



Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

CEDEX

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

AVANCE DE TRABAJO

NOTA INFORMATIVA SOBRE:

**ESTUDIO EN MODELO REDUCIDO
DEL ENCAUZAMIENTO DEL RIO
GUADALMEDINA**

Para

**DIRECCION GENERAL DE OBRAS
HIDRAULICAS
Confederación Hidrográfica del Sur**

CLAVE CEDEX-41-430-1-017

Madrid, Junio 1989

Centro de Estudios Hidrográficos

INDICE

INDICE**MEMORIA**

	<u>Pág.</u>
1. ANTECEDENTES	1
2. LA OBRA	3
3. EL MODELO. ESCALAS Y LEYES DE SEMEJANZA	7
4. SOLUCION PROYECTO	9
4.1. Ensayos	9
4.2. Conclusiones	11
5. MODIFICACIONES A LA SOLUCION PROYECTO	14
5.1. Ensayos	14
5.2. Conclusiones	15
6. SOLUCION PROPUESTA	16
6.1. Tanteos previos	16
6.2. Solución propuesta. Ensayos	16

GRAFICOS

Nº 1 - LAMINAS DE AGUA. SOLUCION PROPUESTA

PLANOS

- Nº 1 - PLANTA GENERAL
- Nº 2 - PERFIL LONGITUDINAL. P-1 A P-19
- Nº 3 - PERFILES TRANSVERSALES 1 A 6
- Nº 4 - " " 7 A 12
- Nº 5 - " " 13 A 17
- Nº 6 - " " 18
- Nº 7 - PERFIL LONGITUDINAL P-1 A P-19. SOLUCION PROPUESTA
- Nº 8 - PERFILES TRANSVERSALES 1 A 6. SOLUCION PROPUESTA
- Nº 9 - " " 7 A 12. SOLUCION PROPUESTA
- Nº 10 - SALTO EN P-11. DETALLE. SOLUCION PROPUESTA

MEMORIA

**NOTA INFORMATIVA SOBRE EL ESTUDIO EN MODELO REDUCIDO DEL
ENCAUZAMIENTO DEL RIO GUADALMEDINA.**

1. ANTECEDENTES

El Excmo. Ayuntamiento de Málaga ha presentado un Proyecto de dragado y modificación del encauzamiento del tramo urbano del río Guadalmedina, a fin de que le sean autorizadas las correspondientes obras.

Dada la magnitud de las obras, y las modificaciones introducidas en el cauce actual así como las dudas surgidas sobre la precisión del cálculo hidráulico en modelo matemático de dicho proyecto, se ha impuesto la condición para autorizar las obras de que la solución, o cualquier otra que pudiera presentarse, vayan avaladas por un ensayo previo en modelo físico reducido.

La Confederación Hidrográfica del Sur se dirigió al Centro de Estudios Hidrográficos para solicitar que, por su Laboratorio de Hidráulica, se realizase dicho estudio por entender que dicho Organismo, perteneciente al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), es el más adecuado para resolver el presente caso.

Surge por tanto un Convenio entre la Dirección General de Obras Hidráulicas y el CEDEX para efectuar por el Laboratorio de Hidráulica del C.E.H. los estudios y ensayos en modelo físico tridimensional.

Como consecuencia de dicho Convenio, y una vez efectuados los ensayos desde el puente de Tetuan hasta la desembocadura, se redacta esta "Nota Informativa sobre el estudio en modelo reducido del encauzamiento del río Guadalmedina".

2. LA OBRA

El Convenio entre la D.G.O.H. y el CEDEX propone el estudio de aproximadamente los últimos 3000 m. de encauzamiento del río Guadalmedina. Dado el carácter urgente de la obra se decide ensayar en esta primera fase los últimos 850 m. que van desde el puente de Tetuán hasta la desembocadura.

El proyecto de dragado y acondicionamiento del encauzamiento está definido en las hojas de planos nº 1 a 6. El río se encuentra dividido en dos zonas, una desde el P-11 hasta la desembocadura, de influencia marítima, y la otra desde el P-11 al P-18. En la primera la solera va desde la cota -0,1 hasta la -1,0, estando formada una escollera de 15 cm. y las protecciones de los muros son de escollera presumiblemente colocada en lugar de vertida.

El río es cruzado en esta zona por los siguientes puentes: Pescadería, Ferrocarril (modificando en planta su situación actual), Heredia (proyecto) y Carmen.

En el perfil 11 se sitúa un salto que independiza las dos zonas. Desde el P-11 al P-18 la solera es de escollera de 25 cm. cubierta de material vegetal ornamental. Los cajeros están protegidos mediante escalones de hormigón.

En esta zona hay dos puentes en proyecto (Salitre y Vendeja) y el de Tetuan actualmente en servicio.

El proyecto supone lecho estable en todo el cauce y que la lámina de agua no toque los puentes tanto para el caudal máximo como para posibles casos de régimen transitorio.

En todo este tramo se supone que la aportación sólida en arrastre es despreciable, ya que todo el material sólido es retenido aguas arriba.

La obra se dimensiona para 600 m³/seg., y con dos hipótesis referidas a la cota del mar, pleamar a la cota +2 y bajamar a la cota -0,5. El conjunto de las tres condiciones se deben suponer extremas, comprobando el funcionamiento satisfactorio del cauce sin que se produzcan daños que puedan afectar a la capacidad del cauce y estabilidad de la obra.

Como ya se ha mencionado, el río se ve afectado por diversos puentes, algunos construidos, otros en proyecto y otros que estando construídos serán sustituidos por otras estructuras.

En el modelo se han reproducido los puentes anteriormente

citados, cuya posición en planta está reflejada en la hoja de planos nº 1 y la cota de los tableros en la hoja nº 2. Sus características son las siguientes:

- Puente de Pescadería, construido, con dos pilas centrales formadas por una viga continua de hormigón de 1,50x1,50 apoyada en tres columnas de 1 m de diámetro.
- Puente del Ferrocarril, en proyecto trasladando de posición el puente actualmente construido. No tiene pilas.
- Puente de Heredia, en proyecto y no dispone de pilas.
- Puente del Carmen, construido, se apoya en dos pilas centrales continuas de 1,55 m de ancho, aunque en prototipo el ancho no es uniforme; lo mas preocupante es la posible cimentación.
- Puente de Salitre, en proyecto, puente sin pilas pero con apoyo en los estribos que afectan al flujo.
- Puente de Vendeja, en proyecto. No se dispone del proyecto de este puente, podría llevar una o dos pilas y el tablero estaría siempre por encima de la cota 5.
- Puente de Tetuan, construido en la actualidad pero

modificándose la sección del río, quedaría con una pila prácticamente central formada por ocho pilas rectangulares de vértices truncados, siendo el ancho de 1,2 m.

3. EL MODELO. ESCALAS Y LEYES DE SEMEJANZA

Aunque en esta primera fase no se contempla el estudio de arrastre sólido, para el ensayo en su conjunto el modelo se proyecta de fondo móvil.

Ante la posibilidad de aportación sólida, una vez fijada la característica de fondo móvil y dada la necesidad de medir con precisión los niveles de agua, unido a los condicionantes de espacio disponible en el Laboratorio, se proyecta un modelo con distorsión de escala, fijando como escala horizontal 1/75 y vertical 1/50, utilizando como criterio de representatividad la semejanza de Froude.

Adoptadas estas escalas, las correspondientes el resto de las magnitudes representativas son las siguientes:

Longitud	$Lê = 75$
Altura	$hê = 50$
Volumen	$Vê = 281250$
Velocidad	$vê = 7,07$
Tiempo	$tê = 10,618$
Caudal	$Qê = 26516,5$
Rugosidad	$nê = 1,57$
n° Reynolds	$Rê = 353,5$

Para esta primera fase se decidió aplicar el criterio de igualdad de densidades del material empleado en el lecho del río, comprobando primeramente la estabilidad del material de fondo para, una vez adoptada la solución final, comprobar los niveles aplicando el criterio de rugosidad.

En todos los casos se comprueba que tanto el número de Reynolds del flujo como el número de Reynolds de arrastre tienen valores suficientemente altos.

La alimentación del caudal líquido se realiza mediante partidador, lo que permite, no solamente alimentar con un caudal fijo sino también reproducir todo tipo de hidrogramas.

Las cotas en el mar son reguladas mediante un juego de vertederos y válvulas que permiten fijar la cota deseada, medida mediante un limnómetro convenientemente dispuesto.

Para medir niveles se utilizan limnógrafos conectados con un ordenador central que permite detectar todo tipo de ondas. Los limnógrafos están dispuestos en los perfiles 1,2,3,5,7,10,11,12,14,16 y 18.

4. SOLUCION PROYECTO

4.1. Ensayos

El Laboratorio ensaya la Solución Proyecto definida en las hojas de planos nº 1 a 6 con la única salvedad del puente de Vendeja que al no poder contar con los planos del proyecto no ha podido ser reproducido, teniéndose en cuenta solamente la cota del tablero a efectos de niveles.

Para reproducir el árido representativo de la escollera se utiliza la escala de rugosidades, dada la hipótesis impuesta por el proyectista de lecho fijo en todo el cauce, para que una vez comprobados los niveles en el mismo sustituir el material por otro representativo de la escollera proyectada según la escala de arrastres, estudiándose entonces la estabilidad del lecho.

Durante la experimentación con 600 m³/seg. y bajamar (cota -0,5) se observa que el río está muy por encima del mar y al llegar a éste se produce una fuerte aceleración, poniéndose el flujo en régimen rápido; la sección de régimen crítico no está fija, en principio se forma en el puente de Pescadería y a medida que se arrastran los materiales del fondo se va desplazando hacia aguas arriba. Es de destacar el claro

estrechamiento que se produce en la desembocadura debido a la escollera y que unido al puente citado crea una zona cuyos efectos en el flujo son claramente perniciosos.

El agua no llega a tocar los puentes de Ferrocarril y del Carmen a pesar de que en la caída provocada en el P-11 se produce un resalto ondulado cuyas ondas se acentúan a medida que el lecho va formando dunas. Resumiendo, el material del fondo, escollera de 15 cm, es claramente arrastrado como consecuencia del resalto y la desembocadura, produciéndose también arrastres localizados en las pilas del puente del Carmen.

En la zona del resalto se observan además ondas producidas por los cajones laterales que pueden ser disminuidas trasladando la transición de hormigón a escollera hacia aguas abajo.

Entre el perfil P-11 y el P-18 el fondo está constituido por escollera de 25 cm sobre la que se coloca tierra vegetal con césped; la escollera tiene carácter resistente y la capa superior ornamental, siendo esta última arrastrada por el agua de una avenida significativa. No está aquí de más recordar la necesidad de filtros que tienen todas las escolleras para un correcto funcionamiento ya que el arrastre de material fino subyacente puede ser importante sobre todo

para escollera de granulometría cerrada.

En este tramo la escollera es estable, ante lo cual se procedió a su comprobación según la escala de rugosidades. En este caso la lámina de agua alcanzaría al puente de Vendeja. Por otro lado el agua toca a los estribos del puente de Salitre produciéndose dos ondas estables que se trasladan hacia aguas abajo del salto y confluyendo en el centro del cauce al final de dicho salto. Si ello es posible, sería beneficioso modificar los estribos del puente de forma que no interfiriese con el flujo.

4.2. Conclusiones

La denominada Solución Proyecto se ha ensayado para caudales de 100,200,400 y 600 m³/seg. El comportamiento del encauzamiento para 100 y 200 m³/seg. es plenamente satisfactorio, iniciándose para este último caudal un proceso de barrido y formación de fosa a la salida de la caída situada en el P-11.

Para 400 m³/seg. se observa un comportamiento satisfactorio aguas arriba del P-11. En la caída el movimiento de árido es mas generalizado, permaneciendo el árido estable en el resto del encauzamiento hasta el puente de Pescadería desde donde

se produce movimiento generalizado del fondo. Así mismo hay movimientos locales en las pilas del puente del Carmen.

De los ensayos realizados para 600 m³/seg. se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Entre el P-1 y el P-11 la escollera de 15 cm. utilizada no es estable, produciéndose fuertes arrastres, debido fundamentalmente a las siguientes causas:

a - Paso de régimen lento a régimen rápido en la zona de la desembocadura.

b - Estrechamiento producido por la escollera de protección de los cajeros entre los perfiles 1 a 3.

c - Pilas en los puentes de Pescadería y el Carmen.

d - Resalto ondulado producido aguas abajo del P-11.

2. Dado que los niveles observados son aceptables, las modificaciones se encaminaron en una primera fase a fijar la solera comprobando entonces la variación de los niveles.

3. El resalto es de tipo ondulado con un número de Froude de

1,25, no siendo posible un cuenco de resalto que anule las ondas. La solución es proteger con escollera de forma que no se produzcan dunas en el lecho, disipandose la energía a lo largo del cauce, lo que disminuirá notablemente el tamaño de las ondas.

4. En el tramo comprendido entre los perfiles P-11 a P-18 la escollera de 25 cm. proyectada es estable. Los niveles máximos alcanzados por el agua superan la cota 5,0 a la que se proyecta el puente de Vendeja. Existe interferencia de la lámina de agua con los estribos del puente de Salitre produciendo ondas que se trasmiten aguas abajo.
5. Hasta que no se ensaye la zona de aguas arriba del P-18, en el tramo comprendido entre el P-11 y el P-18 no se introducirán, por el momento, modificaciones salvo las que considere oportuno introducir el proyectista en los dos puentes indicados. Recordemos que el puente de Vendeja no ha sido posible reproducirlo físicamente en modelo al no disponer de su definición exacta.

6. SOLUCION PROPUESTA

6.1. Tanteos previos

Antes de llegar a la Solución Propuesta, lo primero que se intenta es dejar al río libre para que defina, sin aportación sólida, cual sería su perfil de equilibrio para el material de fondo dispuesto. La primera dificultad que aparece es que los 2,5 m. de de carrera de marea impuesta influye de forma notable en el comportamiento del río. En cualquier caso se observa fundamentalmente que el río está muy alto en relación al mar, además de intuir que el río es muy estrecho para la avenida de 600 m³/seg., por lo tanto para llegar al perfil de equilibrio del río habría que proyectar un dragado de gran cuantía no compatible con la estabilidad de los muros.

Se adopta una solución de compromiso aumentando la excavación proyectada, la pendiente del río y el tamaño de la escollera de protección del lecho.

Junto con estas modificaciones se introducen otras tendentes a mejorar el funcionamiento del flujo.

6.2. Solución Propuesta. Ensayos.

protección de los propios puentes será ensayada a continuación una vez que por el peticionario se defina en que circunstancias quedan las pilas y estribos despues de efectuar la excavación recomendada.