

# El laboratorio de ensayo de turbinas hidráulicas de Kriens

De la revista *Schweizer Bauzeitung* (tomo 87) extractamos la siguiente descripción del completísimo laboratorio para ensayo de turbinas hidráulicas que para

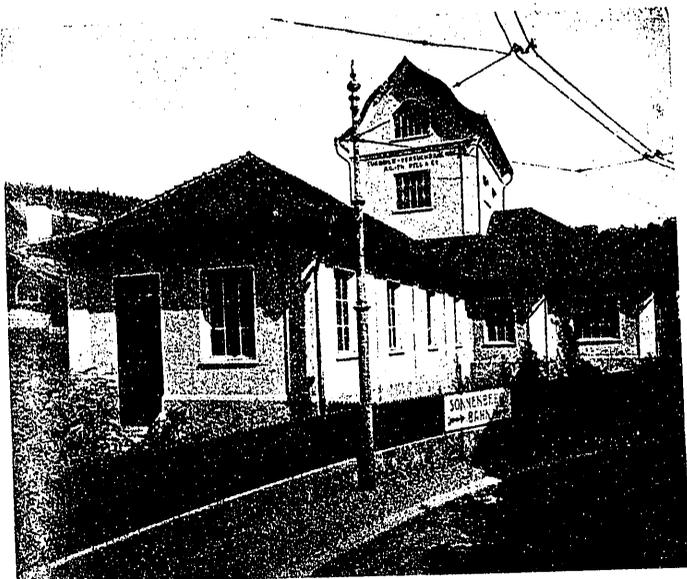


Fig. 1.ª Vista exterior del laboratorio de ensayos de turbinas, en Kriens

sus investigaciones ha instalado la casa Theodore Bell & Cia., en Kriens.

Ya desde el año 1870 la casa Bell disponía de un salto propio de 75 m para ensayos de modelos; pero la necesidad, siempre creciente, de resolver problemas hidráulicos difíciles, inabordables desde el punto de vista puramente teórico, dió lugar a que se estudiase una importante instalación de bombas centrífugas.

## I. DISPOSICIÓN DE CONJUNTO DE LA INSTALACIÓN

Al proyectar la instalación de ensayos se tomó ampliamente en consideración el probable desarrollo de la construcción de turbinas, es decir, de la construcción de turbinas extra-rápidas, tanto en el campo de las turbinas de reacción como en el de las turbinas de chorro libre. Por esta razón se proyectó la instalación de ensayos, para poder efectuarlos en turbinas de reacción con una amplia variación del salto y de la cantidad de agua, de manera que permita montar tubos de aspiración de las formas y dimensiones más diversas, con fácil acceso a éstos, mientras que los dispositivos de ensayo para turbinas de chorro libre permiten mediciones con gran variabilidad del salto, sobre todo con saltos relativamente pequeños y cantidades de agua correspondientemente grandes y ensayos de chorros gruesos con relación al diámetro de la rueda móvil en turbinas con una o dos toberas.

Sobre el depósito colector de 140 m<sup>3</sup> de cabida hallanse instaladas tres bombas centrífugas, una bomba de baja presión (24 en los grabados), una bomba de presión media (25) y una bomba de alta presión (26), las cuales son accionadas alternativamente, cada una sola o las primeras dos en conjunto, por un motor asíncrono de 300 caballos (38). Una serie de poleas recambiables de diferentes diámetros permiten el accionamiento alternativo de las bombas con diferente número de revoluciones. La bomba gemela de baja presión (24) suministra, con 5 m de altura de elevación, 2 470 litros por segundo; la bomba de presión media (25) es una bomba de simple efecto para 1 140

litros por segundo con 6 m de altura de elevación, o para 775 litros por segundo con 13 m, respectivamente. La bomba de alta presión (26) es una bomba de una cámara, la que con 106 m de altura de elevación suministra 140 litros por segundo o 250 litros por segundo con 55 m, respectivamente. Estando acopladas las bombas 24 y 25, pueden elevarse a 3 m, 3 025 litros por segundo.

Los tubos de aspiración de las bombas aspiran directamente del depósito colector y no tienen válvulas de retención, puesto que la primera carga de las tres bombas se efectúa por evacuación mediante una bomba de vacío (27).

Para los ensayos con turbinas de baja o media presión se emplean las bombas correspondientes, solas o en conjunto; el agua de las bombas pasa por la tubería de elevación 3 (figuras 4.ª y 8.ª) a la caja 44, atraviesa el objeto a ensayar y llega al depósito inferior de la tubería de aspiración (13), y de éste al canal de aforo. Por el vertedero (22) pasa al canal de retorno, para volver al depósito colector del que aspiran las bombas.



Fig. 2.ª Vista interior, mirando hacia la torre, con las plataformas de freno

Sobre la disposición de ensayos con la bomba de alta presión, véase el capítulo especial sobre ensayos con turbinas de alta presión, pues los objetos a ensayar se unen directamente con la tubería de elevación de la bomba.

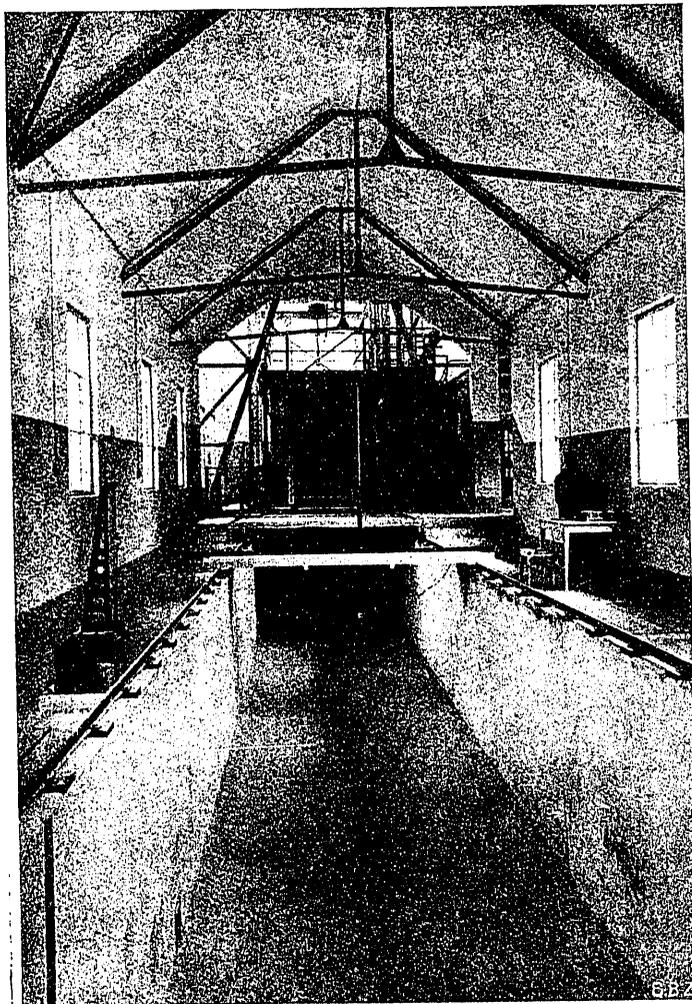


Fig. 3.ª Vista del origen del canal de aforo. En primer término, la escala hidrométrica, de precisión, de aguja

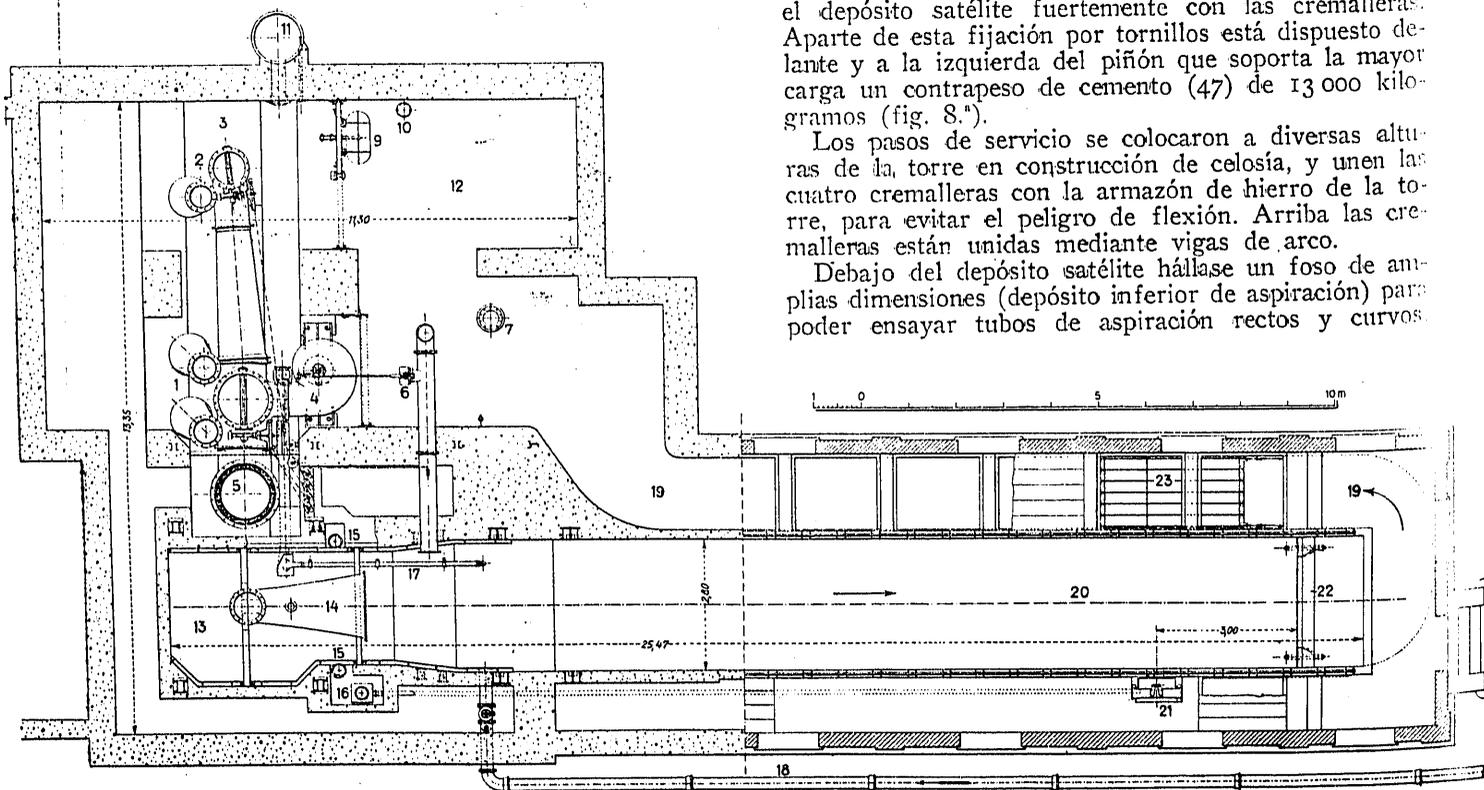


Fig. 4.ª Planta de sótanos, a la izquierda, y planta baja, a la derecha. Corte horizontal de los canales. Escala, 1 : 160.

## II. INSTALACIONES PARA BAJA Y MEDIA PRESIONES.

Las disposiciones están en forma tal, que pueden probarse toda clase de turbinas Francis, abiertas y cerradas, de eje horizontal y vertical, simples y múltiples, con diferentes direcciones de salida de los tubos de aspiración, así como también turbinas en espiral y turbinas con caja de forma cilíndrica. Esta gran variación de ensayos es posible por la construcción especial del depósito de agua (44 y 50, respectivamente, en las figuras 8.ª y 10), cuya altura es asimismo variable.

El agua que suministran las bombas 24 y 25 pasa desde la tubería de elevación y por la tubería de impulsión (5), dispuesta en forma telescópica, constando de cinco tubos concéntricos con prensa-estopas, a la cámara de amortiguamiento del depósito satélite, en la que se han montado varios tabiques de choque. Luego pasa por un tamiz de mallas finas, que ocupa toda la pared lateral al depósito de agua superior. Este tiene una cabida de 35 m<sup>3</sup>.

El depósito satélite es de chapa de hierro con fuerte armazón de hierro perfilado. La colocación y el ensayo de los tipos más diversos de turbinas es posible por una abertura en el fondo, que puede regularse a 1,35 metros de anchura en toda la longitud del depósito, así como también por aberturas cuadradas de 1,35 metros en la pared frontal de aguas abajo y en la pared lateral derecha del depósito satélite; además, una plataforma de freno superior y otra inferior forman conjunto con el depósito satélite.

La regulación de altura del depósito satélite (44) efectúase mediante un mecanismo dispuesto en la parte inferior de su armazón y accionado por el motor eléctrico de un caballo de potencia, de cuyo mecanismo engrana siempre un piñón en cada una de las cuatro cremalleras dispuestas verticalmente. La velocidad de elevación es de unos 3 cm por minuto. Mediante esta graduación vertical puede variarse el salto de 2 hasta 12 m, y la altura de aspiración de 1 hasta 10 m, es decir, hasta la ruptura de la columna de agua.

Habiendo alcanzado la altura deseada, se atornilla el depósito satélite fuertemente con las cremalleras. Aparte de esta fijación por tornillos está dispuesto delante y a la izquierda del piñón que soporta la mayor carga un contrapeso de cemento (47) de 13 000 kilogramos (fig. 8.ª).

Los pasos de servicio se colocaron a diversas alturas de la torre en construcción de celosía, y unen las cuatro cremalleras con la armazón de hierro de la torre, para evitar el peligro de flexión. Arriba las cremalleras están unidas mediante vigas de arco.

Debajo del depósito satélite hállase un foso de amplias dimensiones (depósito inferior de aspiración) para poder ensayar tubos de aspiración rectos y curvos.

ta 2 m de anchura y vertederos sin contracción lateral de la anchura del canal (fig. 12). Dando dimensiones suficientes al cauce de desagüe puede formarse siempre un chorro de vertedero bien aireado en todas las condiciones (fig. 13). La cresta del vertedero está a 1 m sobre el fondo del canal.

En sentido contrario al canal de aforo, el canal de retorno (19) devuelve el agua al depósito colector. Su anchura es de 1 540 mm. De esta manera pueden hacerse mediciones de molinete simultáneamente en am-

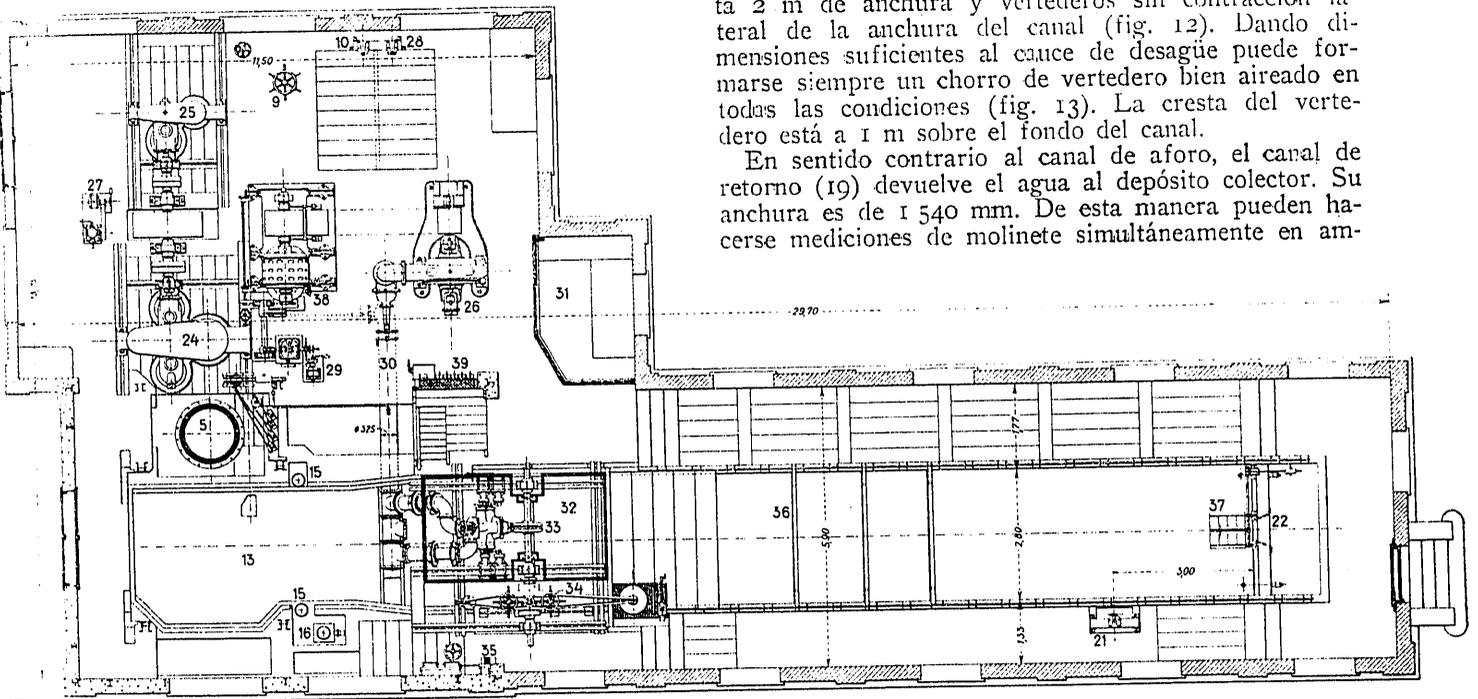


Fig. 8. Plano de la planta baja con la instalación de máquinas, canal de aforo y corte horizontal de la cámara de ensayos de turbinas de alta presión. Escala, 1 : 100

hidróconos, etc. Para el montaje de los tubos de aspiración y para la suspensión de los mismos, que pudiera hacerse necesaria, está dispuesta una pequeña grúa móvil que corre sobre dos vigas de doble T del depósito satélite.

Al depósito inferior de aspiración va unido el canal de aforo, de 18 m de longitud y de 2,8 m de anchura (figuras 5.ª y 6.ª). Para la cantidad de agua máxima de 3 000 litros por segundo, la velocidad en el canal es de 0,644 m por segundo, con una profundidad del agua de 1 663 mm. Para obtener una corriente de agua uniforme han sido montados tabiques de choque (36) en la primera parte del canal. Con esto se han conseguido perfectamente, como lo han demostrado mediciones hechas con molinetes hidrométricos, las condiciones primordiales para mediciones seguras de vertedero. En ambos lados, a lo largo del canto superior del canal, están dispuestos unos carriles exactamente ajustados y cepillados, los cuales fueron usados como plantillas durante el revoque definitivo del canal, para obtener una construcción del mismo tan exacta como fuera posible. Comprobaciones ulteriores señalaban diferencias en la anchura de 2 mm.

Esta pareja de carriles debía servir como guía para un aparato de pantalla móvil, pero no se usan por haber construido la pantalla de aforo en forma distinta.

Al final del canal de aforo está dispuesto el vertedero. Un marco de hierro fijado en hormigón permite colocar vertederos de contracción lateral desde 0,2 has-

dos canales con dos velocidades diferentes del agua a causa de las superficies desiguales del paso.

Para conseguir la regulación de la cantidad de agua útil y para obtener la constancia del nivel de agua superior en el depósito satélite, así como para alcanzar una seguridad de servicio absoluta en los ensayos, han sido montados los siguientes dispositivos dignos de mención:

a) *Regulación de la cantidad de agua de servicio.*— La regulación ordinaria de la cantidad de agua para

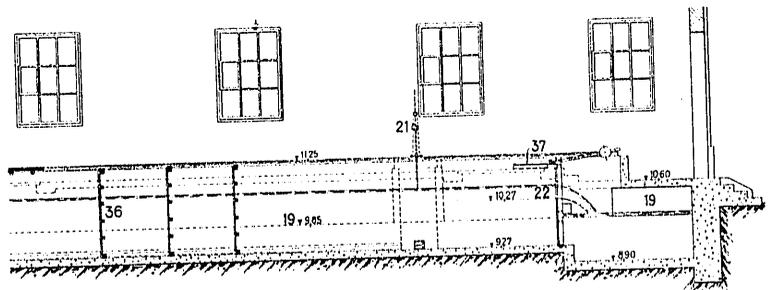


Fig. 6.ª Corte longitudinal del canal de aforo. Escala, 1 : 160.

períodos largos de ensayos se efectúa mediante regulación del número de revoluciones de las bombas colocando las poleas adecuadas. La regulación ordinaria durante los ensayos se consigue graduando las válvulas de mariposa montadas en los tubos de unión entre las espirales de las bombas y la tubería de elevación. Dichas válvulas pueden graduarse por cadenas

**EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS 5.ª A 10**

- 1, Tubería de aspiración de la bomba de baja presión 24; 2, tubería de aspiración de la bomba de presión media 25; 3, cámara de aspiración de la bomba de alta presión 26; 4, salida auxiliar de baja presión; 5, tubo telescópico; 6, salida auxiliar de alta presión; 7, tubo de aspiración de la bomba de alta presión 26; 8, compuertas de cierre rápido para ensayos de contrastación; 9, compuertas de cierre rápido para ensayos de contrastación; 10, flotador de contrastación; 11, colector, salida a la alcantarilla; 12, depósito de contrastación; 13, canal inferior; 14, aspirador curvo para turbina de baja presión; 15, flotador de nivel inferior; 16, flotador de vertedero; 17, tubería de aspiración para el sifón de chorro; 18, tubería de conducción del salto elevado natural, H = 75 m; 19, canal de retorno; 20, canal de aforo; 21, escala hidrométrica de precisión de agua; 22, vertederos de aforo; 23, rejilla de salvamento que puede elevarse; 24, bomba de baja presión; 25, bomba de presión media; 26, bomba de alta presión; 27, bomba de vacío; 28, escala hidrométrica; 29, regulación de presión automática (regulación del nivel de agua); 30, tubería de presión desde la bomba de alta presión a la turbina de alta presión; 31, oficina; 32, cámara de ensayo de alta presión; 33, turbina Pelton; 34, freno de fricción; 35, puesto de ensayo de manómetro; 36, tabiques para calmar el agua; 37, compuerta de cierre rápido para ensayos de contrastación; 38, motor eléctrico de 300 caballos; 39, cuadro de distribución; 40, segunda tubería de unión al salto elevado natural, H = 75 m; 41, toberas de aforo; 42, turbina Francis, abierta; 43, tubería de aspiración; 44, depósito de agua superior; 45, freno; 46, balanza de resorte; 47, contrapeso de cemento; 48, torno; 49, turbina especial Francis; 50, depósito satélite con tubo de presión; 51, flotador de seguridad; 52, flotador de maniobra para la regulación automática del nivel de agua; 53, interruptor para el automático de máxima y de mínima; 54, balanza, y 55, tubo de mercurio para 35.

sin fin que suben por toda la torre; tres mecanismos de señales a distancia que concuerdan exactamente en-

te sensible. Las oscilaciones del nivel superior alcanzan como máximo 2 mm, con todos los saltos que pueden prepararse (máx. —0,5 por 100 con 2 metros altura de salto).

c) *Dispositivos de seguridad.*—Para prevenir interrupciones que pudiesen ocurrir en la válvula de descarga que fácilmente se traducirían en la inundación de la instalación de ensayos, hállase en la cámara de amortiguamiento del depósito satélite un segundo flotador (51 en la figura 10), el que, al alcanzar el agua la altura máxima en el depósito satélite, interrumpe la corriente que alimenta el motor de accionamiento, suspendiéndose la elevación de agua. Ese dispositivo de seguridad ha dado muy buen resultado.

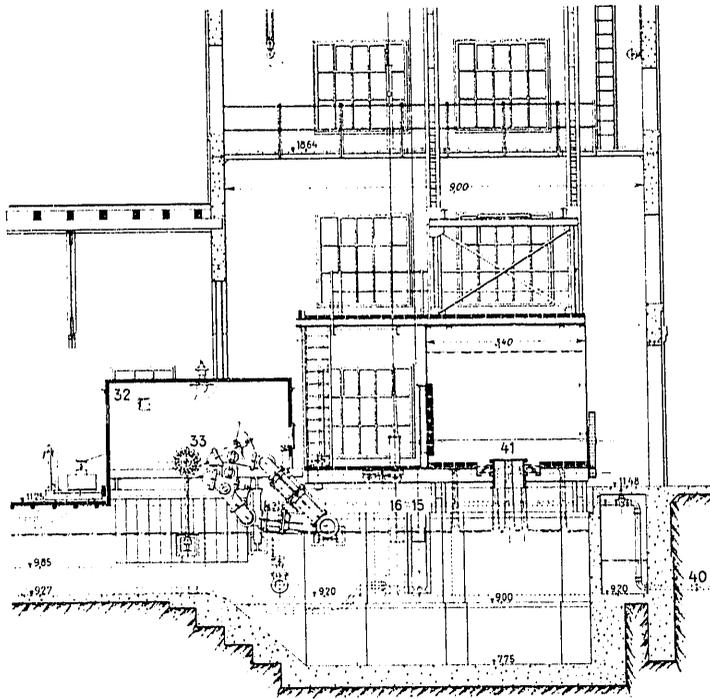


Fig. 7.ª Corte longitudinal de la cámara de ensayos de alta presión.

tre ellos y dispuestos a diferentes alturas en la torre, indican la posición de las válvulas.

b) *Constancia del nivel de agua superior.*—La exactitud de las mediciones puede aumentarse cuando, con igual abertura y un número de revoluciones constante, el nivel de agua superior permanece prácticamente inalterable. Para obtener la constancia del nivel de agua superior en el depósito satélite se coloca una válvula de descarga en la tubería de elevación (figuras 14 y 15). El exceso de agua es conducido a la válvula de descarga por una caja en forma de espiral. Mediante unos nervios de guía fundidos en la caja delante del disco de la válvula (550 milímetros de diámetro), se convierte el movimiento espiral en radial, para conseguir la salida máxima. El disco de la válvula se acciona por un regulador de presión de aceite, como los de regulación de turbinas. Para la distribución de la válvula de regulación del servo-motor sirve un flotador sensible (52) colocado en la cámara de amortiguamiento del depósito satélite. La unión entre el flotador y la válvula de distribución del regulador consiste en un cable de acero que pasa por una polea con cojinete de bolas instalada arriba en la torre (figura 10), para conseguir así una unión con el regulador, cualquiera que sea la posición del depósito.

Efectuando ensayos se trabaja siempre con una cantidad mayor de agua que la necesaria, a fin de que la válvula de descarga esté siempre funcionando y toda la instalación esté en movimiento y sea suficientemen-

arriba en la torre, y están tensados mediante contrapesos que llevan marcas que pueden correrse. La lectura de las cotas de altura del nivel inferior y super-

AFOROS DE SALTO Y DE CAUDAL

La fijación de la cota de altura del nivel superior se hace mediante dos piezómetros (fig. 16) instalados en la pared frontal del depósito satélite aguas abajo y en ambos lados. Dado el nivel de agua tranquila del depósito satélite, se han instalado solamente dos piezómetros. Cada uno de ellos tiene un flotador de agua de nivel inferior. Estos flotadores, colocados en nichos al principio del canal de aforo (15 en las figuras 5.ª y 7.ª), están dispuestos de manera que sus cables de acero de suspensión se hallan inmediatamente al lado de los piezómetros, para facilitar las lecturas. También estos cables pasan por poleas equilibradas y con cojinetes de bolas, instaladas

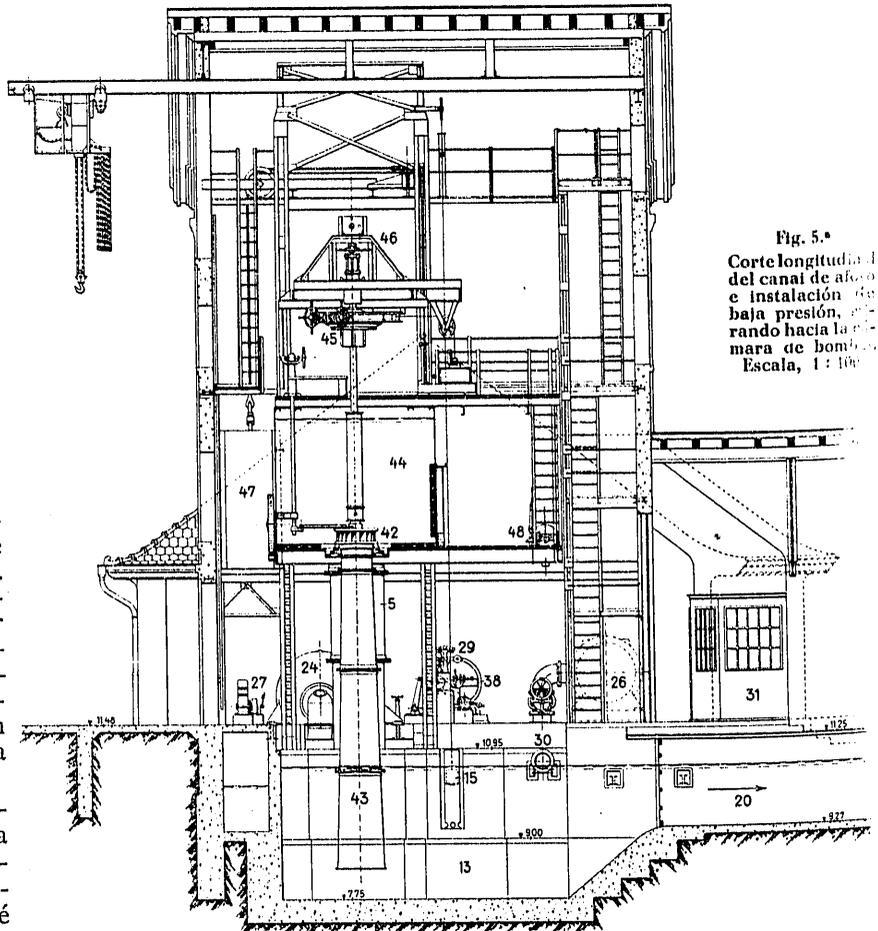
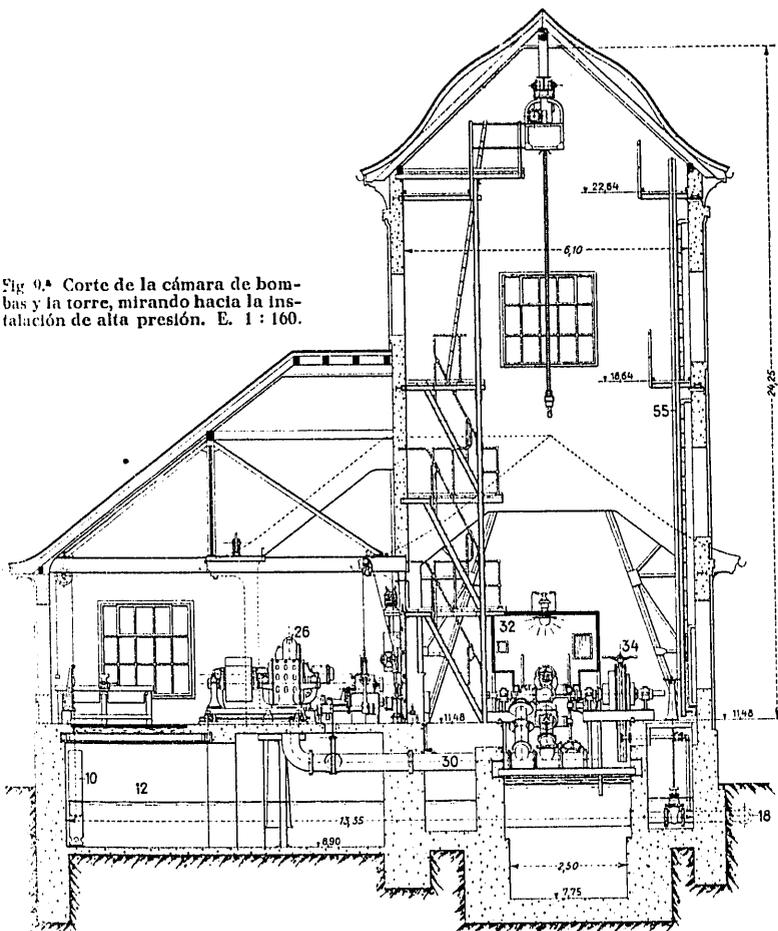


Fig. 5.ª Corte longitudinal del canal de aforo e instalación de baja presión, mirando hacia la cámara de bombas. Escala, 1 : 100.

Fig. 9. Corte de la cámara de bombas y la torre, mirando hacia la instalación de alta presión. E. 1 : 160.



figuras 4.<sup>a</sup> y 10). Dentro de esta caldera se sumerge un flotador muy sensible, cuyo alambre de suspensión, de acero de 0,5 milímetros de diámetro tensado por un contrapeso, pasa arriba en la torre por una polea exactamente equilibrada de 330 mm, que gira sobre cojinetes de bolas. Una manecilla fijada en el alambre de acero de suspensión indica directamente, sobre una regla contrastada, el espesor de la vena líquida sobre la cresta del vertedero. La sensibilidad de 1/10 milímetro aproximadamente de este flotador es suficiente. Antes y después de cada serie de ensayos se comprueban la sensibilidad y la exacta indicación a cero de la escala hidrométrica del flotador y del piezómetro.

Para el aforo de pantalla móvil sirve el aparato que representa la fig. 17. En el presente caso, y contrariamente a las construcciones corrientes de estas pantallas, no se ha dispuesto un carro de pantalla que marcha sobre carriles, sino que la pantalla de aforo flota en su totalidad como una especie de balsa sobre la corriente de agua del canal. El sector de pantalla está fijado de manera que puede girarse sobre la balsa construída totalmente de madera. Unas cajas flotadoras de chapa ligera y soldada anulan la carga unilateral del sector, consiguiéndose así que la balsa flote horizontalmente sobre el agua. Mediante cuatro poleas de eje vertical se evita la posición oblicua del aparato que flota en el agua del canal.

El sector es de construcción ligera de hierro y cubierto de lona muy tupida; ambos lados están cubiertos de fieltro, formando una

rior se hace en reglas contrastadas, con escalas de milímetros y desde la plataforma de frenos inferior. En el cable de suspensión del flotador, a la derecha, ha sido fijada, además, otra regla, de manera que, en combinación con el piezómetro correspondiente, puede leerse el salto directamente; en el dispositivo, a la izquierda, puede calcularse dicho salto por las diferencias en las lecturas.

Comparando ambas lecturas, la diferencia alcanza como máximo 0,15 por 100 del salto medio. Naturalmente, al practicarse aforos de salto se efectúan las correcciones necesarias por la energía cinética y la fricción.

La fijación de los caudales se efectúa generalmente por aforos de vertedero, pudiendo medirse grandes caudales mediante la pantalla móvil o un molinete; para pequeños caudales pueden hacerse mediciones de comprobación con depósito contrastado o con toberas de medición Sulzer (41 en la fig. 7.<sup>a</sup>).

La fijación del espesor de la vena líquida se efectúa mediante una aguja hidrométrica (21) sistema Bell, y se halla colocada sobre un pozo lateral de 430 X 820 milímetros de superficie en planta, que a su vez comunica con el canal de aforo (21 en las figuras 4.<sup>a</sup> a 6.<sup>a</sup>). La abertura de comunicación, de 190 X 190 milímetros de sección, está cerrada por un tamiz de mallas finas. Para poder observar el espesor de la vena líquida sobre la cresta del vertedero directamente desde la plataforma del freno inferior, el pozo de la aguja hidrométrica está unido mediante una tubería de 4" a una caldera de hierro forjado instalada en el rincón, entre el depósito inferior del tubo de aspiración y el canal de aforo (16 en las

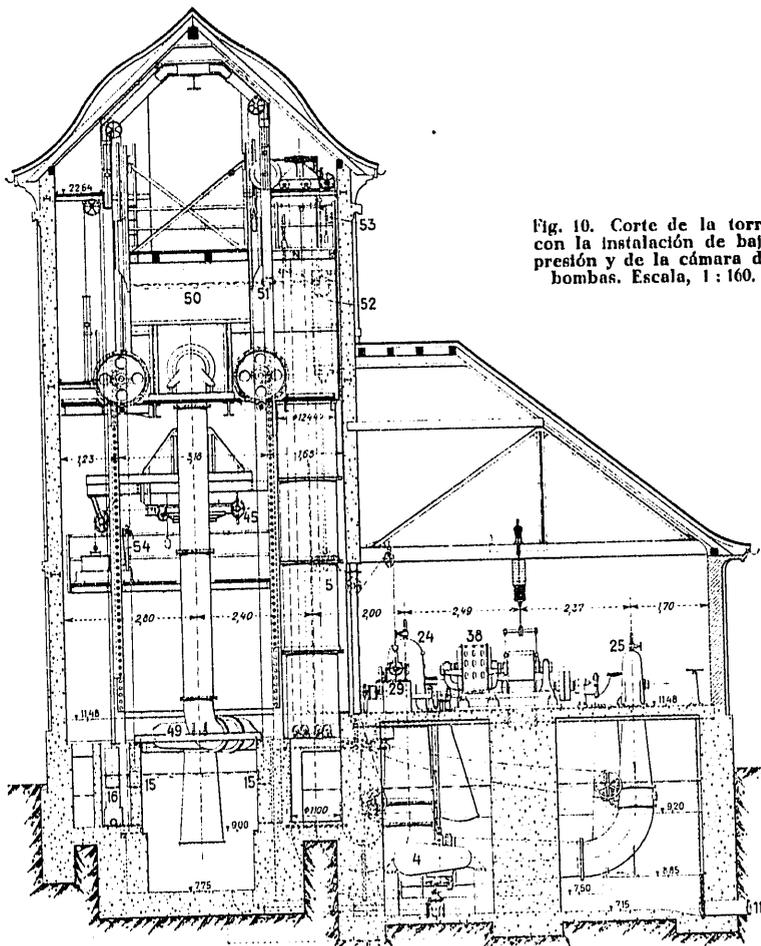


Fig. 10. Corte de la torre con la instalación de baja presión y de la cámara de bombas. Escala, 1 : 160.

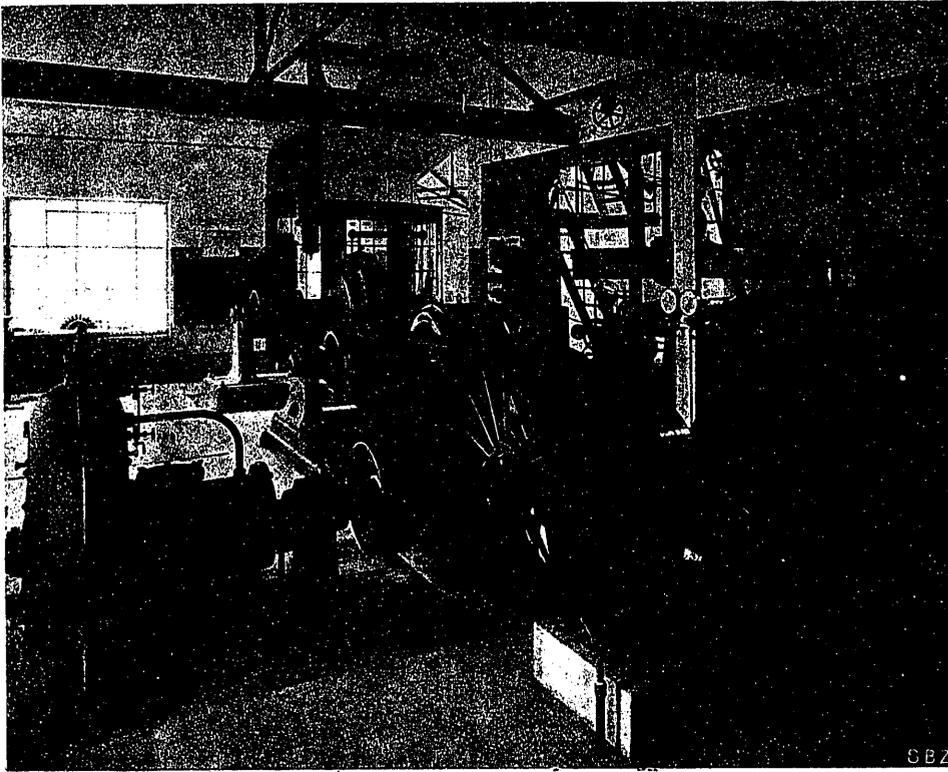


Fig. 11. Vista de la sala de bombas. En primer término, las bombas de baja y media presión.

junta con las paredes del canal; la junta con el fondo del canal la constituye una cinta de tejido con

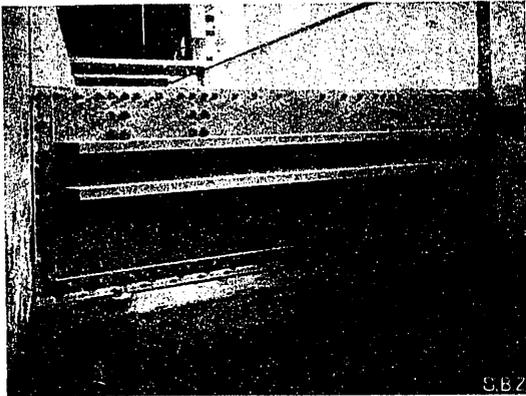


Fig. 12. Vertedero sin contracción lateral.

una cadena cosida dentro de ella. Al sumergirse to-



Fig. 13. Vertedero con contracción lateral.

talmente el sector, la profundidad de sumersión es limitada por un tope en la balsa, de manera que la ca-

dena toca el fondo del canal. El recorrido útil de aforo es de 7 m, subdividido en dos recorridos; los tiempos que pasan al hacerse los recorridos se fijan con un cronoscopio doble accionado eléctricamente. Para la sumersión y la salida de la pantalla de aforo existe lugar suficiente en el canal, el cual tiene 18 metros de longitud.

Para contrastar los vertederos de aforo úsanse varios métodos:

1.º *El contraste volumétrico directo con depósito de comprobación.*—Para este fin, el depósito colector debajo de las bombas está dividido en dos mitades por un tabique con tapón, aprovechando una mitad con el canal de retorno como depósito de contraste (12 en la figura). Mediante pesadas ha sido fijado el volumen en función de las alturas de niveles, teniendo en cuenta las temperaturas del agua. El ta-

bique de tapón tiene una abertura de unos  $0,5 \text{ m}^2$ , la cual, para fines de contraste, puede cerrarse mediante una válvula de cierre rápido (fig. 18). Estando abierta esta válvula permite el paso continuo del agua de servicio a los tubos de aspiración de las bombas. Contrastando un vertedero de aforo se recoge el agua después de volver al estado de inercia en el depósito con-

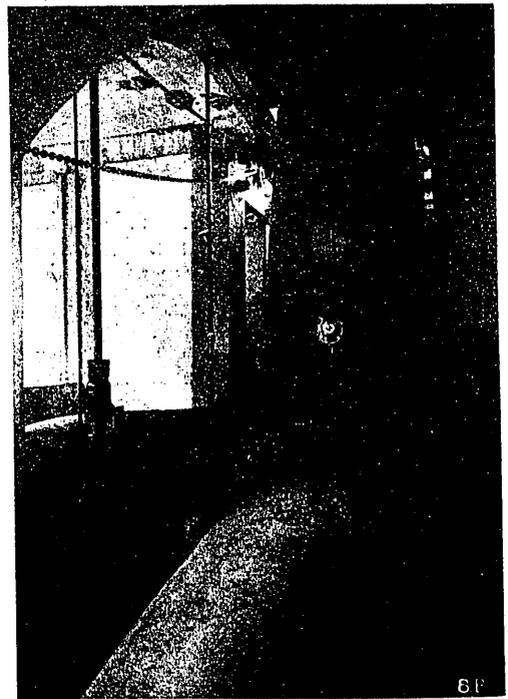


Fig. 14. Salida auxiliar de la instalación de baja presión.

trastado, separando éste del lugar de aspiración de las bombas mediante la válvula de cierre rápido y fijando el nivel del agua en el depósito contrastado en el momento de cerrar la válvula mediante flotador y la escala hidrométrica. El tiempo invertido en el cierre de

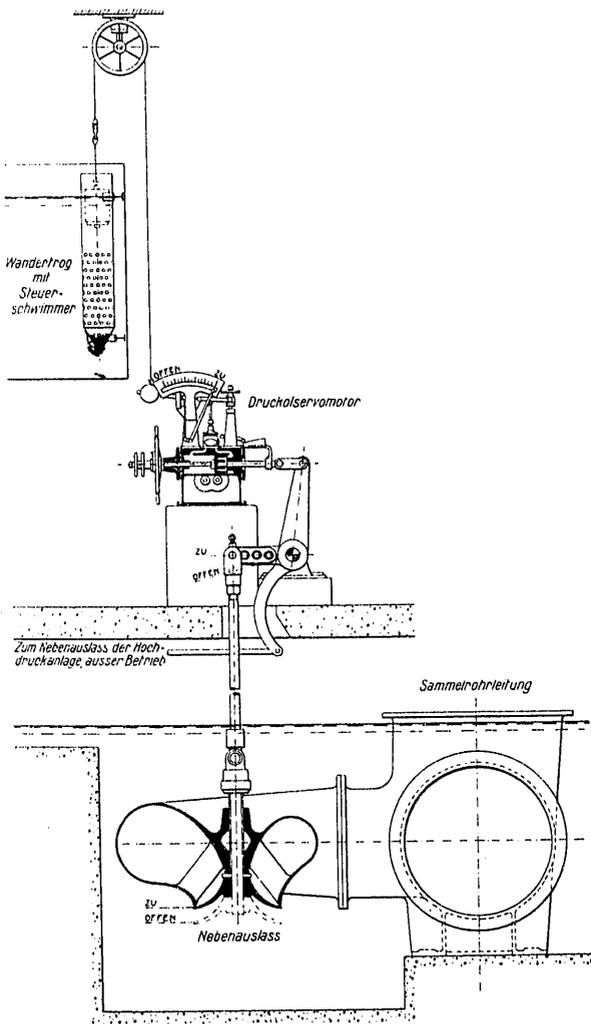


Fig. 15. Esquema de la regulación automática del nivel de agua, para la instalación de baja presión.

La válvula se fija exactamente. La inercia debe observarse antes y durante el período de llenarse, comprobando exactamente el espesor de la vena líquida.

Cuando el depósito contrastado está casi lleno, se

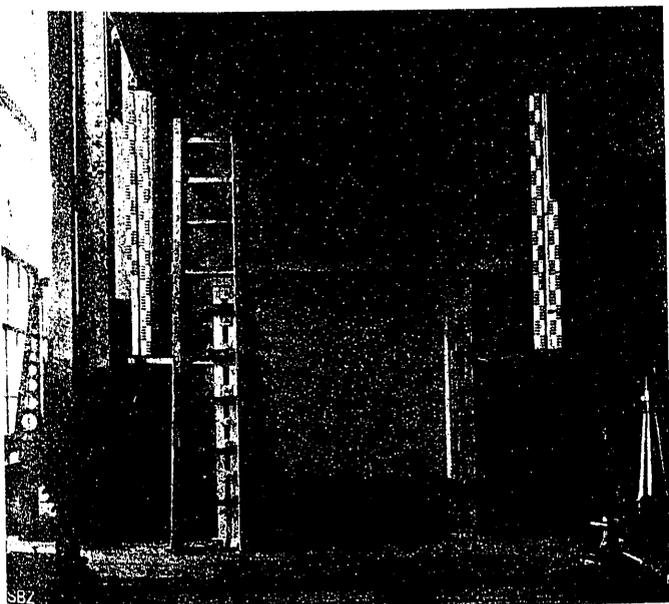


Fig. 16. Instalación para medir el salto en los ensayos de baja presión.

cierra el vertedero, también mediante una compuerta de registro (fig. 19), anotando el tiempo invertido, y después de tranquilizarse el nivel del agua, se fija la altura de la misma en el depósito contrastado, asimismo mediante flotador y la escala hidrométrica.

El agua recogida se mide así por la determinación de los niveles de agua, y teniendo en cuenta los tiempos

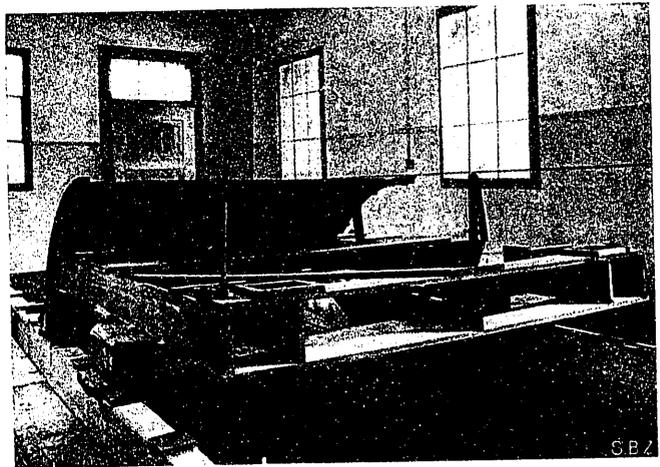


Fig. 17. Aparato de pantalla móvil, fuera del canal.

observados durante el llenado, se calcula la cantidad de agua que ha pasado por el vertedero por segundo. Se incluyen en el cálculo las cantidades de agua que durante la operación de cierre de las válvulas entran y salen, respectivamente.

2.º *Contrastación mediante toberas de aforo.*—En el fondo del depósito móvil se instalan, según la necesidad, de una a cuatro toberas de aforo suminis-

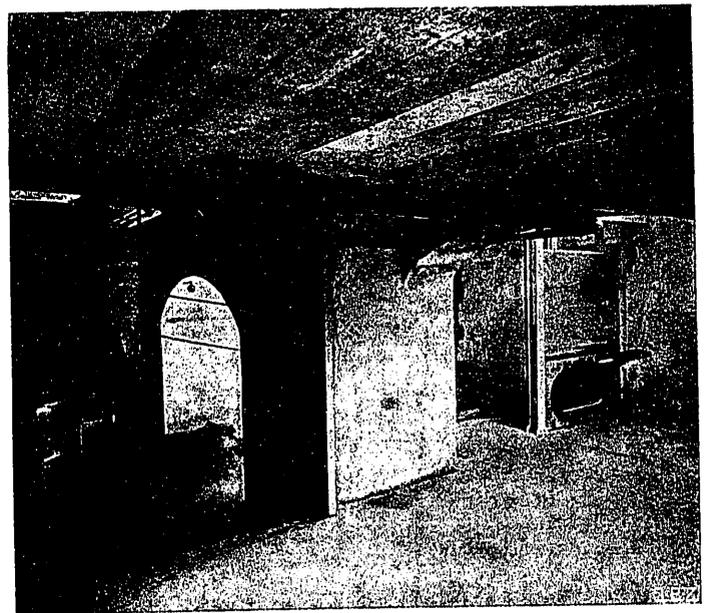


Fig. 18. Depósito de comprobación con tabiques móviles. Compuerta de cierre rápido a la derecha.

tradas y contrastadas por la casa Gehr. Sulzer A. G. (41 en la fig. 7.º). La cantidad de agua que pasa es llevada por el vertedero y determinada por la situación del nivel de agua sobre las toberas mediante las curvas de aforo que acompañan a las toberas. Para cantidades de agua mayores que las que pueden pasar por las toberas, se colocan toberas auxiliares que han sido contrastadas con las toberas patrón, o se instala simultáneamente con las cuatro toberas una turbina, cuyo

aparato directriz se gradúa de manera que la cantidad de agua absorbida sea algo más pequeña que la máxima que pueda pasar por las toberas de aforo. La turbina funciona entonces como tobera auxiliar.

3.º *Contrastación con molinete hidráulico.*—Se efectúan simultáneamente aforos de molinete en el canal de aforo y en el canal de retorno.



Fig. 19. Compuerta en el vertedero.

4.º *Contrastación mediante aparato de pantalla.*—La cantidad de agua se calcula multiplicando la velo-

cidad de la pantalla móvil por la superficie de paso del canal. La figura 20 muestra, por ejemplo, una curva de aforo del vertedero completo, de 200 mm de anchura,

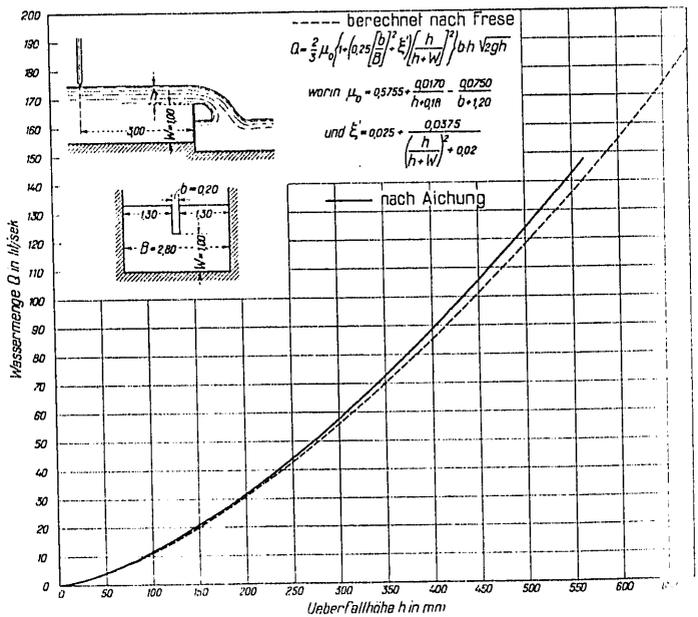


Fig. 20. Curva de comprobación del vertedero de 200 mm de anchura.

calculada según Fresse; las comprobaciones han sido realizadas con depósito contrastado y toberas de aforo.

## Los fracasos de las cañerías de hormigón de portland

En los anales de la construcción moderna ofrece abundancia de casos desastrosos el capítulo referente a cañerías de hormigón de portland para conducciones de agua, tanto forzadas como no forzadas y tanto construídas con armadura metálica como sin ella.

Esta abundancia de fracasos, es natural que produzca en grandísimo número de técnicos una prevención—que, en general, ha llegado a ser firme y tenaz—contra el empleo del expresado material en conducciones o, al menos, en las forzadas y en las que deban ofrecer para el agua conducida garantías de incontaminación.

Y es interesante discernir el cómo y el porqué de los fenómenos que constituyen los fracasos, comenzando por la aportación de la reseña de los mismos al general conocimiento de los técnicos. A este fin, me propongo dar cuenta de algunos casos, cuyas enseñanzas creo no despreciables. No siempre que se haga pública descripción de trabajos, obras o proyectos ha de ser con la satisfacción de que ellos realcen el talento, el saber o el acierto de quien los ha realizado. No a todos concede Dios la dicha de ser autor o ejecutor de cosas afortunadas, y es acaso deber más cierto dar a conocer los yerros que los éxitos. Y hoy me toca a mí la vez de los primeros, aunque me duela.

Sea, en primer término, el caso de una cañería de 56 centímetros de diámetro interior, para impulsión

de 150 litros por segundo, según el perfil o trazado vertical representado en la figura.

Se adoptó para su cálculo el criterio de repartir discontinuamente la resistencia, por tramos o tramos, a lo largo de la obra, de modo que los tubos de cada tramo fueran de igual resistencia y su correspondiente carga de rotura, a la presión hidráulica interior, igual, por lo menos, al doble de la carga estática máxima posible del tramo, o sea la de un punto más bajo cuando el agua ocupara la cañería hasta la desembocadura.

Tratándose de una impulsión con bomba centrífuga accionada por motor de buenas condiciones, en cuanto a regularidad de su funcionamiento, y de un trazado vertical no sinuoso, pudo parecer aceptable dicha norma o coeficiente de seguridad. Cuantos, como yo, hayan estado en la errónea creencia de que en tal caso no habría lugar en ningún punto a esfuerzos mayores que los de la carga estática de cañería completamente llena.

Acaso pueda concederse benévola dispensa a este error, si se atiende a lo difícil (por no decir imposible) que es estar al tanto de la labor científica coetánea, y no favorecida por vulgarizadores, a la mayoría de los dedicados a la práctica ordinaria de la profesión, y que un día y otro día y otro y todos hemos visto, y vemos, reclamada por entero y siempre con apremio nuestra atención y actividades por cosas muy otras que la busca y estudio de las nuevas es-