

# FENÓMENOS DE RESONANCIA EN LOS DESAGÜES PROFUNDOS DE LA PRESA DE LA VIÑUELA. MÁLAGA

Juan Antonio Rodríguez Arribas.  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
C.H.S.

Bernardo Sánchez Martín.  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
CEDEX.

Tomás Pérez-Andújar.  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
CEDEX.

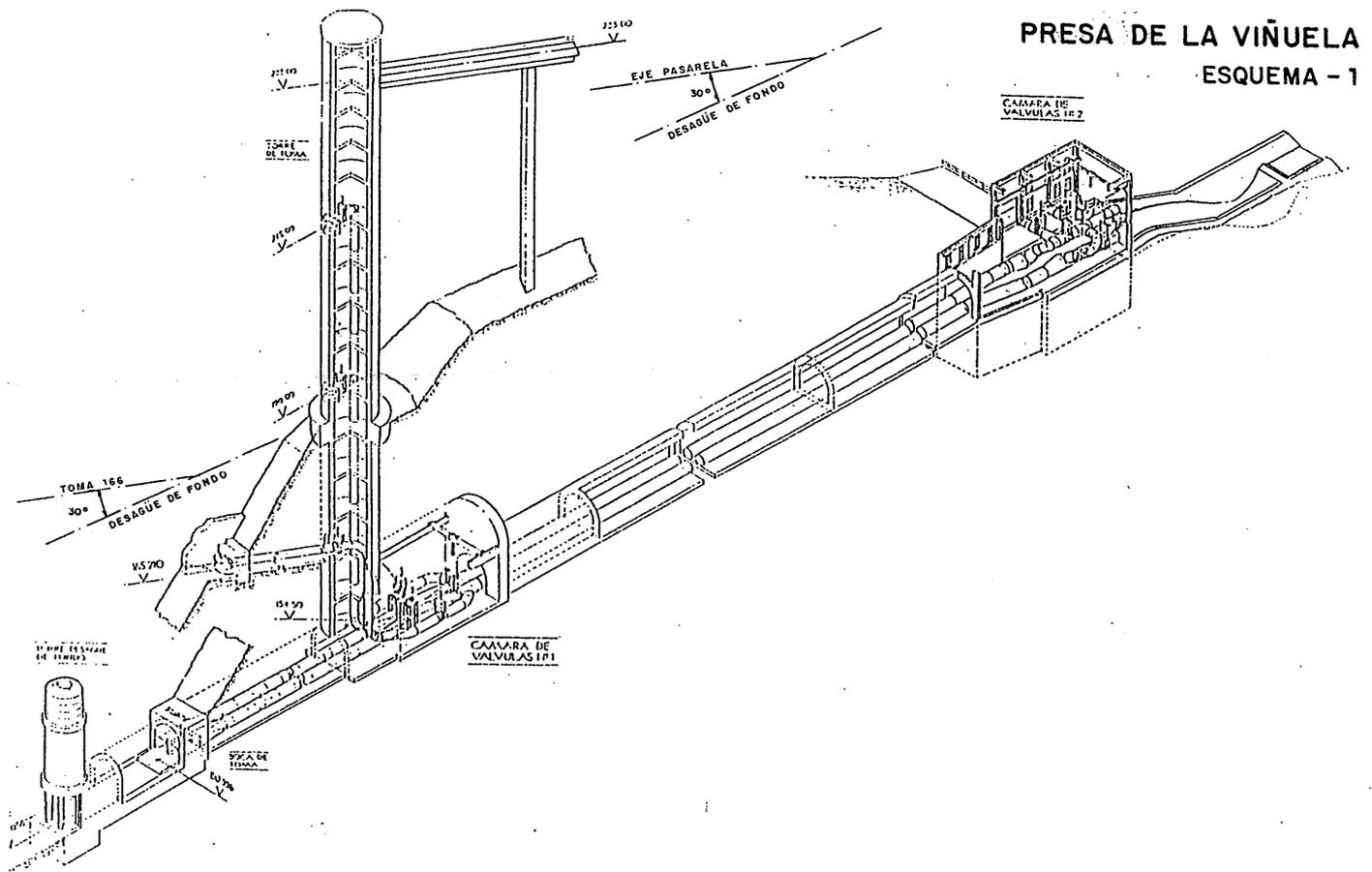
Cristóbal Mateos Iguácel.  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
CEDEX.

## RESUMEN

*El desagüe de fondo de la presa de La Viñuela está formada por dos conducciones de 1.600 mm. Por motivos económicos se aprovecharon estas conducciones para las tomas de servicio por medio de conexiones en paralelo en la cabecera y final. Durante la explotación se observaron fuertes vibraciones en alguna de las válvulas de compuerta de simple apoyo, que fueron registradas por el Laboratorio de Hidráulica del CEDEX, comprobando que se producía una resonancia de golpe de ariete.*

## ABSTRACT

*The lower of La Viñuela dam consists of two 1,600 mm diameter pipes. For reasons of economy, these pipes were used for the service take-offs by parallel connections at both ends. Strong vibrations observed during the operation of some of the single support hatch valves were registered by the CEDEX Hydraulic Laboratory and identified as water-hammer resonance.*



Esquema 1.

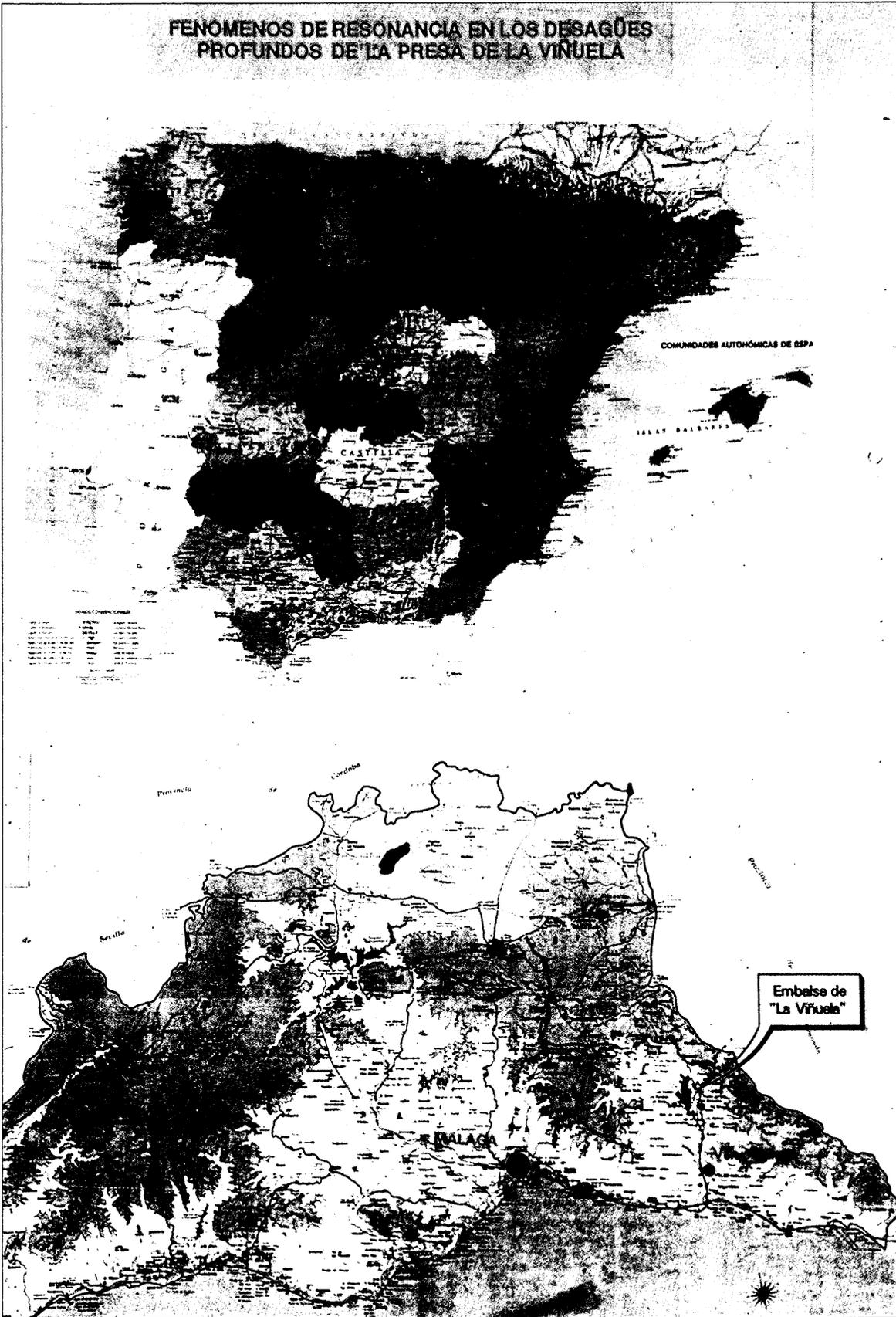
La presa de *La Viñuela*, situada sobre el río Guaro, regulará las aguas de la red hidrográfica de la comarca de la Axarquía, y se concibe como pieza clave de abastecimiento de la citada región y de la mejora de regadíos.

La presa es de materiales sueltos, coronada a la cota 235, con una altura total de 96 m. y 86 m. sobre la desembocadura de los desagües de fondo, que están instalados en el túnel que durante la construcción de la presa sirvió de desvío del río. Dichos desagües de fondo están formados por dos tuberías de 1600 mm. de diámetro y una longitud de unos 430 m. Como se indica en el esquema nº 1, se construyeron dos cámaras para la instalación de los mecanismos de control: la cámara nº 1, situada bajo la torre de tomas y la nº 2 en la desembocadura de las conducciones. Cada conducto del desagüe de fondo dispone de tres compuertas tipo Bureau de 1,25 m. de ancho por 1,60 m. de alto, dos dispuestas en la cámara nº 1 y la tercera situada en la cámara nº 2 (esta última regulará los caudales evacuados). Entre las dos pri-

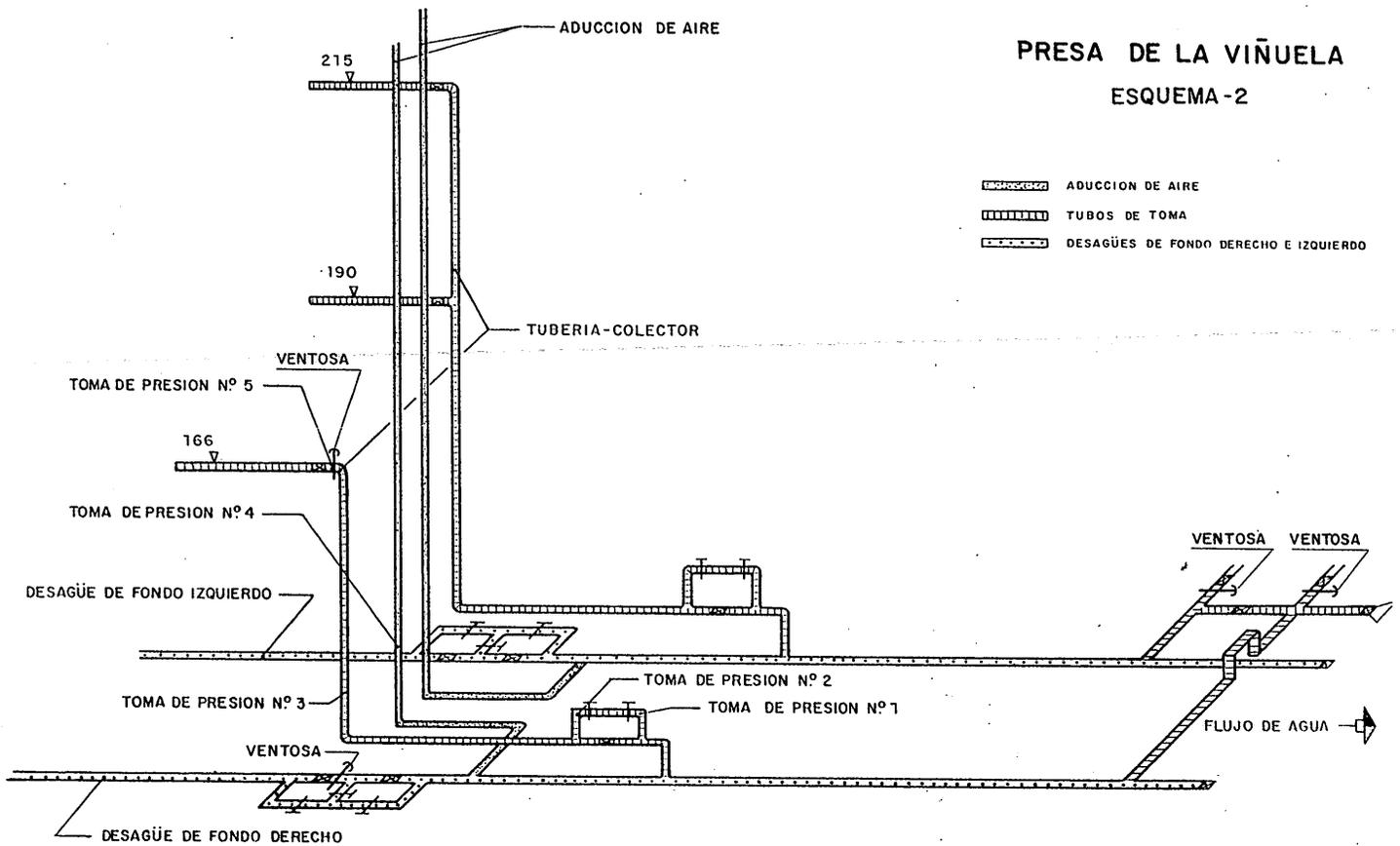
meras compuertas, situadas en la cámara nº 1, se dispuso una ventosa y un by-pass, desembocando aguas abajo de la segunda un tubo de aireación que se elevaba dentro de la torre. La capacidad de un conducto es de 42 m<sup>3</sup>/s., con velocidades de 20 m/s.

La presa de *La Viñuela* cuenta con tres tomas para los servicios de abastecimiento y regadío, situadas en la torre de tomas, a las cotas 166, 190 y 215, provistas de compuerta en sus embocaduras y conducciones de 1200 mm de diámetro, el caudal máximo de servicio previsto es de 6,2 m<sup>3</sup>/s. Por motivos económicos, tal como se expone en el esquema nº 2, se ha conectado la tubería-colector de las tomas 190 y 215 al conducto izquierdo de 1600 mm. del desagüe de fondo y la toma 166 al conducto derecho, disponiendo en la cámara nº 1 sendas válvulas aguas arriba de las conexiones; al final de los conductos del desagüe de fondo se han dispuesto desvíos para las dos salidas de servicio, disponiendo además una conexión entre ambas salidas. En la cámara nº 2, como se indica en los esquemas 2 y 4, se han instalado

FENÓMENOS DE RESONANCIA EN LOS DESAGÜES PROFUNDOS DE LA PRESA DE LA VIÑUELA



PRESA DE LA VIÑUELA  
ESQUEMA-2



Esquema 2.

tres válvulas de compuerta, dos en las salidas de las tomas y otra en la conexión entre ambas. Las válvulas de las embocaduras y desembocaduras de las tomas cuentan con ventosas para la evacuación del aire atrapado y en las válvulas de la cámara nº 1 se han dispuesto by-passes para equilibrar presiones. Todas las válvulas de compuerta eran de asiento simple, excepto la válvula

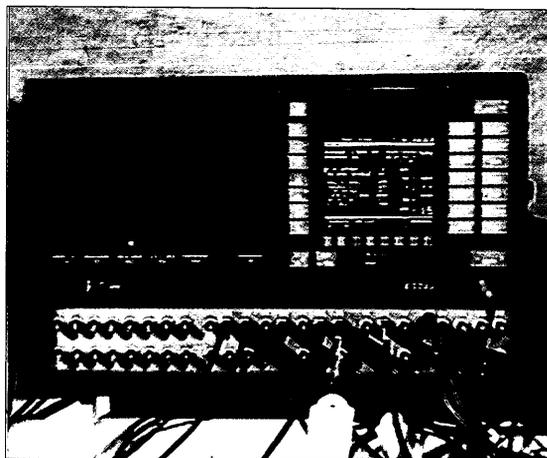
de conexión a la salida de las tomas que era de asiento doble.

Con esta disposición de los desagües profundos se ha complicado mucho el juego de posibles maniobras que, en algunos casos, pueden producirse circunstancias perjudiciales, ya que en alguna falsa maniobra las válvulas situadas en la cámara nº 1, se las podía someter a sobrepresión en la cara contraria a su asiento.

Durante la explotación se produjeron fuertes vibraciones en la válvula de compuerta de la cámara nº 1, correspondiente a la toma 166, situada aguas arriba del enlace con el conducto derecho del desagüe de fondo.

La Dirección General de obras Hidráulicas encargó el estudio de este fenómeno al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), trabajo que fue realizado por el Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos.

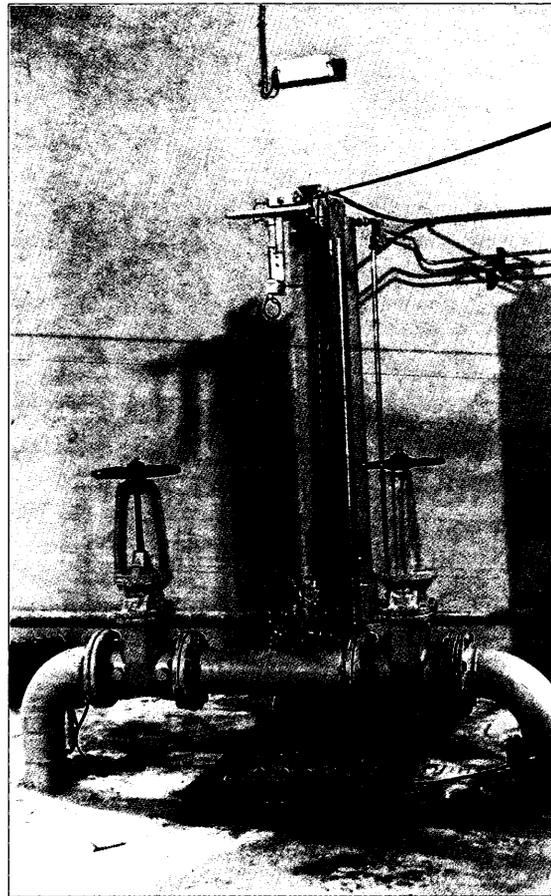
Para la realización de este trabajo se dispusieron sensores de presión rápidamente variable DRUCK - PTS•510, situados, como se indica en los esquemas nº 2 y 3, dos en el by-pass a cada



Registrador analógico de cinta magnética (Rakal).

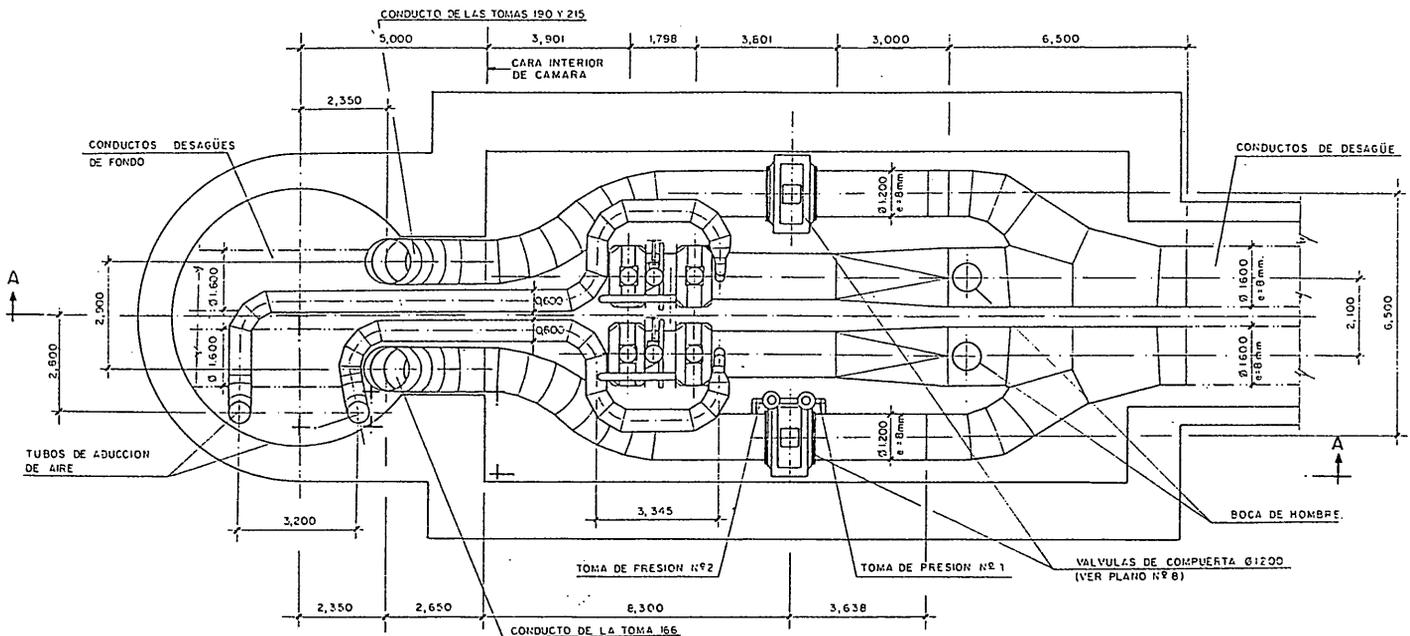
lado de la compuerta que vibraba (tomas de presión nº 1 y 2), otro en el tubo de aducción de aire (toma de presión nº 4) y otros dos en el conducto de la toma, aguas arriba de la citada válvula uno en la embocadura de la toma 166 (toma de presión nº 5) y otro a mitad de distancia (toma de presión nº 3). Durante la experimentación los resultados se almacenaron por medio de un registrador analógico de cinta magnética (RAKAL), a continuación se efectuaron lecturas de dichas cintas magnéticas a intervalos de 5 diezmilésimas de segundo que se guardaron en sendos ficheros, estudiando en ellos los espectros de frecuencias y presiones máximas y mínimas.

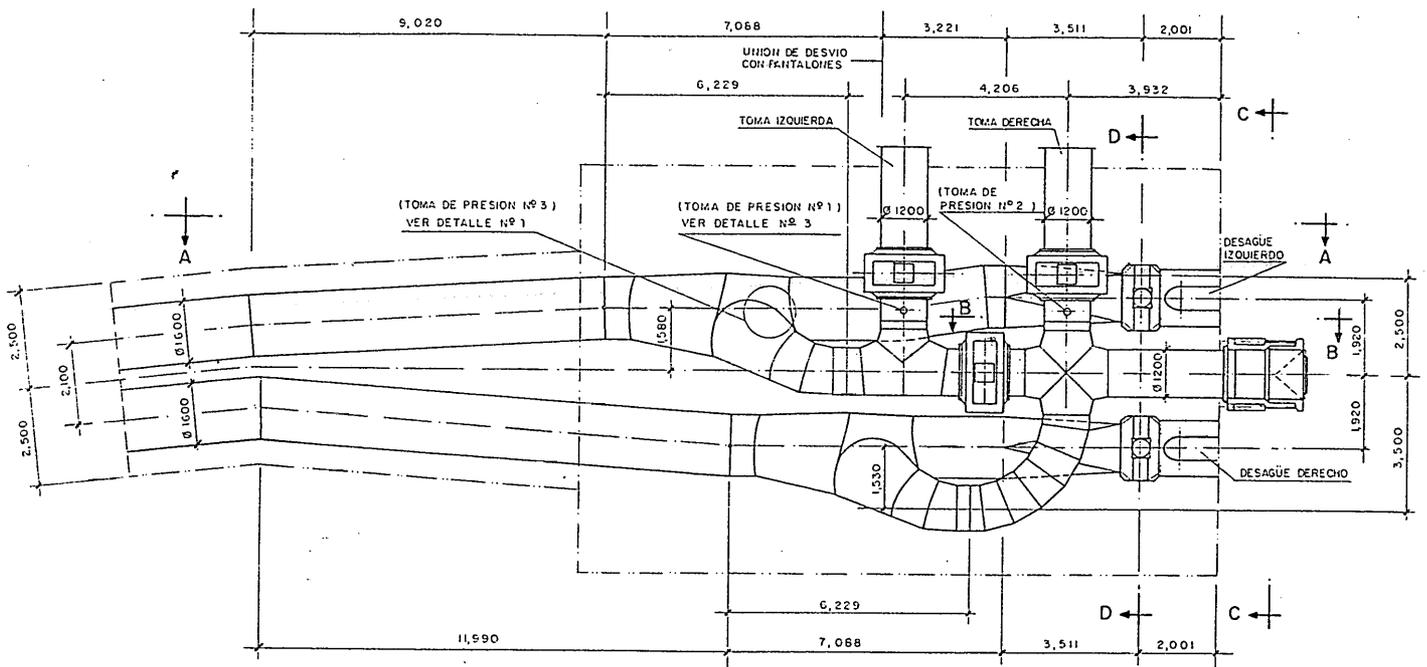
Las vibraciones se producían en la maniobra de vaciado de la conducción derecha del desagüe de fondo, o sea manteniendo cerrada la compuerta Bureau de la cámara nº 1 de desagüe de fondo y abriendo un poco (unos 5 cm.) la compuerta Bureau de la cámara nº 2, cuando pese a estar cerrada la válvula de la toma 166, situada en la cámara nº 1 (y por tanto manteniendo en carga el ramal de aguas arriba) la pequeña fuga del asiento de esa válvula se traducía en fortísimas fluctuaciones de presión. Se comprobó que se producía resonancia de golpe de ariete, que aunque las velocidades medias del agua eran muy reducidas (casi nulas) y con una presión media aguas arriba de la válvula



*By-pass de la válvula de compuerta con las tomas de presión.*

**Esquema 3.**

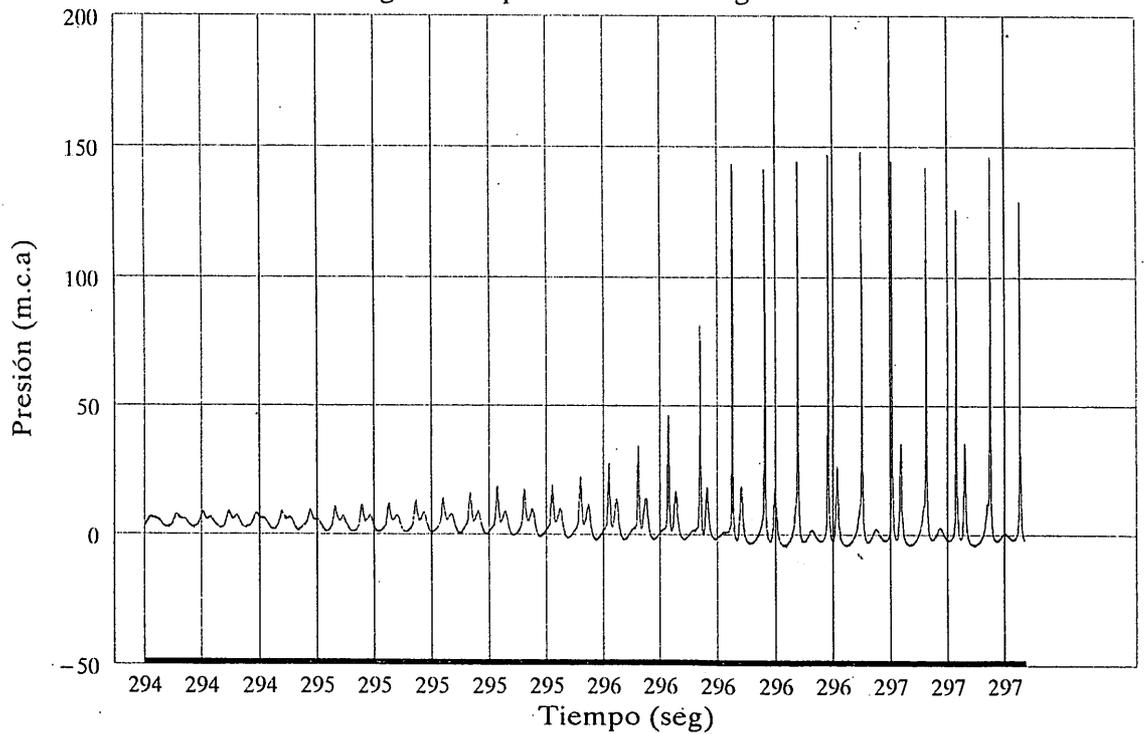




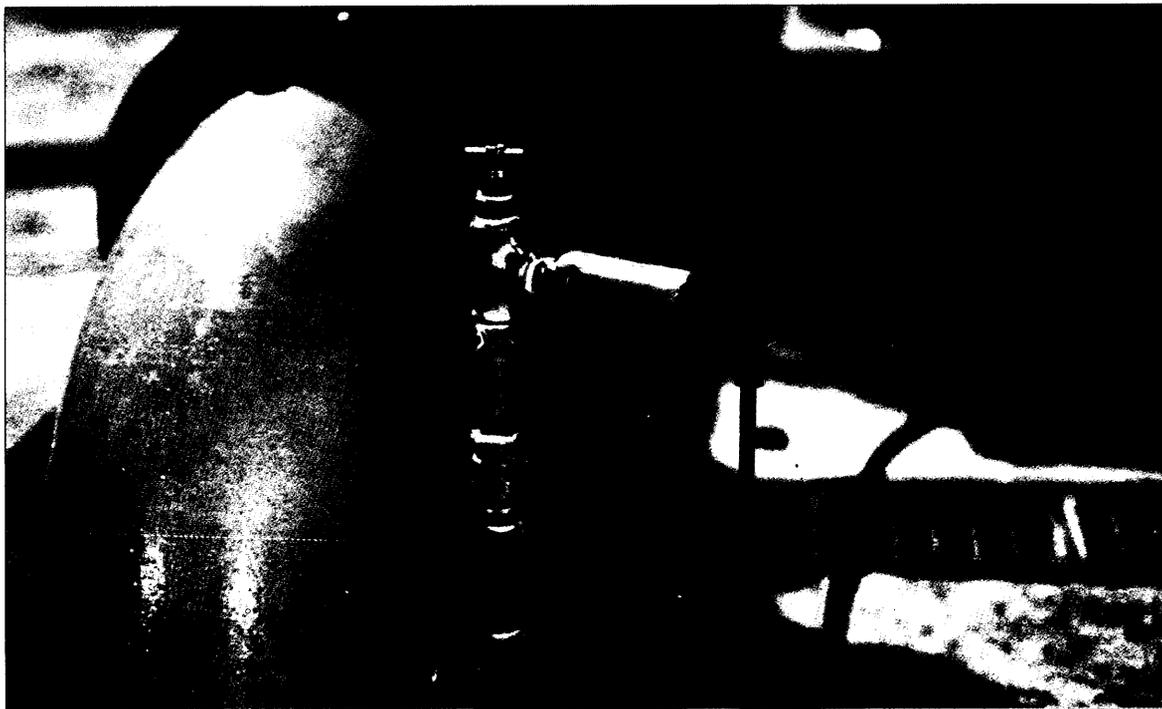
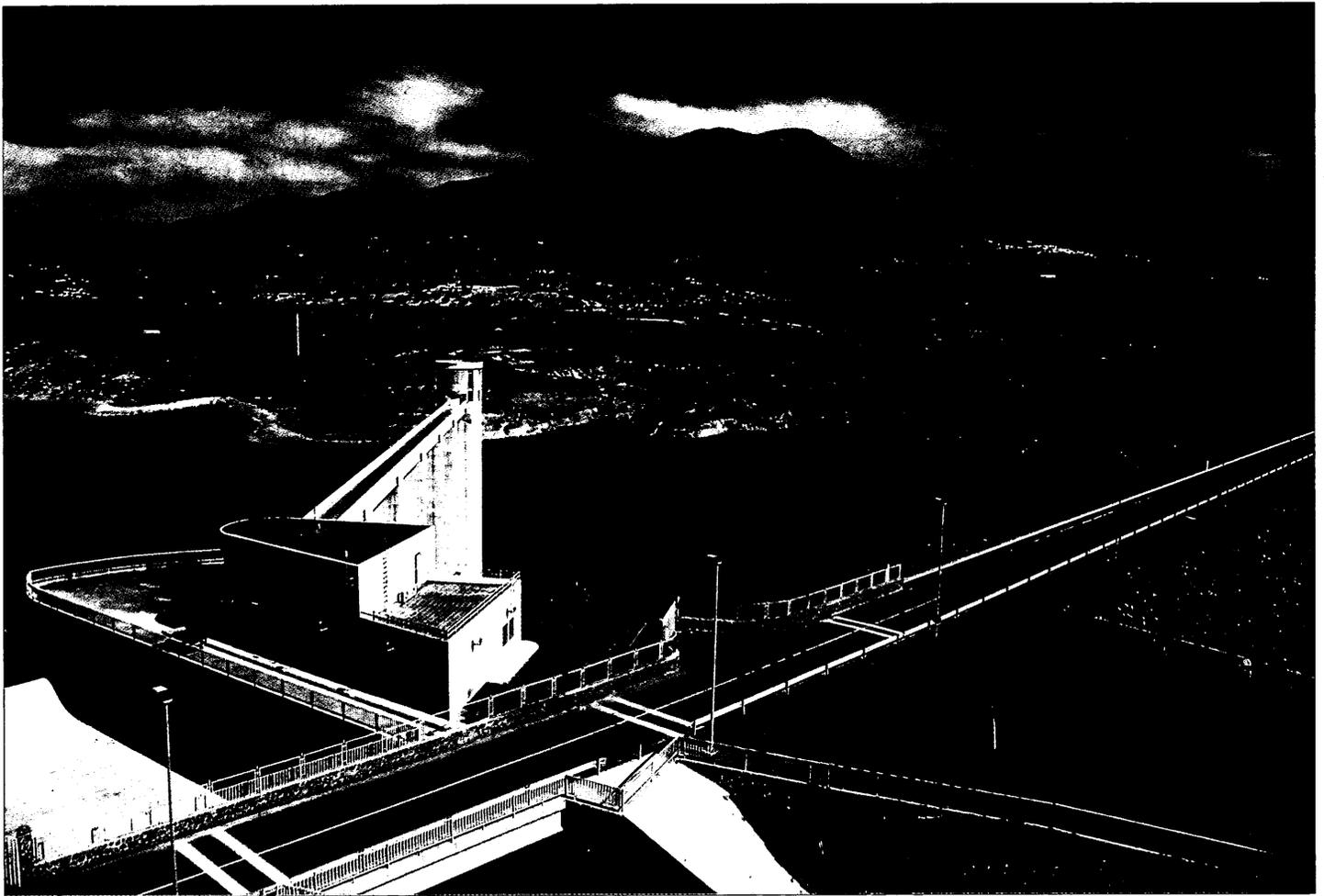
Esquema 4.

# PRESA DE LA VIÑUELA

Registro de presiones en desagüe de fondo



Esquema 5.



*Instalación de un captor de presión.*



**Aliviadero y desembocadura de los desagües de fondo de la presa de Viñuela.**

de unos 5 m.c.a., se alcanzaban puntas de más de 150 m.c.a. (esquema nº 5)

Se comprobó que:

1° La resonancia se produce cuando la frecuencia de la onda de presión que recorre la tubería se aproxima a la frecuencia propia de oscilación de la lenteja.

2° La frecuencia propia de vibración de la lenteja depende del tipo de movimiento de la misma (flexión o torsión del vástago, o una combinación de ambas).

3° Cuando el cierre es incompleto, el paso del agua en la lenteja modifica la frecuencia propia de vibración en función de la masa añadida.

4° El comportamiento elástico de la válvula de compuerta modifica la apertura en función de las sobrepresiones.

5° El escape de agua por la lenteja produce el vaciado disminuyendo la longitud del tramo en carga aguas arriba, variando el período de la onda de presión que recorre la tubería.

Por todas estas razones la resonancia es un fenómeno inestable.

De estos resultados se puede concluir que es desaconsejable instalar conducciones en derivación en un desagüe de fondo. Las altas velocidades que se producen en él pueden llegar a producir sobrepresiones que hay que tener en cuenta en el dimensionado de la conducción, del mismo modo que se debe estudiar con cuidado los posibles

puntos donde se pueda producir cavitación. Sin embargo en una toma de servicio se procura minimizar las pérdidas de carga, las velocidades son moderadas, lo que permite una mayor libertad de diseño. Por otra parte, no es una ventaja el hecho de que una válvula de compuerta de simple asiento tienda a cerrar más cuanto mayor sea la diferencia de presiones, pues precisamente por su comportamiento elástico puede producir sobrepresiones intermitentes que provoquen la resonancia de golpe de ariete.

En el caso de La Viñuela se tomaron las mejores medidas que permitía la situación, que fueron:

1º Sustituir todas las válvulas de compuerta de asiento simple por otras de doble asiento.

2º Derivar todas las tomas hacia el conducto izquierdo de desagüe de fondo, enlazando la toma 166 con la tubería-colector de las otras dos tomas, con el fin de dejar libre el conducto derecho,

que se emplearía habitualmente como desagüe de fondo, mientras que el izquierdo se emplearía habitualmente como obra de toma, y sólo en caso de necesidad y con normas de manejo muy definidas funcionaría como desagüe de fondo.

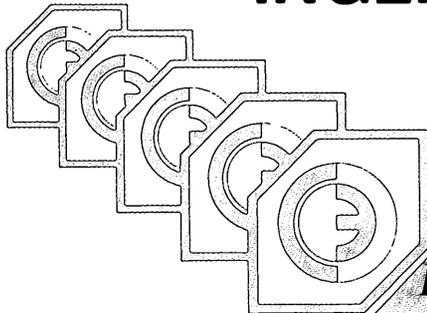
3º Embutir en hormigón armado la tubería-colector de las tomas.

Se recomendó que la válvula de compuerta situada en la cámara nº 1, aguas arriba del enlace con la conducción de 1600 mm., permaneciera normalmente abierta y confiar las maniobras ordinarias a las restantes válvulas.

Hay que hacer hincapié en que estos sistemas complejos con multiplicidad de válvulas, enlaces y ramales interconectados, aparte de las complicaciones que presentan durante la explotación, son más propensos a que cualquier avería en uno de sus órganos provoque problemas vibratorios, por lo que se debe procurar hacer las instalaciones lo más seguras y simples posibles. ●

# CEMOSA

## INGENIERIA Y CONTROL



*Empresa Colaboradora de los Organismos de Cuenca*

**MALAGA**  
C/Benaque, 9  
Tel.: (95) 223 08 42  
Fax: (95) 22312 14  
29004 MALAGA

**GRANADA**  
Carretera de Pinos Puente  
Km. 434  
Tel.: (958) 43 67 52  
Fax: (958) 43 76 81  
18230 ATARFE  
(Granada)

**SEVILLA**  
Polígono Navisca, C/K, 9  
Tel.: (95) 484 93 71  
Fax: (95) 485 79 01  
41018 SEVILLA

**JAEN**  
POL. IND. Los Llanos,  
Parcela 26  
Tel.: (953) 567 41 12  
Fax: (953) 41 05 25  
23640 TORRE DEL CAMPO (Jaen)

**MADRID**  
POL. IND. San José de Valderas, 2.  
C/ La Lluvia, 13 - Nave 38  
Tel.: (91) 610 93 71  
Fax: (91) 619 71 55  
28917 LEGANES (Madrid)

Laboratorios acreditados en las áreas: HCA, HC, AC, AS, SE, ST, SV.