

Encauzamientos urbanos. Río Guadalmedina en Málaga

VICTOR ELVIRO GARCIA (*)

RESUMEN. Los encauzamientos fluviales en zonas urbanas presentan una problemática común con soluciones diferentes según el caso. En el río Guadalmedina, en Málaga, la solución adoptada consiste en una presa de regulación y una adecuación del encauzamiento actualmente existente, proyectando el tramo final en forma de parque lineal. Como protección de este parque frente a los acarrees se proyecta una trampa de áridos que retenga todo el arrastre proveniente del río y sus cuencas entre la trampa y la presa de regulación.

ABSTRACT. River channels in urban areas are problems which are overcome by a variety of different methods, depending on each specific case. The solution chosen for the River Guadalmedina in Malaga, consisted of a regulation dam and modification to the existing channel, a linear park being planned for the final stretch. To protect the park, a sediment trap has been designed to hold back all the bed-load yielded by the river and its basins, between the trap and the regulation dam.

1. INTRODUCCION

Históricamente el hombre ha creado núcleos urbanos junto a los cauces de los ríos presionando sobre el mismo a medida que crecía la ciudad. Ante las avenidas que se iban produciendo se han ido realizando obras de defensa limitando el cauce natural del río, lo que ha ocasionado que éste reaccione ante las condiciones de contorno impuestas por el hombre. Aunque los asentamientos urbanos se han realizado a lo largo del cauce, en general los mayores problemas se presentan en la zona de la desembocadura donde al mismo tiempo las soluciones son más complejas.

En primer lugar, la presencia del mar es una condición de borde impuesta sobre la que el hombre no puede actuar. El río presenta generalmente una pequeña pendiente con reducidos calados necesitando una gran anchura para poder desaguar el caudal circulante, problemática que se agrava al ser la fuerza erosiva de la corriente pequeña, por lo que suele ser zona de depósito de acarrees. En los ríos mediterráneos el cauce permanece seco prácticamente todo el año, lo que provoca que la presión de la ciudad sobre la ribera sea muy intensa arrebatándole progresivamente terreno al río. En la actualidad son frecuentes cauces muy estrechos con trazados en planta sinuosos y edificios prácticamente metidos dentro del cauce y con subidas generalizadas de fondos. A menudo vemos ríos a una cota superior a la de la ciudad. Al mismo tiempo, constantemente se están construyendo puentes que, sobre todo los de ferrocarril,

por las limitaciones de pendiente que éste impone, suponen graves obstáculos al paso del agua. Por otro lado, es muy frecuente utilizar el cauce para realizar obras de infraestructura, transporte de gas, agua, teléfono, aguas residuales, etc.

Otra característica de estos encauzamientos es su integración dentro de la planificación urbana que afecta a aspectos estéticos y de uso.

Todo ello hace que el río no tenga capacidad para desaguar grandes avenidas por muchas obras de mejora que se intente introducir, siendo la única solución posible el crear cauces alternativos o bien presas de regulación aguas arriba.

La casuística presentada es sumamente extensa y cada caso tendrá diferentes soluciones, y probablemente la solución adoptada haya sido elegida por motivos ajenos a la hidráulica fluvial, en general motivos socioeconómicos. Se plantea aquí el problema y la solución adoptada para el caso del río Guadalmedina en Málaga.

2. RIO GUADALMEDINA. PROBLEMÁTICA GENERAL

El río Guadalmedina cruza la ciudad de Málaga, dividiéndola en dos. La ciudad a lo largo de los siglos ha ido comiendo terreno al río y terreno al mar, llegando a la situación actual, en la cual el río se ha alargado encontrándose encajonado entre muros que se han ido recreciendo progresivamente a medida que se producían desbordamientos y el cauce del río iba subiendo. Como consecuencia, hoy en día el río se encuentra en muchos puntos a una cota superior a la de la ciudad con puentes tendidos sobre el cauce con luces mínimas, lo que implica que la capacidad de desagüe sea realmente preocupante por el peligro que ello supone. En 1983 la Confe-

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de Servicio del Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos.

deración Hidrográfica del Sur de España terminó la construcción de la Presa de El Limonero, situada aguas arriba de Málaga.

El dimensionamiento de la presa se realiza para laminar la avenida de 10.000 años que tiene un caudal punta de $1.100 \text{ m}^3/\text{seg}$; una vez laminada la punta de la avenida queda reducida a $400 \text{ m}^3/\text{seg}$, esto supone que el río en la zona urbana deba ser dimensionado para un caudal de $600 \text{ m}^3/\text{seg}$ al tener en cuenta la aportación de la cuenca intermedia. Como vemos, esto supone una reducción muy importante del problema.

El Ayuntamiento de Málaga realiza un proyecto urbanístico de integración del río en la ciudad procediendo a modificar el encauzamiento, manteniendo prácticamente el trazado en planta, pero actuando profundamente en el cauce del río, creando a partir de lo que antes era un esterochero un parque longitudinal que sirva de esparcimiento a los ciudadanos. Al mismo tiempo, y con el fin de paliar el problema del tráfico, se proyectan nuevos puentes, con lo cual el número de los mismos que afecta al río se eleva a 15 dentro del tramo urbano. Naturalmente, dadas las características de la obra a realizar, el tramo se diseñó bajo la hipótesis de carencia absoluta de aportación sólida; por lo tanto es necesario retener la misma aguas arriba del tramo urbano.

Resumiendo: Por el tramo urbano del río Guadalmedina se estima que para la avenida de 10.000 años pasará un caudal superior a los $1.100 \text{ m}^3/\text{seg}$. A 5.600 m de la desembocadura se construye la Presa de El Limonero, con lo que el caudal estimado se reduce a $600 \text{ m}^3/\text{seg}$, caudal para el que se diseña el tramo urbano (últimos 1.800 m) que debe estar libre de aportación sólida, por lo que se proyecta una trampa de áridos al comienzo del encauzamiento.

Del Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos se solicita la comprobación en modelo reducido del funcionamiento hidráulico del tramo urbano, para lo cual se reproduce en modelo los últimos 3.000 m del río más la correspondiente zona marítima.

El modelo se realiza a escala horizontal 1/75 y vertical 1/50 con fondo móvil y aportación sólida, empleando para su simulación carbón de densidad $1,75 \text{ Tn/m}^3$.

Los ensayos se realizaron con aguas limpias introduciendo las modificaciones necesarias, dentro de las limitaciones impuestas, hasta conseguir un correcto funcionamiento. Una vez finalizadas las reformas, se procede a comprobar los resultados utilizando aportación sólida, viéndose que la presencia de material en arrastre modifica el funcionamiento hidráulico del encauzamiento afectando de forma negativa a algunos tramos. Esto, unido a los problemas de conservación que la aportación sólida supondría, lleva a estudiar de forma conjunta Ayuntamiento, Confederación y Centro de Estudios Hidrográficos el dimensionamiento de la trampa de áridos, de forma que retenga la aportación sólida en arrastre para la máxima avenida, dejando un resguardo de seguridad, debido a que el mantenimiento aperiódico presenta siempre problemas administrativos.

3. LA TRAMPA DE ARIDOS. CONDICIONES DE DIMENSIONAMIENTO

Desde la Presa de El Limonero hasta la desembocadura tenemos un tramo de 5.600 m con el perfil dibujado en la figura 1. El puente del ferrocarril está a unos 80 m del mar, aunque el hombre sigue robándole terreno; se conservan datos donde se comprueba que el río Guadalmedina desembocaba en forma de delta estando el mar a la altura de lo que hoy es el puente de Tetuán.

Nos encontramos con un perfil del río con una subida generalizada debido al encauzamiento. Desde que se construye la presa no se ha producido ninguna avenida y las que se produzcan tendrán gran fuerza erosiva debido a la retención del material sólido producido por la presa. En el P.K. 3.700 se proyecta situar la trampa de áridos que tiene que retener el transporte sólido de este tramo, más la aportación producida por los arroyos intermedios con gran capacidad de transporte pero con obras de retención en su cauce, que aunque en la actualidad están totalmente saturadas, hay un proyecto de limpieza. Con estas hipótesis no podría ser muy exacto un cálculo de la aportación sólida, por lo cual se procedió a construir el comienzo de la balsa de decantación disponiendo de un volumen de almacenamiento suficientemente grande. Se sometió el tramo reproducido en modelo a diversas solicitaciones de relación caudal líquido-caudal sólido, todo ello para el hidrograma punta considerado, analizándose a continuación el estado final del tramo y el volumen de árido almacenado en la trampa. En cualquier caso el tiempo es una variable de gran influencia en el estudio.

4. ENSAYOS REALIZADOS

Se realiza un primer ensayo sin aportación sólida y fondos originales, recogiendo en la trampa de áridos un volumen de 12.000 m^3 .

Otro ensayo se hace con aportación sólida de 20.000 m^3 y fondos originales, recogiendo en la trampa un volumen ligeramente superior a los 12.000 m^3 . A continuación se hacen pasar por el río dos avenidas de $600 \text{ m}^3/\text{seg}$, sin aportación sólida, recogiendo en la balsa 18.500 m^3 .

Se realiza una serie de ensayos con aportación sólida de 12.000 m^3 , recogiendo en la trampa volúmenes que oscilan entre 11.500 y 12.500 m^3 .

En los ensayos se observa una evolución del cauce diferente según la condición de aportación sólida (véase figura 2), pero para el tiempo de duración del hidrograma la aportación sólida que llega a la trampa es prácticamente constante, dependiendo más del estado inicial del fondo que de la cantidad de aportación sólida, asimismo el tiempo de duración del hidrograma influye notablemente en la cantidad de material retenido en la trampa.

La balsa de decantación (trampa de áridos) se diseña con el criterio de que después de presentarse una avenida se proceda a su limpieza. Ahora bien, no es improba-

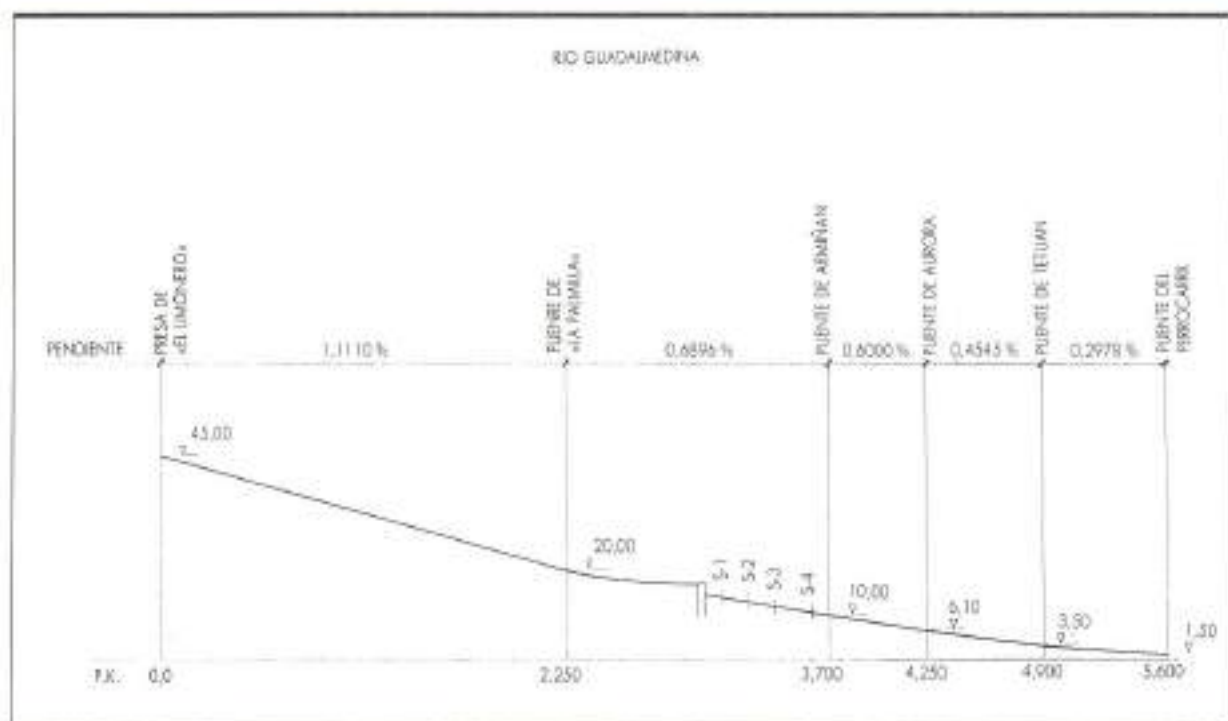


FIGURA 1. Río Guadalmedina.

ble que se presenten dos avenidas importantes en períodos muy reducidos de tiempo o bien que la balsa tenga material retenido antes de una gran avenida. En cualquier caso la balsa se dimensionará hidráulicamente para que retenga todo el material de arrastre. Con estas hipótesis se llega a la conclusión de que la trampa debe retener al menos 15.000 m^3 . Partiendo de este dato mediante modelo y teniendo en cuenta consideraciones económicas y de mantenimiento, se procede a determinar las dimensiones reales de la trampa $230 \times 51 \times 2,10 = 24.633 \text{ m}^3$, de los que los 8.500 m^3 primeros corresponden a un cuenco de resalto donde para grandes caudales no se almacena árido, luego quedan 6.000 m^3 como zona de reducción de velocidad y resguardo. Aunque a primera vista podría parecer excesivo el dimensionamiento es importante recordar el factor de riesgo en la forma de producirse el fenómeno. El mayor grado de incertidumbre se produce al principio de la obra, riesgo que disminuye a medida que pasa el tiempo y se han ido produciendo avenidas, llegando un momento en el cual el río alcanza su perfil de equilibrio, es decir, el caudal sólido de entrada en el tramo del río será igual al de salida e igual a la aportación sólida producida en las cuencas intermedias.

5. CONCLUSIONES

El encauzamiento del río Guadalmedina a su paso por Málaga presenta las siguientes características:

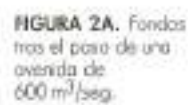
- Limitación del cauce en anchura.
- Aumento de longitud hasta su desembocadura.
- Trazado en planta con curvas de pequeño radio.
- Elevación del cauce.
- Construcción de puentes que limitan su capacidad de desagüe.
- Caudal punta para la avenida de 10.000 años, de $1.100 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- Capacidad antes de las obras inferior a $200 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- El mar impone condiciones rígidas de contorno.

Como primera solución, la Confederación Hidrográfica del Sur construye aguas arriba una presa de regulación: El Limonero, que permite reducir el caudal punta a $400 \text{ m}^3/\text{seg}$, que unido a la aportación de las cuencas intermedias reduce el caudal de proyecto a $600 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Con esta premisa, el Ayuntamiento de Málaga presenta un proyecto de encauzamiento fundamentalmente urbanístico, creando un parque lineal con capacidad para $600 \text{ m}^3/\text{seg}$ de caudal líquido reteniendo la aportación sólida en la cabecera del parque mediante una trampa de áridos.

El proyecto de esta trampa de áridos presenta las siguientes particularidades:

- La Presa de El Limonero retiene prácticamente toda la aportación sólida de su cuenca.
- El tramo de río entre la Presa y la trampa de árido se encuentra sometida a una distinta relación caudal



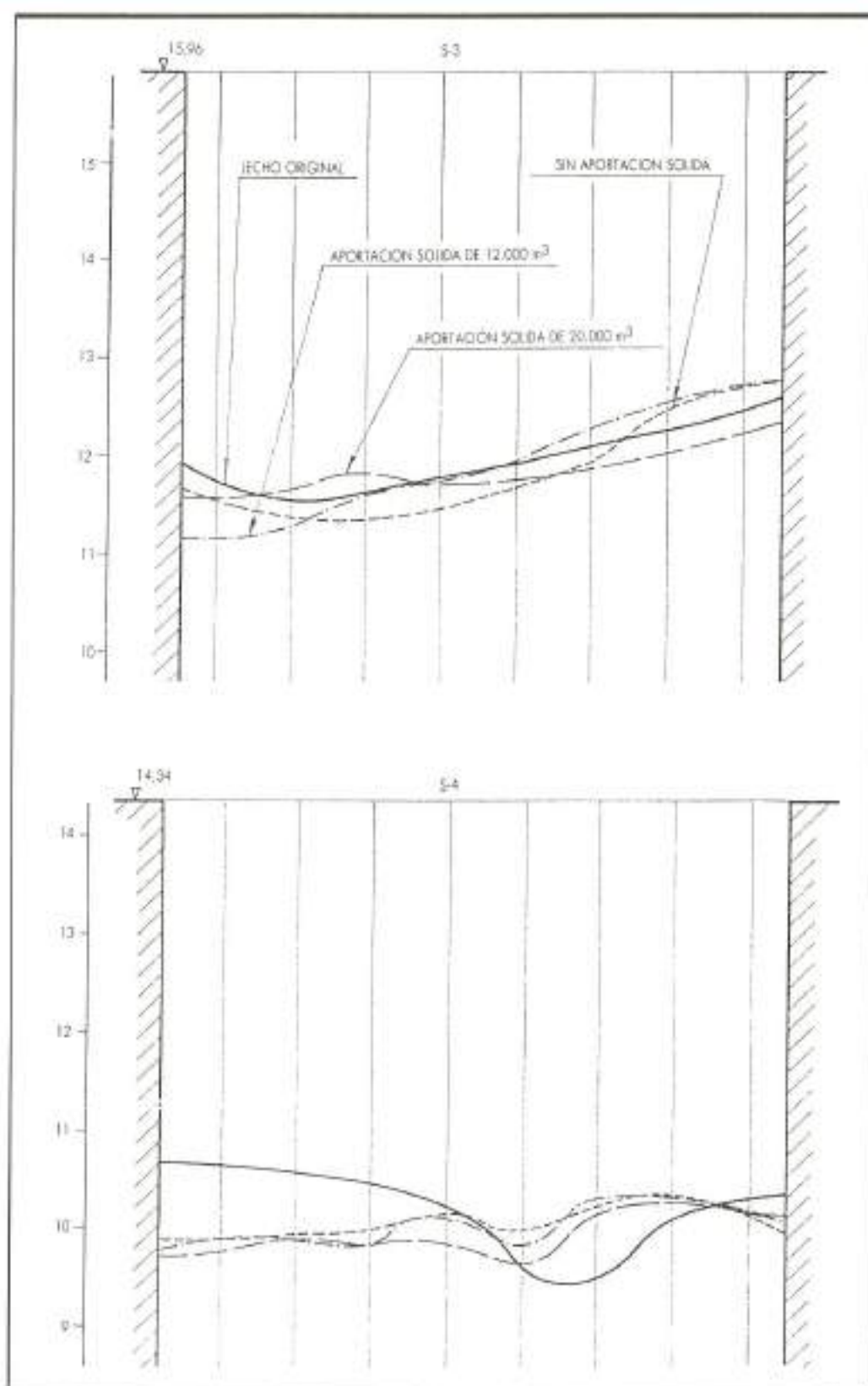


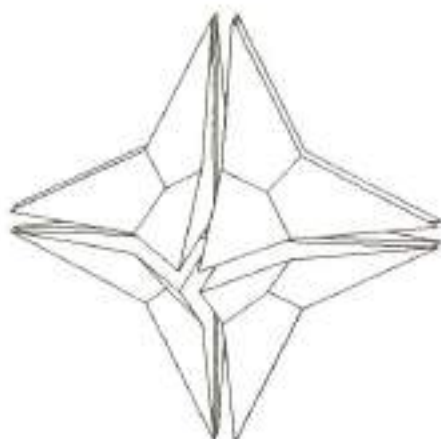
FIGURA 26. Fondos tras el paso de una avenida de 600 m³/seg.

sólido-caudal no líquido con mayor poder erosivo de la que a lo largo de la historia ha ido formando la actual pendiente del río.

- Las cuencas intermedias de gran capacidad de arrastre disponen de obras de retención de áridos actualmente saturadas, pero existiendo un proyecto de limpieza de las mismas y construcción de otras nuevas.

Ante la incertidumbre que esto supone, el Laborato-

rio de Hidráulica, con el fin de acotar el volumen de la trampa de áridos realiza series de ensayos sometiendo al tramo de río reproducido en modelo a diversas relaciones de caudal líquido-caudal sólido. Como consecuencia de estos ensayos se llega a la conclusión de que el fondo del río varía según la relación de caudales, pero que el caudal sólido que llega a la balsa permanece dentro de un rango de valores constantes. Este valor obtenido en los ensayos es el que se adopta para dimensionar la trampa de áridos.



intecsa

27 años de calidad
superación
innovación tecnológica a su **servicio**



intecsa

INTERNACIONAL DE INGENIERIA
Y ESTUDIOS TÉCNICOS, S.A.

SEDE SOCIAL: c/ Orense, 70 - 28020 MADRID

TEL. (91) 572 09 12 TLX. 22473-INTSA E - TFX. 579 26 91

AVE

TREN DE ALTA VELOCIDAD

MADRID-SEVILLA

**VIAS QUE
LLEGAN LEJOS**



**COMPROMISO
DE FUTURO**



**FOMENTO DE
CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S.A.**



CENTRALES ELECTRICAS • AGRONOMIA • OBRAS HIDRAULICAS
• CARRETERAS • PUERTOS Y COSTAS • ARQUITECTURA Y URBANISMO •
GEOLOGIA Y GEOTECNIA • MEDIO AMBIENTE • PLANTAS INDUSTRIALES



inypsa

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.

INGENIEROS CONSULTORES

MADRID

General Díaz Porlier, 49
Teléfono: 91 402 45 92*
Telex: 42496 inyp E
28001 MADRID

BARCELONA

Gran Vía de Carlos III, 124
Teléfono: 93 205 08 62
Telex: 97809 inyp E
08034 BARCELONA