

Lavado automático de alcantarillados

EN las alcantarillas establecidas en buenas condiciones, no bastan a menudo la velocidad y profundidad de escurrimiento, para arrastrar la totalidad de las materias que contienen las aguas usadas, quedando parte adheridas al radier y necesitando para proseguir su alejamiento una velocidad mayor que la determinada normalmente. De aquí nació la necesidad de producir, entre otros procedimientos, golpes de lavado, que provocando un aumento artificial de dicha velocidad, efectúen la remoción total de los sedimentos.

Otra ventaja que se obtiene así consiste en que a cada golpe de agua una cantidad apreciable de aire interior de la canalización sea impulsado al exterior y reemplazado por aire fresco.

Se ha considerado siempre que el sistema ideal de alejamiento rápido del sewage, sea el de lavado continuo provocado desde el origen de las cañerías, para lo que se necesita contar con una fuente permanente de alimentación de agua. No es este el caso más frecuente en nuestras ciudades, habiendo tenido que recurrirse en la mayoría de las veces a los servicios de agua potable y a veces a pequeños cursos de agua superficial.

Naturalmente el gasto en Lts./seg. de que suele disponerse así obliga a acumular el agua en estanques de diversa capacidad para producir lavados intermitentes en períodos de tiempo determinado.

Estanques con capacidad de 100 a 200 m³. se han empleado, por ejemplo, en los alcantarillados de Osorno, Angol, Parral y otros; pero como las descargas de estos estanques se efectúan maniobrando válvulas o compuertas, se requiere la atención continua de un personal especial.

La limpieza de trozos de cañerías con descargas regulares, con consumo mínimo de agua y con reducción de los gastos de conservación, condujo a la instalación de lavadores de funcionamiento automático y de capacidad limitada.

El agua es acumulada en pequeños estanques colocados a una altura algo superior al radier de la cañería por lavar, y cuando llega a un nivel determinado se descarga rápidamente. El vaciamiento se produce generalmente por medio de un sifón y la variedad de tipos que se conocen descansan en la forma que se da a este sifón y en los dispositivos para asegurar la eficacia de su funcionamiento.

En los primeros alcantarillados construídos en el país se adoptaron tipos de sifones lavadores de diferentes marcas, hechos de fierro fundido. Además de ser de un costo elevado han demostrado un funcionamiento imperfecto.

Queremos aquí dar a conocer un tipo de esta clase de lavadores, que con muy buen acuerdo ordenó proyectar el Departamento de Hidráulica de la Dirección General de Obras Públicas y que prácticamente ha resultado de una eficacia superior a la esperada.

Ya en el año 1920 esta oficina ensayó en el alcantarillado de Coquimbo, un dispositivo ideado y calculado por el ingeniero señor Miguel Gajardo. Estaba constituido por piezas de fierro fundido y bronce, todo hecho en el país. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios; pero en las cámaras ocupaban bastante espacio y su costo era elevado, alcanzando aproximadamente a los \$ 1.000 cada uno.

Como el número de estos aparatos que se ocupa en una obra de alcantarillado no es pequeño, a fin de obtener una economía efectiva tanto en el valor de ellos como en el consumo de agua, el Departamento respectivo comisionó en el año 1924 al ingeniero señor Desiderio García para que calculara y proyectara un lavador de esta clase que reuniera las condiciones de ser de bajo costo, construído en el país y de sensibilidad máxima. Esta última condición es la que debe prevalecer para determinar la bondad del dispositivo. Ella se refiere a que las descargas deben producirse con un mínimum de alimentación de agua para prolongar a un máximum los intervalos entre períodos de descarga, lo que redundaría en una economía en el consumo de agua que en la generalidad es suministrada por la red de distribución de la ciudad.

Según los cálculos originales del ingeniero señor García, se construyó en uno de los patios de la Dirección General de Obras Públicas, un aparato de prueba, hecho de cemento comprimido. En vista de los buenos resultados obtenidos, el Departamento de Hidráulica ordenó llevarlo a la práctica.

Es interesante reproducir aquí los cálculos respectivos que fueron ampliados y completados por el ingeniero señor Francisco Villalobos.

CALCULO DEL LAVADOR

Supongamos que el escurrimiento dentro del lavador sea uniforme, con velocidad u y sean:

$$K' \frac{u^2}{2g} \quad \text{la pérdida de carga a la entrada de la campana}$$

$$K'' \frac{u^2}{2g} \quad \text{» » » en el codo superior}$$

$$K''' \frac{u^2}{2g} \quad \text{» » » en el codo inferior}$$

$$K \frac{u^2}{2g} \quad \text{» » » total}$$

Se tendría entonces:

$$P = K \frac{u^2}{2g} = (K' + K'' + K''') \frac{u^2}{2g}$$

sean además:

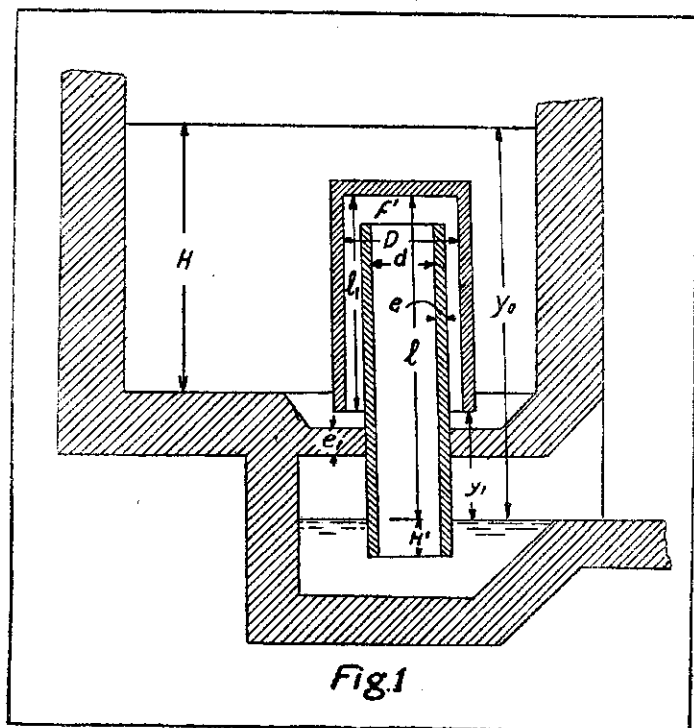


Fig. 1

l_1 , H , H' , d , D , e , f , l' , y , las dimensiones indicadas en la fig. 1 y Ω la superficie de la sección de la cámara de agua. Se tiene la relación del escurrimiento:

$$1) \quad Q = C_{\omega} \sqrt{RI}$$

Para determinar el valor de la pendiente I , que podemos asignar para el escurrimiento dentro de los tubos que forman el sifón, se puede considerar que ésta depende de la carga « y » y de las pérdidas de carga P .

Si la carga a la entrada de la campaña es « y », a la salida del tubo será $y - P$, $\lambda = l_1 + l_2 + H'$, la longitud total del escurrimiento, se tendrá que:

$$I = \frac{y - P}{\lambda}$$

o sea: $I = \frac{y - K \frac{u^2}{2Q}}{\lambda}$ y como $u = C \sqrt{RI}$ siendo aproximadamente $R = \frac{d}{4}$ resulta:

$$2) \quad I = \frac{y}{\lambda + \frac{K}{8g} C^2 d}$$

reemplazando este valor de I en 1) resulta:

$$Q = \frac{1}{2} C \omega \sqrt{d \cdot \frac{y}{\lambda + \frac{K}{8g} C^2 d}} = f(y)$$

$$Q_{\max} = F(y_0)$$

siendo los valores límites de Q :

$$Q_{\min} = F(y_1)$$

Si el nivel de agua en la Cámara, experimenta un descenso dy en un tiempo dt , se tendría que el volumen de agua salido sería igual al que representa este descenso, o sea:

$$\Omega dy = Q dt = f(y) dt \quad \text{de donde}$$

$$dt = \Omega \frac{dy}{f(y)} \quad \text{y el tiempo}$$

de vaciamiento será

$$3) \quad T = \Omega \int_{y_1}^{y_0} \frac{dy}{F(y)}$$

Cebamiento: Sean fig. 2. V_0 el volumen inicial del aire encerrado, p_0 la presión inicial del aire encerrado, v_1 el volumen final del aire encerrado, p_1 la presión final del aire encerrado.

Se tiene:

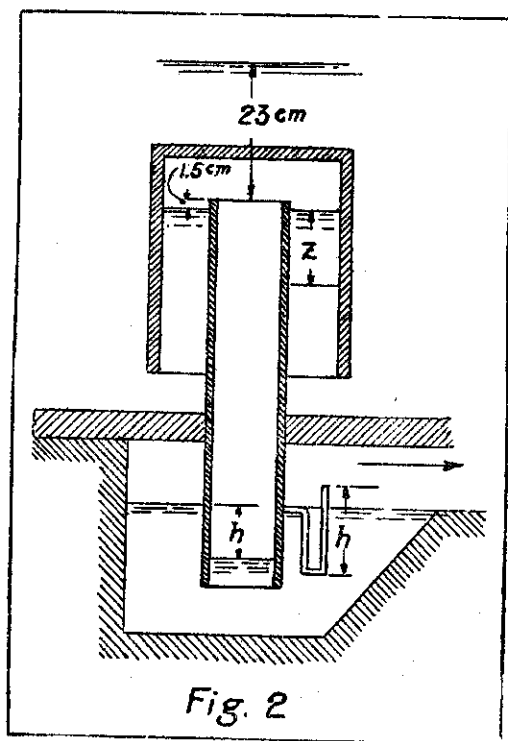
$$4) \quad V_0 p_0 = V_1 p_1$$

$$\text{de la figura se deduce} \quad V_0 = z \frac{\pi}{4} [D^2 - (d + 2e)^2] + f \frac{\pi}{4} D^2 + l \frac{\pi}{4} d^2$$

$$V_1 = f \frac{\pi}{4} D^2 + (l+h) \frac{\pi}{4} d^2$$

Luego:

$$(5) \quad Z = \frac{\frac{p_1}{p_0} [F D^2 + (l+h) d^2] - (f D^2 + l d^2)}{D^2 - (d + 2e)^2}$$



Este valor de Z dado por la relación 5) es el que determina la cantidad inicial de aire que debe ser comprimido

APLICACION AL LAVADOR DE 1000 LTS.

Se tienen los siguientes valores:

$\gamma = 1 = 0.69$	$d = 0.125 \text{ m.}$	$K' = 0.5$	$p^* = 10.33 \text{ m}$
$H' = 0.26$	$D = 0.250$	$K'' = 3$	$p_1 = 10.575''$
$l' = 0.39$	$e = 0.02$	$K''' = 1.5$	$h = 0.245''$
$f = 0.05$	$e_1 = 0.125$	$K = 5$	
$H = 0.62$	$C = 50$		

Los coeficientes K dan las pérdidas de carga por codos y se determinan por la fórmula $K = \text{sen}^2 \frac{\delta}{2}$ más $2 \text{ sen}^4 \frac{\delta}{2}$

a) VERIFICACION DEL GASTO

Se tiene la relación:

$$Q = f(y) = \frac{1}{2} C_w \sqrt{d \frac{y}{\lambda + \frac{K}{8g} c^2 d}}$$

En esta función la variable «y» toma los siguientes valores límites:

$$y_0 = 0.745$$

$$y_1 = 0.125, \text{ de donde}$$

$$Q_{\max} = 0.0214 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\min} = 0.0088 \text{ » »}$$

durante el período de descarga el gasto va disminuyendo, y sus valores con relación a la altura H de agua en la cámara. El cuadro siguiente indica estos valores:

H	Y	Q
0.62 m.	0.745	21.4 l/seg.
0.60	0.725	21 »
0.55	0.675	20.3 »
0.50	0.625	19.5 »
0.40	0.525	17.9 »
0.30	0.425	16.1 »
0.20	0.325	14.1 »
0.10	0.225	11.7 »
0.0	0.125	8.7 »

Construyendo la curva de variación del gasto con la altura, se puede determinar que el gasto medio es el de 16 lts/seg.

b) Tiempo de descarga. Se tiene la relación

$$T = Q \int_{y_1}^{y_0} \frac{dy}{f(y)}$$

Haciendo esta integral se tiene:

$$T = 130 \left[\sqrt{y} \right]_{0.125}^{0.745}$$

lo que da:

$$T = 65.9 \text{ segundos}$$

CEBAMIENTO.

Se ha supuesto que el instante de descarga corresponda al instante en que el nivel de agua en el interior de la campana llegue 1.5 cm. más bajo que el borde superior del tubo de bajada, a fin de prevenir que el tubo pueda funcionar como vertedero.

De la relación:

$$Z = \frac{\frac{p_1}{p_0} [fD^2 + (l+h)d^2] - (fD^2 + ld^2)}{D^2 - (d + 2e)}$$

De aquí se deduce:

$$Z = 0.21 \text{ m.}$$

El dibujo adjunto representa el modelo adoptado últimamente, cuyos dispositivos se idearon después de cuidadosas observaciones de los lavadores instalados en Rancagua y Cartagena, contruídos de acuerdo con los cálculos mencionados. En este tipo se ha conseguido reunir las condiciones siguientes:

- 1) Su costo no excede de \$ 200.—
- 2) Está compuesto por tubos de cemento comprimido de dimensiones corrientes y sus dispositivos de cebamiento de metal incorrosible.
- 3) Su descarga queda sujeta a la graduación que pueda darse a la llave de alimentación del agua potable, generalmente se hacen funcionar cada 12 horas, es decir, con alimentación de 1 litro en 43 segundos para el lavador de 1,000 lts.
- 4) Se han calculado sus dimensiones para dar 16 o 32 lts/seg. como gasto medio.

SIFON PARA DESCARGAR 1,000 Lts. EN UN MINUTO O 1,000 Lts. EN 30 SEGUNDOS, UNA VEZ CADA 12 HORAS

Para el primer caso: $D = 0.25 \text{ m.}$	$D_1 = 0.125 \text{ m.}$
» » segundo » $D = 0.30 \text{ m.}$	$D_1 = 0.150 \text{ m.}$

El sifón debe descargarse cuando la altura de agua en el estanque varíe entre 0.62 y 0.65 m., que corresponde a la capacidad exigida. Se regula la descarga del sifón con el tubo t , el pequeño sifón t' y el umbral u .

El tubo t tiene por objeto aumentar o disminuir la columna de aire que se comprime en la campana y en el tubo interior a medida que asciende el nivel en el estanque. Esta cantidad de aire queda influenciada por las variaciones de los diámetros de la campana, del tubo interior y del espesor e de este último. La regulación que se efectúa con el tubo t modificando la altura h por medio de una rotación en torno de r , es la que evita que la descarga empiece a producirse por vertedero en el borde superior del tubo interior.

Se descarga automáticamente el sifón en el instante en que la carga h' sobre

el borde del tubo interior sobrepasa a la altura h'' del brazo del pequeño sifón t' . Este brazo se construirá de plomo para poder ajustarlo a esa altura.

La profundidad de agua fijada en 0.26 m., de sumersión del tubo interior debe quedar siempre mayor que la altura del brazo del sifón t' ; si por cualquier defecto de construcción quedara dicha profundidad distinta de 0.26 m., se llegará a ella variando el nivel del umbral u .

Las indicaciones aproximadas con que funciona el sifón, son las siguientes:

$$\begin{array}{ll} h & \text{igual } 14 \quad \text{cm.} \\ h'' & > 24.5 \quad \text{cms.} \end{array}$$

Otras observaciones. — Cuando la altura H sea menor que 1.20 m., se dispondrá otra tapa en la calzada sobre el estanque del sifón. Para evitar la colocación de doble tapa es necesario que la profundidad mínima del arranque de la cañería lavada sea de 2 m., bajo la calzada.

En caso de tener que efectuar la descarga en la dirección señalada con líneas de trazos se colocará en la boca de registro GH una compuerta de palastro de 3 mms. de espesor con su marco correspondiente, dejando un orificio de ventilación en su parte superior.

La limpia del sifón t' y de la taza de cierre se verificará por la abertura GH.

Las abrazaderas, tuercas, sifón t' , tubo de regulación t y sus tuercas, manijas, etc., deberán ser de metal inoxidable.

Al quedar el tubo t en posición vertical debe medir 0.20 m. (h).

El desarrollo del brazo de plomo del sifón t' debe medir 0.26 m.

Algunas normas para la debida aplicación de estos lavadores, según especificaciones de Ogden y otros autores, las anotamos a continuación.

Mr. Allen (pág. 212, Ogden) opina que en pendientes superiores a 0.5 por ciento la velocidad necesaria para el arrastre se mantiene hasta 300 mts. del lavador; pero que para pendientes menores no debe pasarse de los 180 metros de longitud.

Mr. Folwell los estima innecesarios para pendientes entre 6 y 12 por ciento o más.

(Og., pág. 215) Se estima que para una pendiente de 2 % basta un lavado diario de 1.000 lts., mientras que para una pendiente de 0.5 % se necesitan dos.

(Og., pág. 222) Para fijar la capacidad del estanque lavador se establece que debe ser igual a la mitad del volumen del colector que corresponde a una longitud en que la pendiente de él produce un descenso en el radier igual al diámetro del tubo.

CONCLUSION

Para pendientes menores de 1 % pueden considerarse económicos los lavadores automáticos.

El volumen de agua descargada no debe bajar de 1.000 lts. y debe aceptarse que el efecto del lavado no sobrepasará los 240 mts.

En líneas de poca pendiente en que haya depósitos más allá del trozo de in-

fluencia del lavador, es preferible colocar otro alrededor a los 200 metros del primero en vez de aumentar en 3 veces la capacidad de descarga de este mismo.

La frecuencia de las descargas depende de las condiciones locales, siendo con un intervalo de 12 a 24 horas.

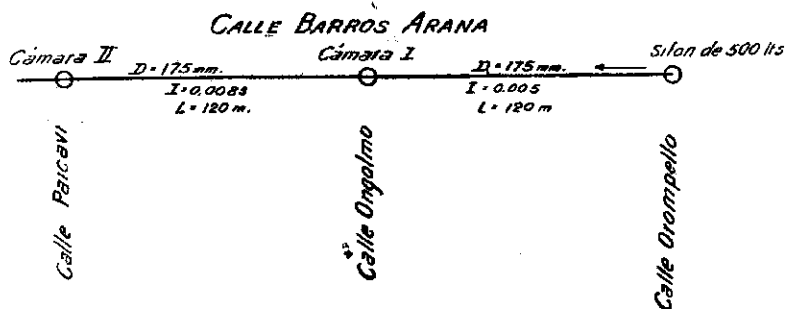
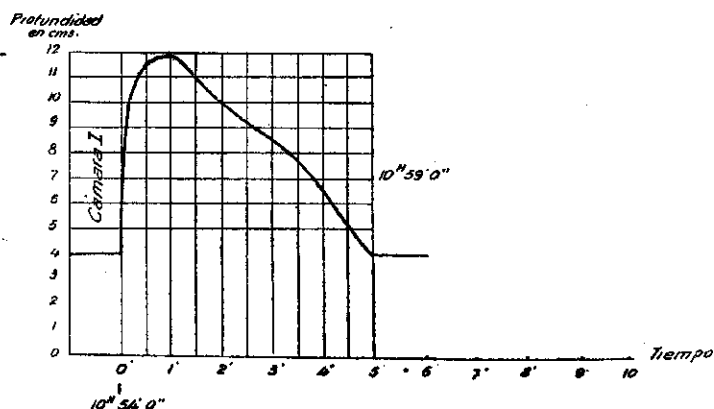
En pendientes mayores que uno por ciento podrían tomarse lavadores de la mitad de la capacidad indicada antes con el mismo resultado, manteniendo la misma fuerza de descarga.

Se considera, sin embargo, más económico para pendientes mayores de 1% recurrir a los lavados periódicos, distanciados, y hechos según la necesidad que la práctica indique, es decir, suprimiendo para estos casos los lavadores automáticos.

En pendientes mayores de 3%, se consideran innecesarios y no debe invertirse dinero en instalarlos.

Es interesante dejar constancia del resultado de las experiencias que sobre la eficacia de los lavadores instalados en el alcantarillado de Concepción ordenó practicar al ingeniero señor Eduardo Aguirre, el Departamento de Hidráulica de la Dirección General de Obras Públicas.

Los resultados observados van en los gráficos adjuntos.



PRIMERA EXPERIENCIA

(El 27-V-1915)

El sifón de 500 lts. principió a vaciarse a las 10^H 51' 40" A. M. y terminó a las 10^H 53' 40" Tiempo: 1' 30".

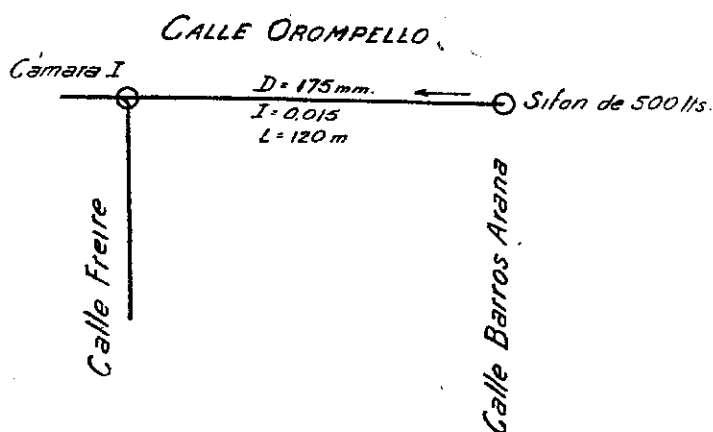
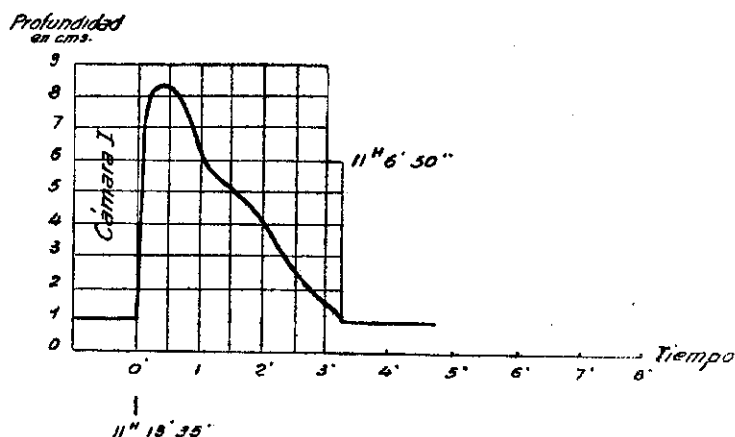
A la primera cámara principió a llegar el agua a las 10^H 54' 0" terminando a las 10^H 59' 0". En ésta la hondura del agua inicial fué de 0.04 m.

A la segunda cámara principió a llegar a las 10^H 57' 10" terminando a las 10^H 62' 10".

Las velocidades medias de traslación de la cabeza de la honda son:

Entre sifón y cámara I = 0.85 m.

Entre cámara I y cámara II = 0,63 m.



SEGUNDA EXPERIENCIA

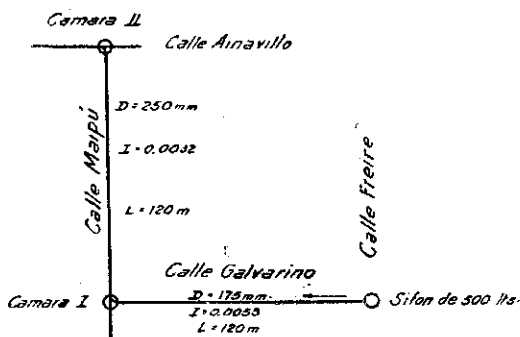
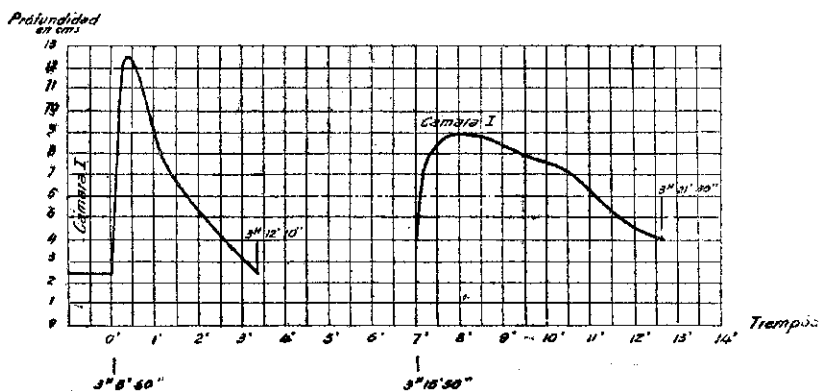
(El 27-IV-1915)

El sifón de 500 lts. principió a vaciarse a las 11^h 12' 0" A. M. y terminó a las 11^h 13' 25".
 Tiempo: 1' 25".

Llegó el agua a la primera cámara a las 11^h 13' 35" y terminó de llegar a las 11^h 16' 50".

La hondura inicial del agua fué de 0.01 m.

La velocidad media de traslación de la cabeza de la honda fué entre el fin y la cámara
 $I: V = 1.26 \text{ m.}$



TERCERA EXPERIENCIA

(El 27-IV-1915)

El sifón de 500 lts. principió a vaciarse a las 3h 6' 25" P.M. terminando a las 3h 7' 25".
Tiempo: 1'.

Llegó el agua a la primera cámara a las 3h 8' 50" v concluyó de pasar a la 3h 12' 10".

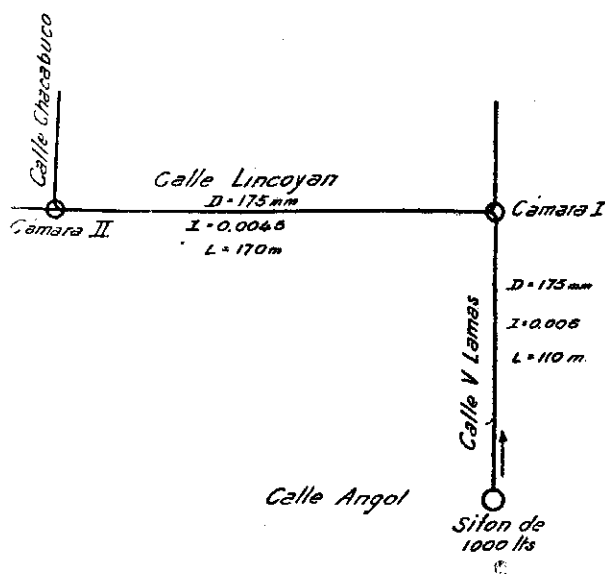
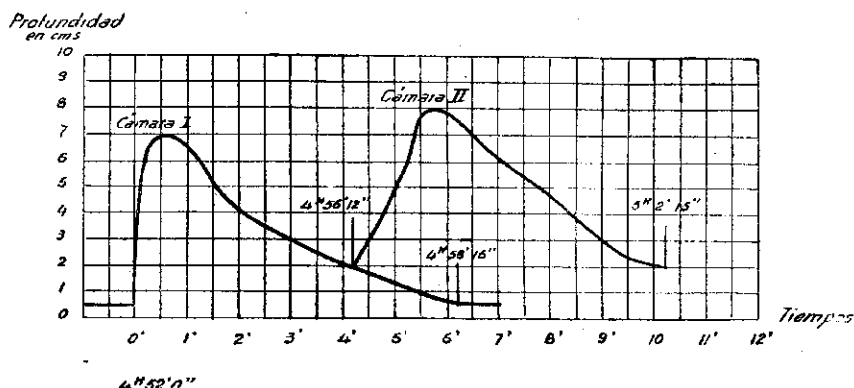
La hondura inicial en la cámara I fué de 0.01 m.

H la cámara II cuya hondura inicial era de 0.01 m, principió a llegar el agua a las 3h 15' 50" y terminó de pasar a las 3h 21' 30".

Las velocidades medias de traslación de la cabeza de la honda son;

Entre sifón y cámara I, $V = 0.83 \text{ m}$.

Entre cámara I y cámara II: $V = 0.27 \text{ m}$.



CUARTA EXPERIENCIA

(EI 27-IV-1915)

El sifón principió a vaciarse a las 4h 40' 0'' y terminó a las 4h 51' 0''. Tiempo: 1'.

A la cámara I principió a llegar el agua a las 4h 52' 0'' terminando de pasar a las 4h 58' 15'', aquí la hondura inicial fué de 1|2 cm.

A la cámara II cuya hondura inicial fué de 2 cms, principió a llegar el agua a las 4h 56' 12'' terminando a las 5h 2' 15''.

Las velocidades medias de traslación del comienzo de la honda son:

Entre el sifón y la cámara I: $V=0.91$ m.

Entre la cámara I y cámara II; $V=0.67$ m.

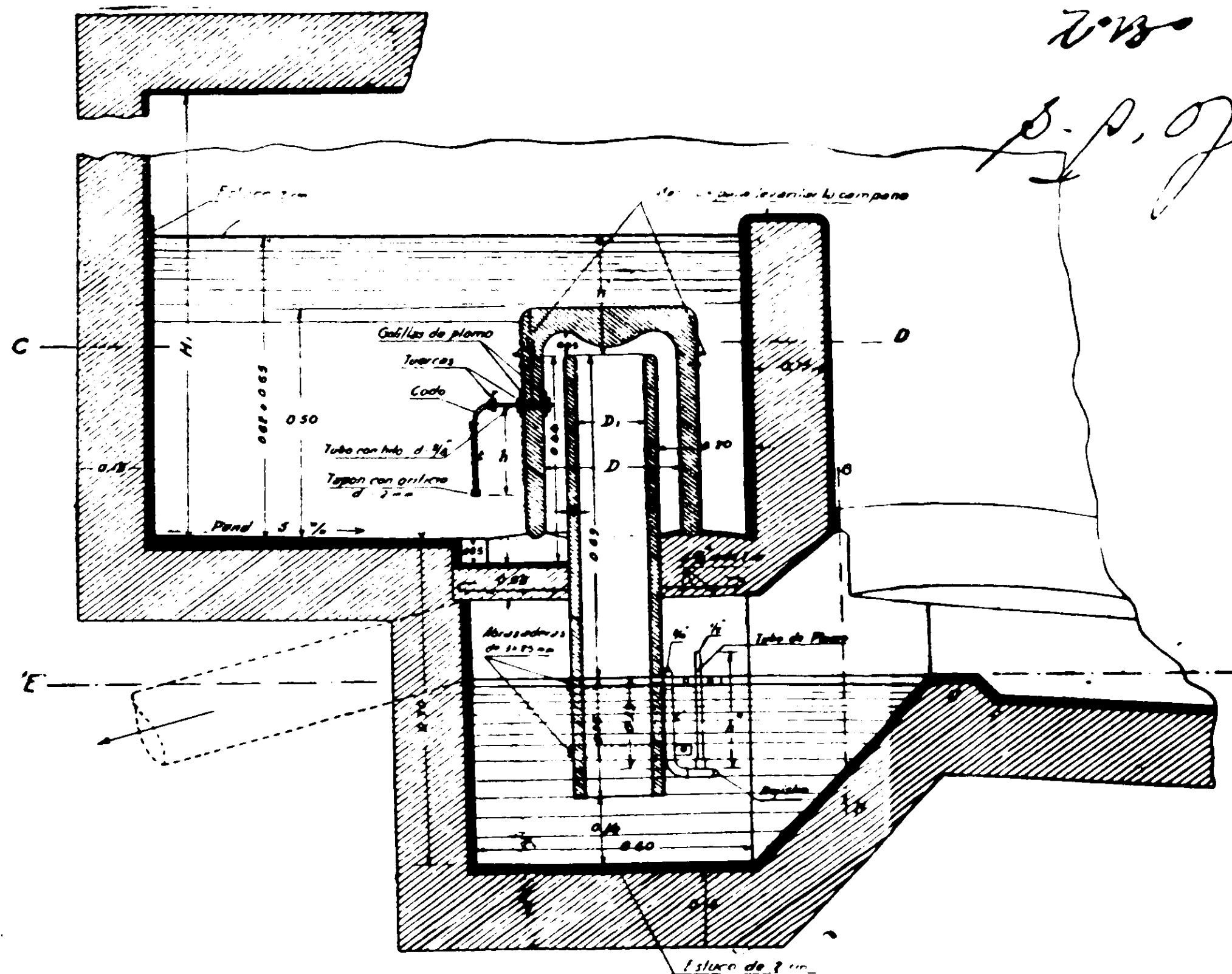
TIPO DE SIFON DE CEMENTO COMPRIMIDO

ESCALA 1/10

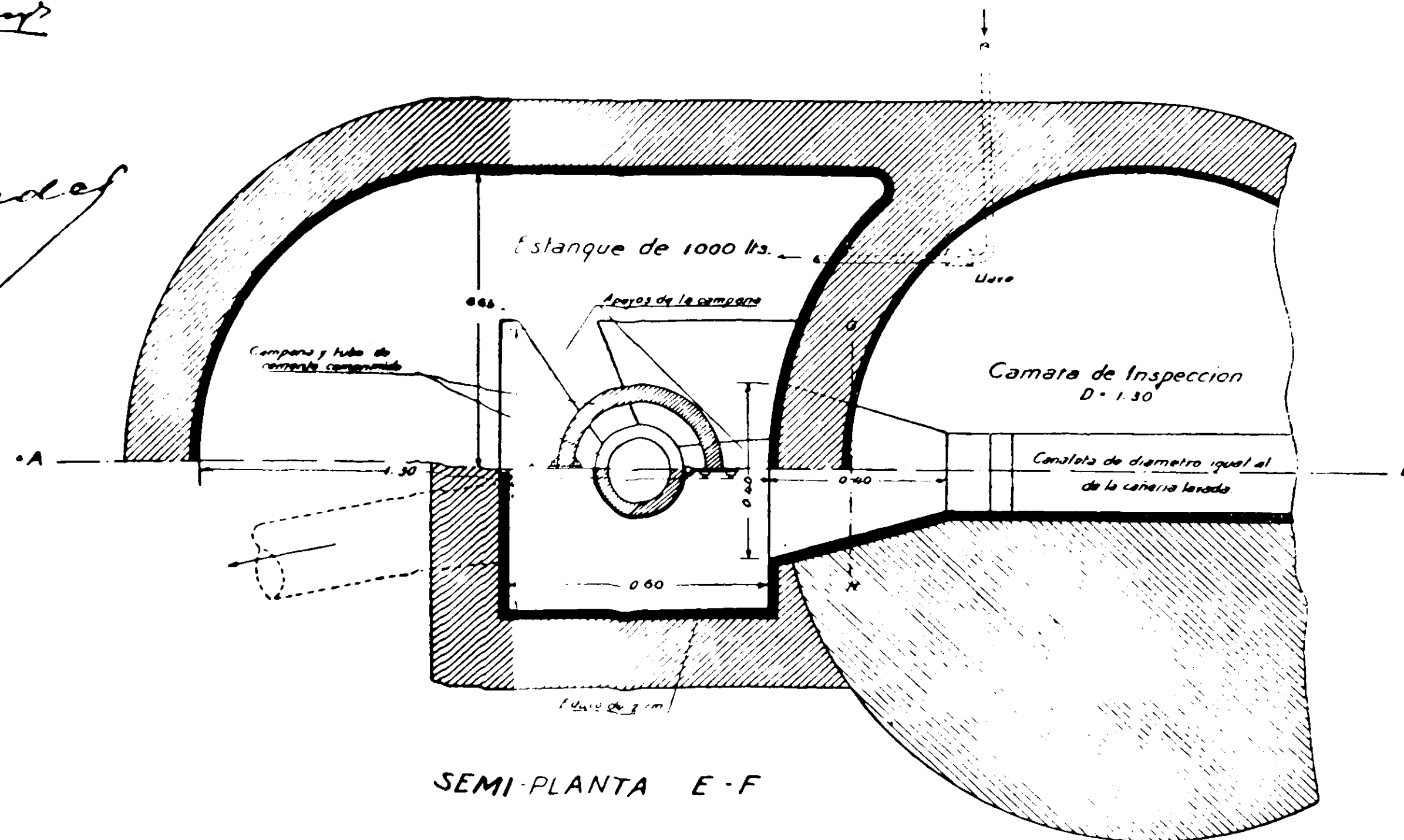
Santiago, Noviembre de 1929

Eni Aguayo

CORTE A - B



SEMI-PLANTA C - D



SEMI-PLANTA E - F