

## Las cañerías de madera y su uso en los servicios de agua potable

POR

LEONARDO LIRA

(Conferencia dada en el Instituto el 20 de Mayo de 1918)

**DATOS HISTÓRICOS** —En la página 393 del volumen II del «Boock of days», publicado en Edimburgo por W. and R. Chambers, se dice que en el año 1613, en los campos conocidos con el nombre de Spa, en Londres, se colocaron más de 400 millas de cañerías de madera.

No teman mis colegas que vaya a cansarlos con la larga exposición histórica del desarrollo de las cañerías de madera a través de los siglos. Básteme la cita anterior, para demostrar que este material tiene en su abono el título que da la antigüedad y es suficiente para el propósito de esta conferencia resumir la historia de las cañerías de madera, diciendo que comenzaron éstas con los troncos perforados groseramente a mano, a los que sucedieron los perforados a máquina para dar lugar enseguida las cañerías reforzadas de los dos tipos modernos: las formadas por el tronco, o sea, de una sola pieza, y las formadas por duelas ya en forma continua fabricadas en el terreno, ya en forma discontinua constituyendo tubos como los de fundición o acero, que se construyen en fábricas.

En consecuencia, hoy día hay tres formas distintas de cañerías de madera: dos fabricadas a máquina formando tubos de las cuales en una la madera es una sola pieza y en la otra una serie de duelas justa puertas el todo reforzado en uno y otro caso por una espiral metálica, y una tercera forma fabricada a mano, consistente en duelas, que forman una cañería continua reforzadas por circunferencias metálicas.

Tanto las de duelas con espirales como las de duelas con circunferencias, han sido usadas más o menos desde 1884, en que fueron construídas en el Colorado por la Unión Water C°. Por consiguiente, puede decirse que este material, en su forma moderna, tiene a la fecha, 34 años de uso y hoy en día no sólo se usa para conducir aguas de regadío en instalaciones de fuerza motriz, en establecimientos mineros, sino también en grande escala en servicios de agua potable. El país que ha desarrollado más la construcción de estas cañerías y extendido su uso, es Estados Unidos y dentro de Estados Unidos los Estados que más las han empleado

son los de California, Washington, Oregón, Idaho, Colorado, Montana y British Columbia.

**DIMENSIONES COMERCIALES.**—La disminución de los bosques ha ido reduciendo poco a poco el diámetro máximo de los tubos de una sola pieza, el que hoy día es más o menos de 0.<sup>m</sup> 15. Mas allá de este diámetro los tubos son formados por duelas y las fábricas están equipadas para fabricar tubos hasta de 1.<sup>m</sup> 20, pero la fabricación corriente es hasta 24 pulgadas de diámetro. Las cañerías hechas a mano, o sea, continuas, se hacen generalmente desde 0.45 hasta 5.00 de diámetro.

Las fabricas construyen de los siguientes diámetros en pulgadas: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, etc. Los diámetros de 7 y 11 pulgadas no son fabricados por algunas Compañías como la Remco Machine Banded Pipe. El largo de los tubos oscila entre 2.<sup>m</sup>40 y 6.<sup>m</sup>00 y el largo más usual es 4.<sup>m</sup>80.

Respecto a las presiones con que puede usarse esta cañería puede decirse que ahora la opinión se orienta a usarla en pequeñas presiones, como 4 a 6 mets. cuando la cañería va sobre el suelo y con grandes presiones hasta 75 mts. cuando va enterrada. Hay cañerías en uso con presiones hasta de 120 mts. y parece que no conviene sobrepasar los 140 mts. Las cañerías fabricadas como tubos, es decir, con refuerzo en espiral, se hacen para presiones estáticas de trabajo de 28, 56, 84 y 126 mts., garantizando una resistencia máxima doble de la de trabajo.

**MATERIALES.**—Hoy en día se usa casi exclusivamente el pino colorado y el abeto y últimamente se ha estado empleando más el abeto que el pino. El pino o *Sequoia Sempervirens* crece admirablemente en la costa del Pacífico de los Estados Unidos hasta 50 km. al interior. Se presenta en ejemplares que amenudo tienen 6.<sup>m</sup>00 de diámetro y una altura de 100 m. La edad de la mayoría de estos árboles fluctúa entre 400 y 800 años. El número de anillos anuales en una sección transversal varía de 2 a 12 por centímetro. La madera es suave al tacto, de grano fino, fácilmente trabajable y tiene un color que varía desde un suave cereza hasta el caoba oscuro. No contiene resina pero tiene un ácido natural que la hace inatacable por los insectos y la ayuda a resistir la putrefacción.

La madera que se usa para las duelas es secada preferentemente al aire. Algunas especificaciones no admiten que se la seque al horno porque se pretende que ésto vuelve la madera quebradiza y favorece su descomposición. Se exige que la madera sea sana, de grano apretado, libre de partes secas putrefactas, de vetas resinosas, de nudos y hendiduras, sin puntas magulladas. Se permite albura en la parte interior de la duela hasta una profundidad igual a 1/4 el espesor de la duelas. No se aceptan nudos en los bordes o extremos de las duelas. Se toleran nudos que no excedan de 6 m/m en el resto y que no sean más de tres en 3 metros de largo.

**ACERO.**—Para los anillos o espirales se usa acero dulce, Bessemer, con una resistencia de ruptura a la tracción de 40 a 45 kg. por milímetro cuadrado y una resistencia en el límite de elasticidad de 21 kg. por milímetro cuadrado. El alar-

gamiento en la ruptura en una longitud de 0.20 no debe ser menos de 25% y debe dejarse doblar en frío sobre una barra del mismo diámetro hasta un ángulo de 180° sin mostrar fractura interna ni externa. Los diámetros más usados son 4 a 8 m/m.

**CÁLCULO DE LOS ANILLOS.**—Los anillos están destinados a dos objetos principales: 1.º resistir la presión interna del agua; y 2.º procurar la impermeabilidad apretando las duelas unas contra otras con una presión superior a la del agua y que se toma generalmente un 50% superior a ésta. A causa de que la madera se hincha con el agua, resulta que los anillos deben resistir un tercer esfuerzo que proviene de esta dilatación de las duelas. Por otra parte, debe realizarse la condición de que la compresión del anillo contra la madera no sobrepasa la tasa de trabajo a compresión de la madera. Esta última condición nos permite encontrar para un diámetro dado de cañería, el diámetro de anillo más conveniente. (La mayor o menor presión del agua viene a fijar el espaciamiento de los anillos). En efecto, la experiencia ha demostrado que los anillos circulares, en el momento de apretarse contra la madera originando sobre ella una presión igual a la tasa de trabajo, producen una superficie de contacto de ancho igual al radio. Llamando  $e$  el espesor de las duelas en centímetros,  $r$  el radio del anillo en mm.  $R$  el radio interior de la cañería en centímetros y estimando en 45 kg/cm<sup>2</sup> la tasa de trabajo por compresión de la madera, se tiene:

$$45 \cdot r \cdot 0.1 \cdot 2 \cdot (R + e) = 2 \cdot 10 \cdot \pi r^2$$

de donde

$$r = 0.14 (R + e)$$

El espesor  $e$  se fija por la experiencia que ha demostrado cuál es el espesor necesario para que alcance a evitar la filtración y resistir las presiones exteriores al mismo tiempo que cuál es el espesor necesario que permite la saturación de la madera necesaria para evitar la putrefacción y que permite también la suficiente flexibilidad para colocar la cañería según arcos de pequeño radio. Estos espesores son los siguientes:

Diámetro interior de la cañería en cms.	Espesor de la duela en cms.	Diámetro del anillo m/m.
25 .. .. .	2,7 .. .. .	4
30 ... .. .	2,8 .. .. .	4,5
35 .. .. .	3 .. .. .	5,5
40 .. .. .	3.1 .. .. .	6
45 .. .. .	3.5 .. .. .	7
50 .. .. .	3.5 .. .. .	7,5
55 .. .. .	3.5 .. .. .	8
60 .. .. .	3.5 .. .. .	9

Se ha anotado en la 3.ª columna el diámetro que resulta para el anillo. Estos diámetros son los usados en la práctica en las cañerías hechas en fábrica. En las cañerías contiguas hechas en el terreno se usan anillos de 12 a 22 m/m. de diámetro. No se han hecho en el terreno cañerías de diámetro inferior a 0<sup>m</sup>45.

La separación de los anillos se calcula de modo que resistan la tensión resultante. Esta tensión proviene en primer lugar de la presión del agua, pero hay que agregar la tensión inicial correspondiente a la presión entre duelas, necesaria para producir la impermeabilidad, presión que alcanza a producirse siempre que sea inferior a la tasa de límite de elasticidad para madera mojada. Si llamamos  $p$  la presión de agua en metros,  $d$  la distancia de los anillos en cms. y  $q$  la presión entre las duelas en Kg. por centímetro cuadrado, tendremos

$$2.10. \pi r^2 = d.2 \times R. \frac{p}{10} + 2q e d.$$

En la práctica se toma  $q = \frac{3}{2} \frac{p}{10} = \frac{3}{20} p.$

Resulta 
$$d = \frac{10 \pi r^2}{\frac{R p}{10} + \frac{3}{20} p e}$$

En el caso de que  $\frac{3}{2} \frac{p}{10}$  sea mayor que la tasa de compresión al límite de elasticidad de la madera mojada, resultará que la presión entre duelas no podrá sino alcanzar ese límite que se ha averiguado es de 9 Kg. por centímetro cuadrado.

En tal caso

$$d = \frac{10 \pi r^2}{\frac{R p}{10} + q e}$$

Así resulta que para una cañería de 50 cms. de diámetro y presión de 56 mts, los anillos de 9 m/m. deben ir a 8 cms. En la práctica se aconseja no sobrepasar esta distancia de 25 cms.

**DETALLES DE FABRICACIÓN.—LAS DUELAS.**—Se sacan de listones de 2 × 4, 2 × 6, 3 × 6, 4 × 6 y 4 × 8 pulgadas y de un largo de 6.00 m. los cuales son trabajados de modo que presenten por sus dos caras anchas superficies cilíndricas concéntricas de un radio constante y por sus caras angostas planos que concurren al eje del cilindro. Los extremos quedan cortados según planos perpendiculares al eje del cilindro. La juntura entre las caras de espesor se hace por medio de una ranura y lengüeta triangular de 12 m/m. de base por 3 de alto. La lengüeta se hace ligeramente superior en altura a la profundidad de la ranura de modo que al

apretar se penetre la madera. Algunas Compañías como la Pacific Coast Pipe Co. usan dos lengüetas.

La juntura entre las puntas de dos duelas se hace por medio de una lengüeta metálica de fierro plat. de  $38 \times 3$  m m. y de un largo igual al ancho medio de la duela más 3 m m. a fin de que este exceso al apretar penetre en las dos duelas vecinas. Cada punta de duela lleva entonces una ranura rectangular de 19 m/m. de profundidad y 3 de espesor en donde viene a alojarse la lengüeta metálica.

**LOS ANILLOS.**—Para las cañerías de pequeño diámetro generalmente hasta 50 cms. que son las que se hacen en fábrica se usa el enrollamiento en espiral. La Washington Pipe and Foundry Co. y la Remco Redwood Pipe, la Michigan Pipe Co. usan alambre galvanizado. Otras compañías usan alambre sin galvanizar pero bañado en asfalto caliente. Se ha criticado a esta fabricación el que ese asfalto no puede permanecer en la parte que queda en contacto con la madera a causa de la gran presión. En efecto las máquinas que colocan este alambre lo hacen de modo a mantener durante su colocación un esfuerzo de 17,5 kg. por milímetro cuadrado. Tal esfuerzo hace penetrar ligeramente el alambre en la madera. El alambre es guiado por la misma máquina según una espiral de paso constante. En los extremos se le hace dar dos o tres vueltas una al lado de la otra con el objeto de evitar que las espirales se corran. El extremo se dobla y clava a la madera con grampas de acero cuando se trata de cañerías de pequeño diámetro. En las cañerías de gran diámetro se usan tornillos, los que se colocan también en el cuerpo de la cañería.

En las cañerías de gran diámetro que se construyen en el terreno se coloca el alambre en anillos circulares independientes formados por uno o dos trozos, dos trozos en las de mayor diámetro. Los extremos del alambre en el primer caso se unen interponiendo un zapato de fundición que es un dispositivo destinado a permitir una fuerte tensión axial repartiendo uniformemente la reacción sobre un suficiente apoyo sobre la madera. La práctica ha venido a indicar la mejor forma que debe darse a estos zapatos y es la indicada en los dibujos. Un extremo del alambre se termina en una cabeza de remache y el otro en una punta fileteada en un largo de más o menos 0.15 m. Allí va la tuerca con una golilla. En el caso de anillos divididos en dos trozos (dispositivo adoptado desde el diámetro 1.40) uno de ellos lleva los remaches y el otro las partes fileteadas.

**JUNTURAS.**—Hemos dicho que las cañerías hechas a máquina forman tubos como los de cañería de fundición. La juntura de un tubo con otro puede hacerse de dos modos; por medio de una juntura de espiga y escopladura, o por un collar.

La primera se usa para cañerías hasta de 0.20 m. y presiones de 60 mts. y para cañerías de 0.35 m. y presiones de .30 m. La espiga se hace de 0.10 m. de largo dejando la madera con la mitad de su espesor. La cabida o escopladura en el otro tubo tiene una profundidad de 0.10 m. Para presiones superiores a 60 mts. se suele usar este mismo sistema, pero se agrega en uno y otro tubo una

ranura circular de 3 m m. de espesor y 12 de profundidad, en la cual viene a alojarse un anillo circular metálico. Las ranuras quedan en el extremo saliente que forma la cabida por una parte y en la base de la espiga por la otra. La unión por collar consiste en terminar los dos extremos del tubo en enchufes y abrazar estos dos por un collar que no es sino un trozo corto de cañería.

**BARNICES.**—La Remco Redwood Pipe no usa protección para los anillos sino en casos especiales, y tampoco la usa para la madera. Es más general el uso de un barniz protector que se coloca una vez terminada la colocación de la espiral y taladrado el enchufe, sumergiéndola en un baño de asfalto caliente y coaltar de modo a cubrirla exteriormente con una capa fría de la mezcla, excepto el extremo macho. Antes de que el asfalto se enfríe se hace rodar la cañería sobre serrín o virutas, las que impiden que el barniz se corra. La operación se repite hasta tener un barniz de 6 a 9 m/m. de espesor.

Las compañías que protegen los alambres lo hacen por medio de una composición calentada a 120 o 150 grados centígrados y que consta de 68% de petroleno y 27 de asfalteno. Esta composición se aplica en el momento de enrollar el alambre. Las cañerías continuas hechas en el terreno generalmente no reciben barniz protector y esto porque como hay que ponerlo una vez colocada la cañería con la madera ya sucia no se conseguiría una buena adherencia. En el caso de usar barniz se usa para las cañerías enterradas una capa de 1,5 m/m. formada con una mano de alquitrán de gas de agua, seguida de una mano de alquitrán común refinado. El todo se pule con aceite destilado del alquitrán. Los anillos, una vez doblados según el arco de circunferencia, se bañan en una mezcla caliente de asfalto y aceite de linaza.

**COLOCACIÓN DE CAÑERÍAS.**—Cañerías de diámetro inferior a 0.15 m. se colocan golpeando el extremo hembra con un mazo que golpea directamente un tapón de madera. Para cañerías más grandes se usa un combo con mango de 1.50 m. y para mayores diámetros se usa un tapón especial reforzado con fierro y como martillo un trozo de madera de 0.20 × 0.20 × 3.00 m. con manillas o colgado de una pequeña cabra. El tapón se hace cónico adelgazando hacia el extremo que recibe el golpe, a fin de centrar el esfuerzo.

Las cañerías de gran diámetro se hacen en el terreno; la zanja se hace unos 0.40 m. más ancha que la cañería, las duelas inferiores se colocan apoyándolas en cerchas circulares hechas generalmente de cañerías metálicas dobladas y las superiores apoyándolas sobre espirales metálicas que se colocan interiormente. Esto cuando el diámetro es inferior a 1.50 m. Para mayores diámetros se usan cerchas de madera. Se colocan primero las duelas y después algunos anillos que se apretan ligeramente, enseguida se colocan las duelas siguientes las que se golpean hasta que la juntura de atrás queda perfectamente cerrada. Después se coloca el resto de los anillos y poco antes de echar el agua se da el ajuste final a todos ellos. Para dar a los anillos la superficie necesaria de apoyo sobre la made-

ra, se los golpea con un martillo, operación que debe hacerse con cuidado para no lastimar la madera.

Se exige que dos juntas vecinas de duelas disten 0.90 m. y que al golpear las duelas por la punta para que entren no se les dañe. No se permite que un zapato se apoye en una junta de cabeza. Antes de calafatear la cañería se la somete a la presión de prueba por dos días con el objeto de que se produzca el hinchamiento. Las cuadrillas se forman con 8 a 16 hombres y el rendimiento, según el número de anillos y las dificultades del terreno, varía para una cañería de 1.20 m. de diámetro desde 15 m. hasta 75 diarios. Esto da un costo de colocación en mano de obra inferior a \$ 2 por metro.

**DURACIÓN.**— Depende de la clase de madera y proligidad de fabricación y en segundo lugar, de la presión y clase de terreno. No influyen los anillos, sino en casos excepcionales de suelos alcalinos. En los demás casos los anillos duran más que la madera. Supongamos que la madera usada es de buena calidad (la más densa) y que la fabricación ha sido cuidada como pasa en las fábricas acreditadas; queda por considerar los otros dos factores que son la presión y el suelo. Desde luego, hay que recordar que las cañerías de tipo moderno sólo existen desde hace 35 años y puede afirmarse que hay muchas cañerías de esta edad que están hoy en perfectas condiciones. Para la vida de estas cañerías es preferible que estén sobre el suelo, siempre que no pueda disponerse de tierra arcillosa y en tal caso basta para su conservación una presión mínima de 5 metros. Sólo deberá tenerse cuidado en detener las filtraciones en las juntas de tope porque esa humedad atrae el polvo del aire y con esto se favorece la vegetación que destruye la madera. Si la cañería va enterrada debe ir cubierta y rodeada a lo menos con 0.60 m. de tierra arcillosa pisoneada o fango que retenga la humedad e impida la entrada del aire. La presión mínima no debe bajar de 12 metros. Si el terreno es arenoso o poroso, la cañería debe tener un barniz y aún así su duración llega sólo a 15 años. Para presiones entre 6 y 12 metros la duración es de 25 años y para presiones inferiores a 6 metros de 15 años. Se ve entonces que tanto la presión como la clase de terreno tienen una gran influencia en la vida de la cañería. Cuando se puede disponer de buen terreno y alta presión, esta cañería puede durar sin duda 50 años. Disponiendo de buen terreno, la cañería dura más enterrada que al aire libre. En esta última forma se tiene la ventaja de facilitar las reparaciones y de notar los desperfectos a tiempo, pero se la expone a los golpes por caída de piedras o árboles.

**COSTO.**— En las cañerías hay cuatro factores principales que influyen en el costo del metro colocado listo para el servicio: 1) costo de fabricación, 2) costo del flete, 3) costo de colocación, 4) valor de la amortización que depende de la duración. Como lo interesante es tener los valores relativos de unas y otras cañerías, daré las cifras de costo en una misma fecha. A mediados de 1915, un metro de cañería de madera de 0.15 de diámetro para presión de 66 mts., o sea, la presión media de trabajo para la mayoría de los servicios de agua potable, costaba puesto

a bordo en puerto norte-americano \$ 1,00 oro americano. En esa fecha la tonelada de cañería de fundición valía 29 dollars, lo que da para el metro de esta cañería \$ 1,60 oro americano. El costo del transporte depende del volumen y del peso. En cuanto a volumen una y otra cañería ocupan más o menos el mismo. En cuanto a peso, el metro de cañería de madera de 0.15 pesa 16 kg. y el de fundición del standard americano 51 kg. El flete marítimo costaba en 1915 alrededor de \$ 80 la tonelada, lo que da para el flete de la cañería de madera \$ 2,50 y para la de fundición \$ 4.

Hoy día estos fletes son \$ 3,20 y 5,50, respectivamente. Para calcular el flete marítimo de la cañería de madera, es útil saber el espacio que ocupa 1 m. de los diferentes diámetros entibados en buque.

Diám	Vol. en m.3
0,075 .. .. .	0,015
0,10 .. .. .	0,023
0,125... .. .	0,030
0,15 .. .. .	0,040
0,20 .. .. .	0,058
0,25 .. .. .	0,90
0,30 .. .. .	0,125
0,35 .. .. .	0,165
0,40 .. .. .	0,210

El derecho de aduana es de \$ 20 oro la tonelada para la cañería de fundición y \$ 30 oro para la de madera. Con el premio del oro de 127%, que regía a mediados de 1915, el derecho resultaba para la de madera \$ 1,10 y para la de fundición \$ 2,27. Respecto a colocación, puedo decir que 6 hombres pueden colocar en un día 400 m. de cañería de 0.15, lo que daría un costo de colocación mínimo para cañería de madera de \$ 0.075 por metro. Agregando el precio de la zanja 0.80 y el de relleno con material arcilloso estimado en \$ 6 el metro cúbico, se tiene un total de \$ 4.20 el metro. Para cañería de fundición estimando el kg. de plomo en 0.80 y el de filástica en \$ 1,70 el metro de zanja y relleno y colocación en \$ 1,60 se tiene un precio total de \$ 2,75. Resultaría así el precio del metro de cañería de madera colocado igual a \$ 14,40 y el de fundición \$ 18.72 con el dollars a \$ 6,20.

En el presente año el precio de la fundición ha subido a más del doble del costo en 1915, la tonelada vale hoy día 60 dollars. En cambio, el m. de cañería de madera sólo ha subido un 40%, de modo que 1 m. de cañería de madera de 0.15 cuesta a bordo de puerto norte-americano 1,40 dollars. El flete marítimo ha subido a \$ 110 la tonelada, lo que da para la cañería de madera \$ 3,20 y para la de fundición \$ 5,50. Los derechos calculados con el oro a 60%, resultan de 0.80 y 1.60 y la colocación calculada con el plomo a \$ 1,20 y la filástica a \$ 2,50, resul-



tan de 0.10 y 1.95. Se obtiene, finalmente como precio del m. de madera colocado, \$ 14,20 y del de fundición \$ 23,10, o sea, el 1.º es un 60% del 2.º Para el diámetro 0.30 estos valores son \$ 27,70 y 54,75, o sea, el de madera un 50% del de fundición. Por lo que respecta a amortización, creo que podríamos tomar con seguridad absoluta una vida de 40 años para la cañería de madera y suponer una de 120 para la de fundición.

Tendríamos así que el costo del metro de cañería de madera debería ser la mitad del de fundición para quedar en igualdad de condiciones económicas y acabamos de ver que esto se verifica en las condiciones actuales (1).

A esto debe agregarse que, según las experiencias de E. Moritz, una cañería de 0.15 lleva con una pérdida de carga de 6,5<sup>o</sup>/<sub>100</sub> un gasto de 15,4 lts. por segundo. Una cañería de fundición daría con tal pérdida de carga, según la fórmula de Flaman, un gasto de 14 lts., o sea, que la de madera da un gasto superior en un 10% , lo que significa una economía en el costo de 5%. Es de advertir que para el término medio de las cañerías se acepta hoy que la de madera conduce un gasto un 15% superior.

**VENTAJAS E INCONVENIENTES.**—Las ventajas que presenta esta cañería son las siguientes: no se oxida ni ataca por las corrientes eléctricas, conserva la temperatura del agua, su capacidad de conducción no se altera con los años, se adapta más al terreno sinuoso, no se dilata y, por lo tanto, no necesita juntas de dilatación, no necesita obreros especiales para la colocación y es de más fácil transporte. Sus inconvenientes son exigir condiciones especiales del terreno de relleno de presión mínima y estar constantemente en servicio.

Esta cañería no sufre filtraciones superiores a las metálicas.

En las cañerías continuas se puede colocar la cañería con curvas de un radio igual a 60 veces el diámetro. Por ejemplo, una cañería de 0.40 m. podría colocarse en curvas de 24 metros de radio. Las cañerías hechas en caños pueden seguir

(1) Como a continuación de la conferencia se manifestaran dudas respecto a la exactitud de esta conclusión de equivalencia económica, doy a continuación el cálculo matemático que es, por lo demás, muy sencillo. Dicho cálculo está hecho con interés simple, ya que los fondos del empréstito con que se hacen las obras de agua potable sólo ganan interés simple. Sea A el valor de un metro de cañería de fundición. Al cabo de 120 años esta inversión, me significa una pérdida del capital A y de los intereses que él habría ganado en 120 años, o sea, 12 A si suponemos un interés del 10%. Si B es el valor de 1 m. de cañería de madera, la inversión en la compra del primer metro a los 120 años significa también una pérdida 13 B. La inversión para comprar a los 40 años un segundo metro de cañería significa al término de los 120 años anteriores, o sea, a los 80 años de hecha la segunda compra, una pérdida igual a 9 B y la tercera compra, una pérdida igual a 5 B. La condición de igualdad económica es:

$$13 A = 27 B \text{ o sea sensiblemente}$$

$$B = \frac{1}{3} A$$

curvas aún más cerradas, pero con cuños más cortos que las comerciales corrientes.

Las reparaciones son sencillas: las filtraciones en las juntas de duelas o de tubos se tapan con cuñas de madera. Si se trata de sacar una duela hay que correr los anillos.

USOS EN SERVICIOS DE AGUA POTABLE.—Podría citar más de 50 ciudades norteamericanas que tienen hoy sus servicios de agua potable en parte o totalmente contruidos con cañerías de madera. La ciudad de Bay en Michigan, por ejemplo, tiene varios kilómetros en servicio desde el año 1882 y hoy día tiene 43 kilómetros de cañerías desde 0,05 m. hasta 0.35 m. con una presión de servicio ordinario de 30 m. y de incendio de 60. La de Alpena tiene cañerías en servicio desde hace 35 años y hoy día posee 40 km. desde 0.05 hasta 0.60 m. con una presión de 110 mts.; Denver trae desde 1886 toda la dotación de agua por una cañería de 160 km.; Logan tiene en uso desde hace 26 años, 2,700 m. de 0.45 que no han necesitado una sola reparación. Constantinopla y New York tienen algunas calles con cañerías de madera.

Sabido es que en las redes es de importancia el poder hacer fácilmente las uniones domiciliarias. Esto se consigue en las de madera barrenando la cañería con un barreno de madera de un diámetro 0.8 m/m. inferior al diámetro del futuro arranque y atornillando después el caño de fierro galvanizado. Cuando la cañería matriz está en servicio, se barrena hasta que comience la filtración; el último espesor de madera se rompe con el arranque. Para arranques de gran diámetro se usan téos adicionales que se aprietan contra el caño de madera por medio de anillos.

MADERAS CHILENAS QUE PODRÍAN USARSE EN LA FABRICACIÓN DE CAÑERÍAS.—Las maderas que podrían emplearse por su resistencia, son: el roble, el lingue, el boldo, el temu, el coihue, el raulí y la luma. De éstas el lingue tiene el inconveniente de no resistir la humedad y la luma es muy dura. Por lo demás, las demás maderas citadas, se dejan trabajar bien. Probablemente podrían emplearse también el alerce y el ciprés que no se pudren ni se rasgan y se dejan trabajar bien; pero habría que averiguar su resistencia. Para evitar que el roble se raje habría que guardarlo al abrigo del sol y del viento.

La labor que hay que hacer a la madera es sencilla, incluyendo amortización de maquinaria y gastos generales puede estimarse su costo en 10 centavos por duela de 4 metros. La duela concluida, incluyendo material, costaría \$ 0.50 para un ancho de 0.05, lo que daría en madera para una cañería de 0.15 \$ 5.50. En una cañería de 0.15 para 66 mts. de presión entran 60 m. de alambre galvanizado de 6 m/m., que vale \$ 12 moneda corriente. La alquitranadura costaría alrededor de \$ 2.50. En consecuencia, en materiales y mano de obra, excluyendo la colocación del alambre tendríamos el costo de \$ 5 el metro. (1) El metro de esta cañería de

(1) Los precios de madera y alambre son los corrientes hoy día en el comercio en la al detalle.

fundición cuesta hoy \$ 19.85 moneda corriente y el de madera importada \$ 9.90.

Si se supone que el terreno sea de por sí arcilloso, los precios del metro lineal de cañería colocada resultan:

Cañería de fundición 0.15 \$ 23.10 cañería de madera importada 0.15 \$ 11.30  
 " " " 0.30 54.75 " " " " 0.30 24.60

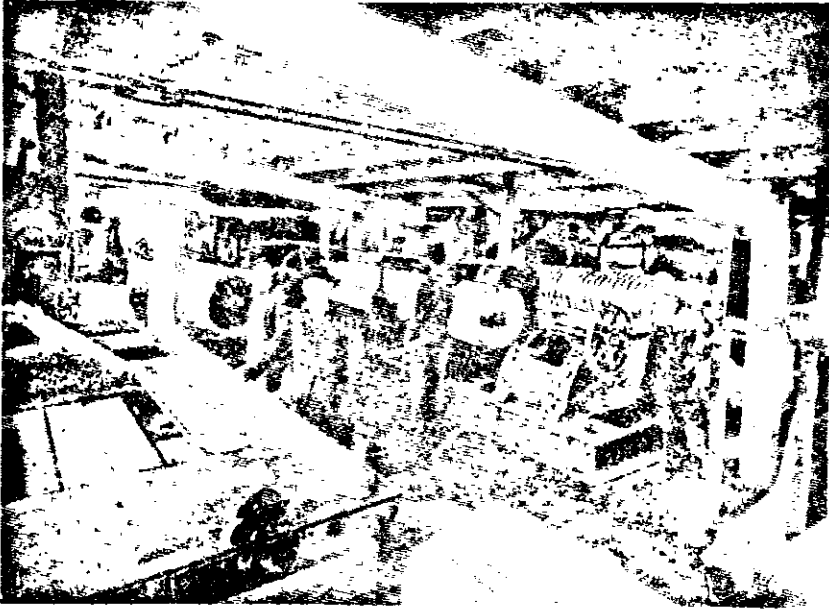
Podemos decir, en consecuencia, que si en 1915 no había ventaja en el empleo de cañería de madera: hoy como término medio puede decirse que su costo la coloca en igualdad de situación económica y significa una economía de primera instalación, por lo menos del 50%. Su fabricación en el país, que es posible, haría subir esta economía a más del 50% necesario para la igualdad económica.

Para el industrial que desee instalar la fabricación de cañerías de madera puedo decirle que en el país pueden colocarse entre particulares como mínimo 12 km. anuales de cañerías de un diámetro superior a 0.15.

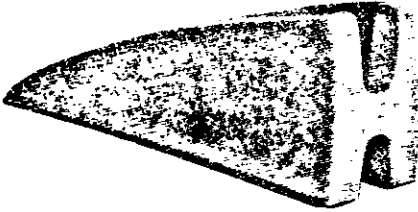
El Fisco, si decidiese adquirir este material, consumiría otro tanto como mínimo. Esto significaría una intensidad de fabricación de 80 mts. diarios.

CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS

FUNDICION 1915							
Diámetro en metros	Precio a bordo Est. Unidos	Flete marítimo	Derecho	Descarga	Colocación	Zanja y rell.	Total m. c.
0.15	9	4	2.27	0.75	1.40	1.30	18.72
0.30	22.6	10	5.65	1.85	2.70	1.40	44.20
FUNDICION 1918							
	12	5.50	1.60	0.75	1.95	1.30	23.10
	30.00	13.80	4.00	1.85	3.70	1.40	54.75
MADERA 1915							
D=0.15	6.20	2.50	1.10	0.30	0.10	4.20	14.40
0.30	11.50	7.50	2.05	0.60	0.20	4.50	26.35
MADERA 1918							
D=0.15	5.60	3.20	0.80	0.30	0.10	4.20	14.20
D=0.30	11.30	9.60	1.50	0.60	0.20	4.50	27.70



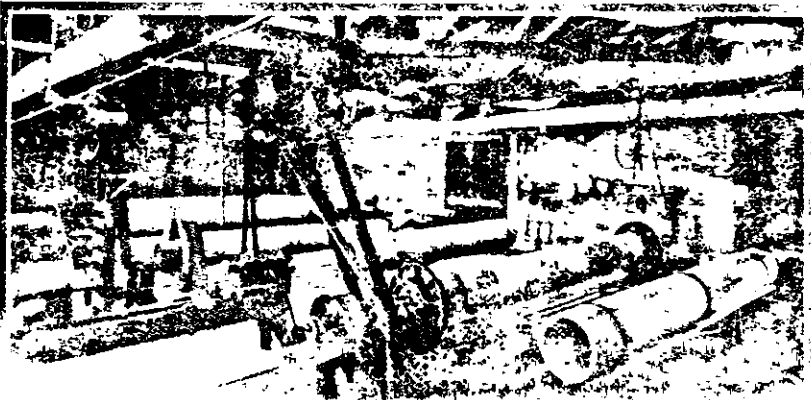
Enrolladura  
del  
refuerzo



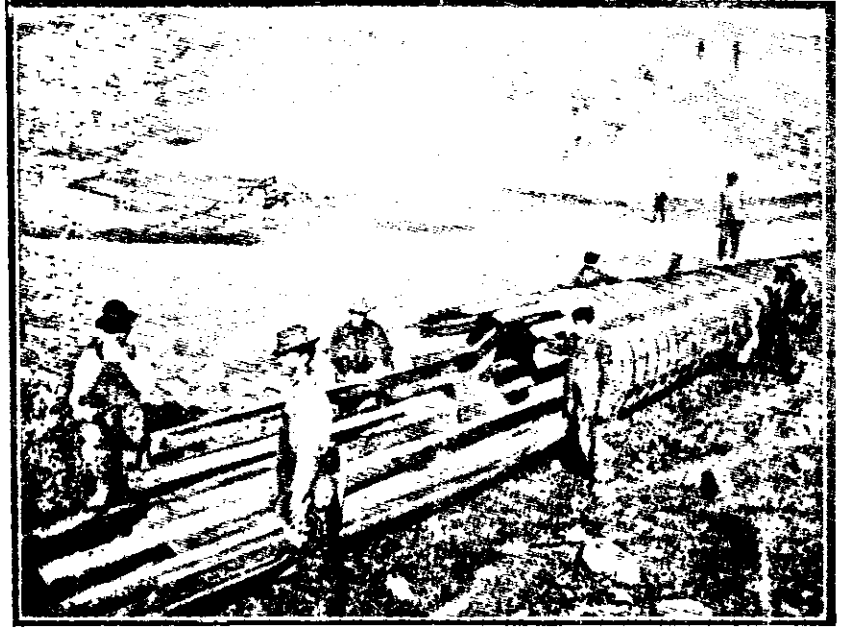
Zapatas



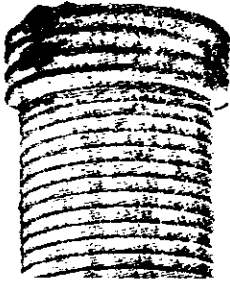
Torneo  
de las  
unturas



Armadura  
de una cañería  
continua con  
reja de madera

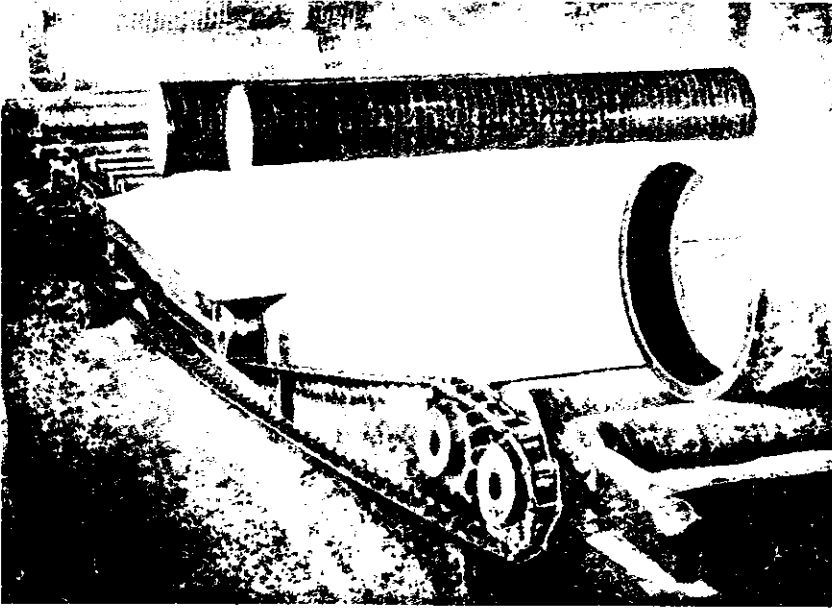


Juntura  
con  
anillos

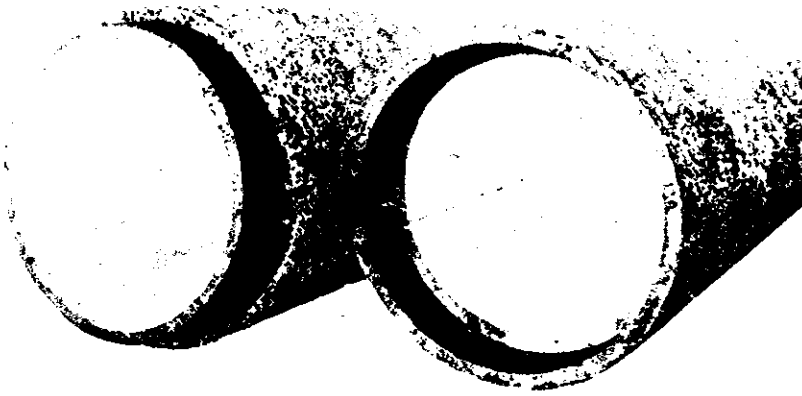


Colocacion  
de  
cañeria

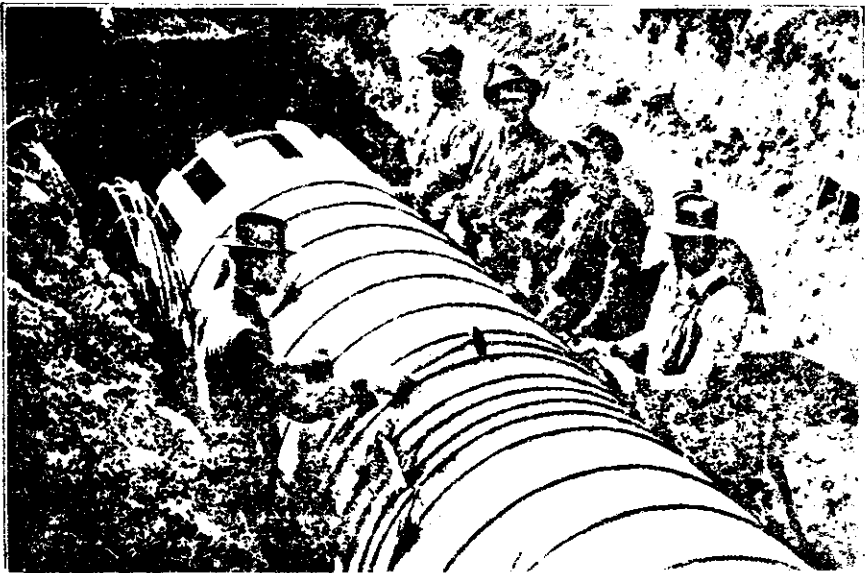




Colocacion  
de la capa  
protectora



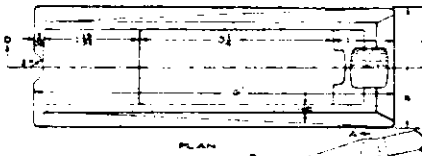
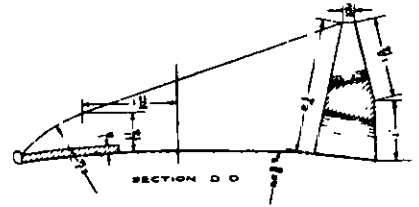
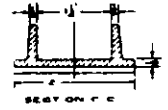
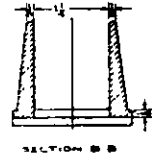
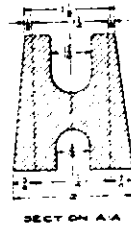
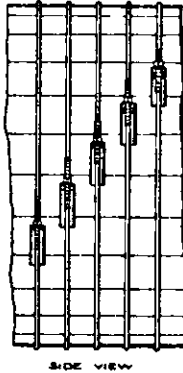
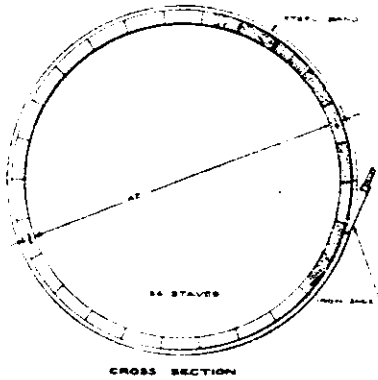
Cañeria  
con capa  
protectora



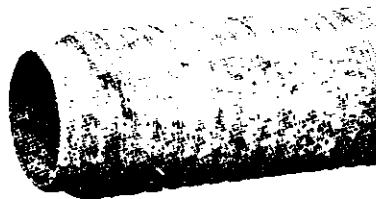
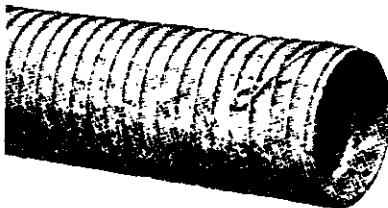
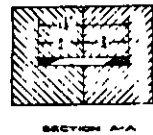
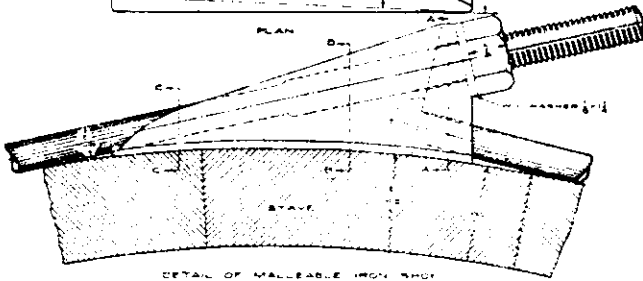
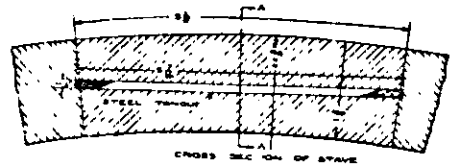
Aiuste del refuerzo i cercha interior de cañeria de fierro

# PLAN OF FORTY-TWO INCH CONTINUOUS WOODEN STAVE PIPE

SCALE (PIPE 1/8 INCH = 1 INCH  
DETAILS FULL SIZE)



DETAIL OF STAVE AND BOLT JOINT



Juntura de enchufe i escopladura