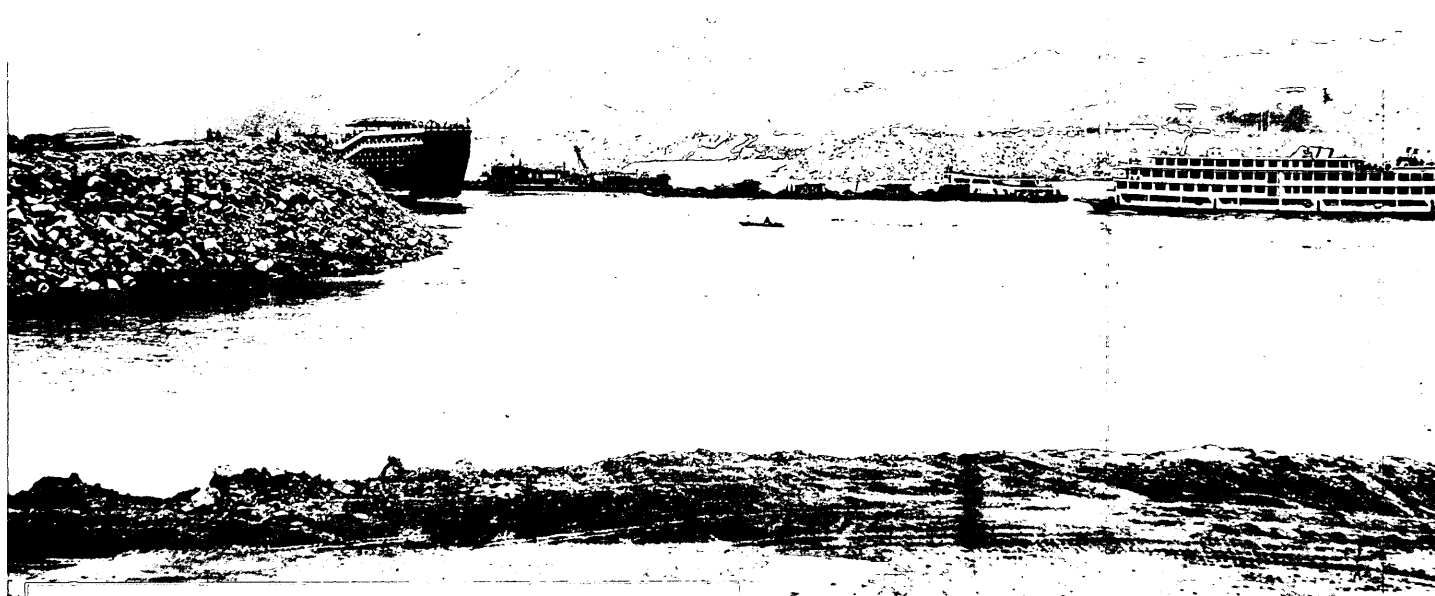


Foto nº 8. Inicio de las ataguías transversales para el cierre del río.

la avenida, el nivel del embalse se bajará de nuevo a los 145 m. Con ello el nivel de protección del tramo de Jingjiang, que ya hemos mencionado que era el que presentaba mayor riesgo, pasará de 10 años a la avenida de 100 años sin necesidad de efectuar operaciones de inundaciones controladas, y hasta la avenida de 1.000 años con las operaciones ya descritas de inundación del lago de Dongting. Así, la función del embalse de las Tres Gargantas representa una sustancial mejora para la reducción de los daños producidos con un sustancial beneficio social y económico, habiéndose evaluado por ejemplo en el caso de sobrevenir las avenidas de la segunda mitad del siglo pasado una reducción económica de daños más de 700.000 Mpts. Además de los daños directos por las inundaciones, se van a reducir la multitud de efectos indirectos, tales como las pérdidas de producción económica en los meses siguientes a la inundación. Nótese, por ejemplo, que en la inundación del año 1931, los más de 100 días que quedó inundada la ciudad y los alrededores de Wuhan, supusieron la incomunicación ferroviaria de las dos mitades de la China, con efectos económicos incalculables (21). Claro está que aparte de estas consideraciones, el beneficio económico más tangible es el proveniente de la producción hidroeléctrica.

2. Aunque el volumen del embalse es grande, con 39.3 Km³, hay que tener en cuenta que también lo es la aportación con

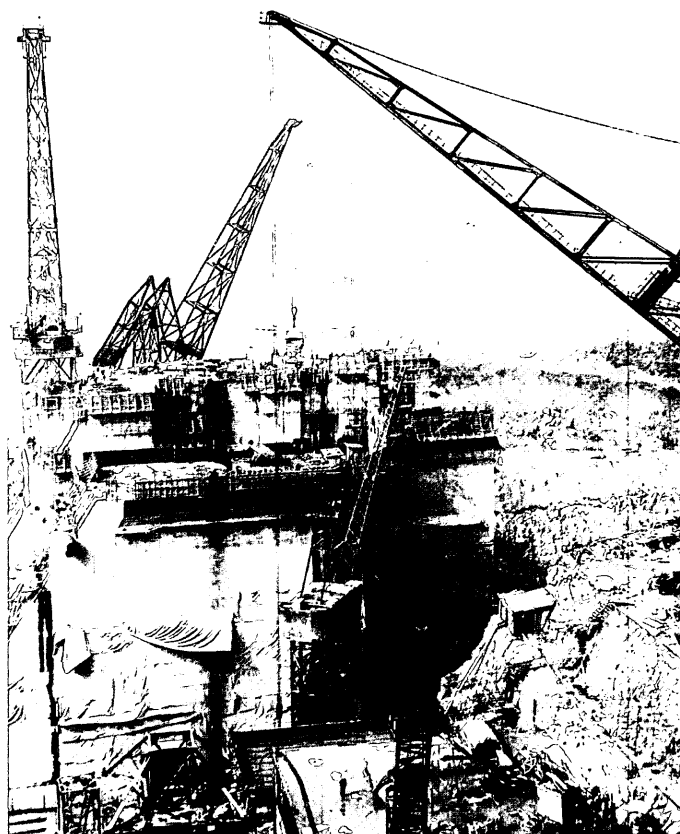


Foto nº 9. Margen izquierda. Esclusa temporal de navegación.



Foto n° 10. Margen Izquierda. Excavación del canal de Navegación de las esclusas definitivas.

bre de 1997 se ha podido cerrar el brazo principal del río y desviarlo por este canal en su margen derecha. En la margen izquierda construcción de una esclusa provisional para navegación y excavación de las zonas de las esclusas definitivas y de sus canales de navegación.

2ª Fase. Duración 6 años (1998-2003). Construcción de las ataguas transversales aguas arriba y aguas abajo en el cauce principal del río. Excavación del recinto y construcción de la parte de la presa correspondiente al aliviadero central y a la central hidroeléctrica de la parte izquierda. Al final de esta fase se construirá la ataguía de cierre del desvío provisional, reintegrándose la circulación de agua a la parte central, con lo que se iniciará la producción hidroeléctrica con dos unidades, y un nivel inicial de explotación a la cota 135 m. Por otro lado en la margen izquierda se finalizará la construcción de las esclusas y del ascensor para la navegación.

3ª Fase. Duración 6 años (2004-2009). Construcción de la parte de la presa de la central derecha e instalación del resto de las turbinas.

En la visita realizada en abril de 1997 se nos indicó que hasta el mes de diciembre de 1996 las excavaciones realizadas habían sido de 129,21 millones de m³, las explanaciones y terraplenes de 48 millones de m³, y el hormigón colocado de 3,42 millones de m³, siguiendo la construcción de la presa el ritmo y plazos previstos.

En la margen derecha se había terminado la ataguía longitudinal que servía de muro al canal de desvío, construida en hormigón compactado con rodillo aunque revestida con hormigón convencional. Asimismo se había finalizado la excavación del canal de desvío (Foto n° 5). Dicho canal con un calado de 60m está proyectado para la avenida de 20 años, de un canal de 72.000 m³/seg. lo que significa teniendo en cuenta su funcionalidad durante unos seis años una probabilidad de superación del orden del 25%. Una parte del hormigón convencional de esta ataguía longitudinal y la de un bloque de la presa adyacente se han colocado mediante el sistema Rotec, con ángulos de inclinación de las cintas muy elevados de hasta 36°, y en este caso con tamaño máximo del árido de 80 mm (Foto n° 7). Con todo ello el canal de derivación está finalizado. En Abril se habían iniciado las ataguías transversales en las zonas próximas a las márgenes (Foto n° 8) y las obras de prueba de la pantalla de impermeabilización de dichas ataguías de unos 74 m de profundidad. Estas obras se iban a parar hasta que pasara la época monzónica, continuándolas a partir de Octubre, junto con el cierre del río, previsto para el 15 de noviembre de 1997, como finalización de la 1ª fase. El cierre del río Yangtze en la presa presenta unas características excepcionales con un dique de cierre de 2x10⁶ m³, y 460.000 m³ previstos en la sección de cierre. El diseño del cierre está previstos para un caudal entre 9.000

451 Km³ /año, por lo que la capacidad del embalse sólo representa el 8.7% de la aportación media anual. Si a ello le unimos el régimen de operación impuesto para el control de avenidas resultan pocas variaciones con respecto a las amplitudes del régimen natural, mostrando las simulaciones realizadas que la mayor variación se presenta lógicamente en el mes de octubre donde la aportación media mensual pasa de ser en régimen natural del 11.3% de la aportación anual, al 6% (24), para recuperar el nivel de explotación tras el vaciado durante la época monzónica.

3. Obra característica diferencial del embalse de las tres Gargantas es su carácter lineal. Su longitud es de unos 600 Km, llegando su remanso a las proximidades de Chongqing, y su ancho medio es de 1.100 m (el doble del natural), con unos calados medios de 70 m y uno máximo de unos 170 m. en las proximidades de la presa. Ello da lugar a un embalse con características hidráulicas de canal muy lineal, que tiene sus efectos en la propagación de avenidas y sedimentos (24).

Los trabajos preliminares para la construcción de la presa se iniciaron en 1993 y se prevee su finalización en 17 años, siguiendo las tres fases principales siguientes:

1ª Fase. Duración 5 años (1993-1997). Durante esta fase se han de realizar todas las obras auxiliares, accesos e instalaciones. Las obras más importantes son, en la margen derecha, la construcción de una ataguía longitudinal apoyada sobre el islote que existe en el río (isla de Sandouping), cierre aguas arriba y aguas abajo con dos pequeñas ataguías transversales, y excavación del canal de desvío del río. Con ello se tendrá preparado el desvío del río por su margen derecha y en el mes de noviem-

m³/seg. y 14.000 m³/seg. Los constructores chinos ya tienen experiencia del cierre del Yangtze en la construcción de la presa de Gezhouba, unos 40 Km aguas abajo, en el mes de enero de 1981, con un caudal de 4.720 m³/seg., altura máxima de la lámina de agua en la sección de cierre de 3.05 m. y velocidad máxima de 7 m/seg, operación que duró unas 37 horas (29).

Por otra parte, en la ladera de la margen izquierda se estaba construyendo la esclusa temporal y el canal de navegación que debe entrar en operación en abril de 1998 (Foto nº 9) así como las excavaciones de las esclusas definitivas (Foto nº 10).

Así pues, las obras de construcción de la presa de las Tres Gargantas siguen su curso previsto sin incidencias notables, salvo el que según los datos de nuevos sondeos y los estudios de las excavaciones realizadas indican unas características algo diferentes de la roca de cimentación granítica, lo que ha llevado en principio a diseñar una cimentación más profunda, 8 metros, con lo que la cota de cimentación de la parte principal de la presa sea la + 2 m y la altura definitiva de la presa de 183 m, lo que supondrá entre un 5% y un 10% más de volumen de hormigón. Sin embargo habrá que esperar a las excavaciones de la segunda fase para confirmar definitivamente este diseño.

Durante el próximo XX Congreso Internacional de Grandes Presas que se va a celebrar en Beijing en el año 2000, una de las visitas técnicas que van a tener lugar será la de la presa de las Tres Gargantas, que según las previsiones se encontrará en uno de los momentos punta de su construcción, en su 2ª fase, con su parte central con unos 50 a 60 m de altura y con unos cinco millones de m³ colocados. Espero que este artículo, además de describir la situación actual de la construcción de la presa, sirva de introducción a los ingenieros españoles que van a realizar esta interesante visita.

REFERENCIAS

- 1.-YOUMEI, LU. "China's economy development and the construction of Three Gorges Project". China Yangtze Three Gorges Project Development Corporation Yichang. 1995.
- 2.-CHINA THREE GORGES PROJECT CORPORATION. "Hot Talks about TGP" Yichang. 1996.
- 3.-ZU-YAN, M. "South-North water diversion projects planned for China" Hydropower and dams. 1, 47-49, 1996.
- 4.-BERGA, L. "Las grandes presas del Rio Amarillo": ROP, Julio, 653-662, 1.988.
- 5.-COLECCION CHINA: "GEOGRAFIA": Ediciones en Lenguas Extranjeras. Beijing. 1984.
- 6.-MEIE, R., RENZHANG, Y., HAOSHENG, B. "Geografía física de China". Ediciones en Lenguas Extranjeras. Beijing 1984.
- 7.-CHINESE NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS. "Large dams in China". China Water Resources and Electric Power Press. Beijing 1987.
- 8.-PAN, J., ZHANG, J. "Priorities for hydropower development in China". Hydropower and Dams. 1, 43-46, 1996.
- 9.-HYDROPOWER AND DAMS. EDITORIAL "Recent progress in China's hydro development". Hydropower and dams, 5, 66-68, 1996.
- 10.- QIU, X. "Viaje por el rio Changjiang". Ediciones en Lenguas extranjeras. Beijing. 1980.
- 11.-BONAVIA, J. "A guide to the Yangzi River". China Guides Series Limited Hong-Kong. 1985.
- 12.-VAN SLYKE, L.P. "Yangtze Nature, History and the River". Stanford Alumni Association. Stanford 1988.
- 13.-XU XIZOBING (ed) "Changjiang River". Peace Book Co.Ltd. Hong Kong 1993.
- 14.-SEDEEN, M. (Ed). "Great rivers of the world". National Geographic Society. Washington. 1984.
- 15.-YANGTZE VALLEY PLANNING OFFICE. "The Yangtze River". Wuhan. 1989.
- 16.-SHI, Y. (Ed). "The Three Gorges on the Yangtze River". Haifeng Publishing House. 1994.
- 17.-YANGTZE VALLEY PLANNING OFFICE". The Three Gorges of the Yangtze River" Water Resources and Electric Power Press. Beijing 1986.
- 18.-AKSAMIT, D. "A journey to the Three Gorges". World Rivers Review. June, 8-10, 1996.
- 19.-HYDROPOWER AND DAMS. EDITORIAL. "Hydro Development in the Yangtze river basin". Hydropower and dams. 5, 69-72, 1996.
- 20.-LIU, H, et al. "The Three Gorges Project". The China Three Gorges Project Development Corporation. Yichang. 1984.
- 21.-YAO, J. (Ed) "Three Gorges: What future benefit for China?". China Today Press. Beijing 1991.
- 22.-PAN, J., ZHANG, J. "The Three Gorges Project goes ahead in China" Water Power and dam Construction. Feb. 14-16, 1993.
- 23.-WANG, J., "A brief introduction of the Three Gorges Project on the Yangtze River." China Yangtze Three Gorges Project Development Corporation. Yichang 1993.
- 24.-CHINA YANGTZE THREE GORGES DEVELOPMENT CORPORATION. "Environmental impact statement for the Yangtze Three Gorges Project. A brief edition" Science Press. Beijing. New York. 1995.
- 25.-LI, Y. "Financing strategy for the Three Gorges Project". Hydropower and Dams, 1, 50-52, 1996.
- 26.-HUANG, Y. "Technical challenges for the design of the Three Gorges generating equipment". Hydropower and Dams, 2, 32-36. 1996.
- 27.-CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION. "The Three Gorges Project". Yichang. 1996.
- 28.-HERRERAS, J.A. "El embalse de las Tres gargantas. Un megaproyecto polémico". ROP 3.346, 29-37. 1995.
- 29.-CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION. "Gezhouba Dam". Xinhua Publishing House. 1991. ●