



TUBERIAS DE MADERA

J. ENRIQUE PERAZA
ARQUITECTO

Siempre hay lecciones que aprender de la forma en que se construía en el pasado y comprobar que las tecnologías modernas no siempre son las más ecológicas, las más eficaces y las más baratas. Uno de estos casos son las tuberías de madera, una tecnología, que además de desconocida por estos lares puede sonar insostenible económica y técnicamente. Nada más lejos de la realidad porque no estamos hablando de una tecnología obsoleta. Algunos estadounidenses y canadienses se sorprenderían de saber que reciben el agua por tuberías de madera, pero no antiguas, sino actuales. De hecho se trata de una tecnología probada, robusta y versátil, con muchas aplicaciones. La historia se remonta a algunos siglos.

Las tuberías de madera empezaron a utilizarse desde muy antiguo pero, como alcantarillado y suministro urbano sólo está documentado desde el siglo XIII (se han encontrado restos arqueológicos en la ciudad de Londres), alcanzando su apogeo los siglos XVII al XIX.

Al principio las tuberías se sacaban de piezas enterizas o rollizos horadados en su núcleo. Se usaban maderas duraderas como el alerce o el olmo y a veces se reforzaban perimetralmente con tirantes metálicos en espiral si había que hacer frente a mayores presiones de agua en la red. Como protección, en ocasiones se embrea el exterior, de forma que se mejorara la estanquidad del tubo y se protegía, tanto la madera frente a la pudrición, como el refuerzo metálico contra la corrosión. Las tuberías macizas se emplearon hasta muy tarde: finales del siglo XIX en Norteamérica, mientras el precio y la disponibilidad de la madera lo permitieron.

A partir del siglo XIX se desarrollaron las tuberías de duelas, que permitían, además de un ahorro de madera, conseguir diámetros de

tubería mucho mayores. El refuerzo metálico exterior se realizaba con una chapa continua tanto en espiral como en formateo anillos tensados y bridas de diseño específico lo que dio lugar a diversas patentes. Las duelas son de tablas de forma trapezoidal todas del mismo largo (enterizas o unidas con finger joint) y las tuberías se fabricaban tanto de forma industrializada como se montaban in situ (existían diversos sistemas en el mercado). Este tipo de tuberías tuvo gran importancia en EEUU y Canadá pero también en Australia debido a las largas distancias a recorrer y a la dureza del clima. Las tuberías de madera ofrecían diversas ventajas en este sentido:

- conservaban perfectamente la pureza del agua transportada
- siendo la madera un pobre conductor del calor, era menos probable que el agua se congelara y si esto pasaba, la flexibilidad de la madera era capaz de absorber las tensiones subsiguientes.
- la flexibilidad de la madera le permitía así mismo prevenir las sobrepresiones o estallidos provocados por el golpe de ariete consecuencia del cierre brusco de los hidrantes o sobrepresiones de las bombas.
- al ser tuberías ligeras, su instalación era mucho más rápida y sencilla
- presentaban una buena durabilidad al exterior y mejor enterrada (hay redes de 250 años en Londres, 75 años en Portsmouth, 50 años en Filadelfia, etc.). La condición necesaria para una durabilidad indefinida era que la madera se encuentre permanentemente saturada, como ocurre en los pilotes usados en la cimentación de los edificios de Venecia y otras ciudades. Esto puede lograrse más fácilmente si la tubería es enterrada evitando que el agua no se evaporara. Esto, por contra, podía ser perjudicial para las bridas metálicas de atado.

Entre sus desventajas podemos mencionar las siguientes:

- si la madera no estaba protegida o tratada, el exterior de las tuberías se

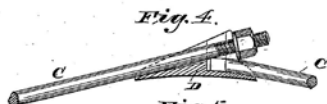
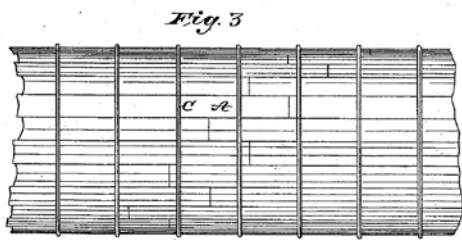
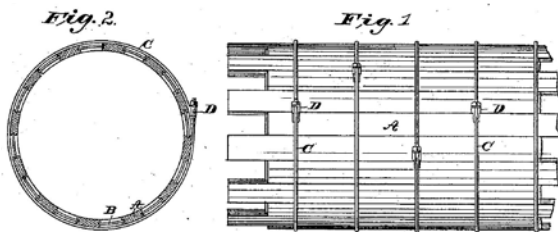
degradaba (para algunas especies y en algunos suelos)

- ofrecía insuficiente resistencia a determinadas presiones y otros requerimientos de servicio (su máxima presión de servicio aproximada era en torno a 550 megapascales en toda la línea).

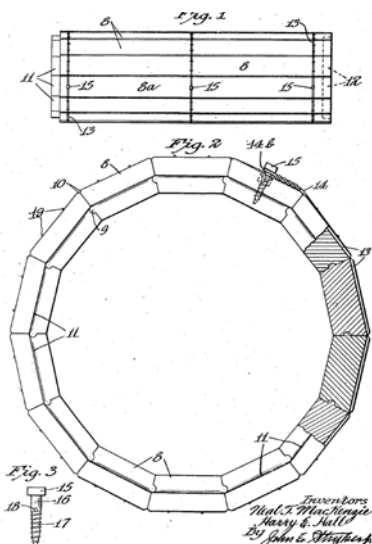
Tuberías de tronco perforado

Los tubos eran tan largos como diera de sí el árbol aunque se tendía a tamaño estandarizado en torno a 8 pies de largo (2,40 m). Después de horadados se dejaban secar hasta que estuvieran suficientemente estabilizados, momento en el que se le cilindaba para conseguir un diámetro exterior homogéneo. A continuación se probaba la impermeabilidad del tubo, tras lo cual se reforzaba con una banda de acero colocada en espiral, que era finalmente tensada y puesta en carga en cada pieza por medio de la energía disponible en cada momento: mecánica, vapor (siglo XIX), eléctrica (siglo XX). La pieza pasa a continuación a recibir un baño de brea, cemento-asfalto u otros productos (en diferentes capas y con diferentes composiciones según fuese evolucionando la tecnología). La separación de las bandas metálicas se ajustaba en función de las presiones de servicio de la tubería.

Las conexiones requerían un diseño especial, con piezas desarrolladas y patentadas a tal efecto. Estas tuberías se fabricaron en EEUU por empresas como la Michigan Pipe Company, de Bay City, Michigan entre 1869 y 1956. En 1880 esta empresa adquirió los derechos para fabricar los tubos Wyckoff (nombre de un ingeniero que se incorporó a la empresa en 1871). Las tuberías eran de 5 a 120 cm de diámetro y 2,40m de largo, de pino blanco o alerce estabilizado. Los tubos se arrollaban en espiral bajo tensión de maquinaria pesada, con alambre circular de acero galvanizado o con bandas planas.



Patente 359590 de C. P. Allen (1887)



Patente 2336995, de N. T. MacKenzie (1943)

Tuberías de duelas

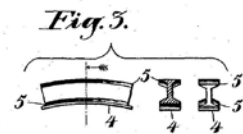
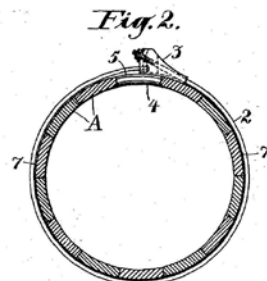
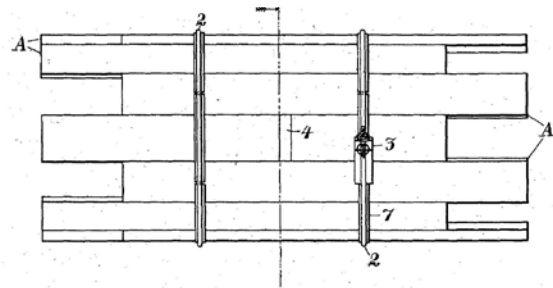
Las tuberías de madera funcionan de igual forma que las barricas o toneles. Están formadas por duelas que, al ser mojadas, se hinchan, ajustando las holguras entre ellas. Mientras la madera esté mojada, la tubería es completamente estanca y la madera no se pudre (otra cosa es al exterior donde sí ha de preverse esta eventualidad). Las duelas deben poder fabricarse fácilmente y de forma barata para que el sistema sea viable.

Las piezas se escogían de duramen (actualmente se admite la madera tratada) preferiblemente de madera de frondosa y con el mismo largo para facilitar el montaje y la prefabricación. Actualmente, para optimizar la madera se unen con finger-joint (Patente de

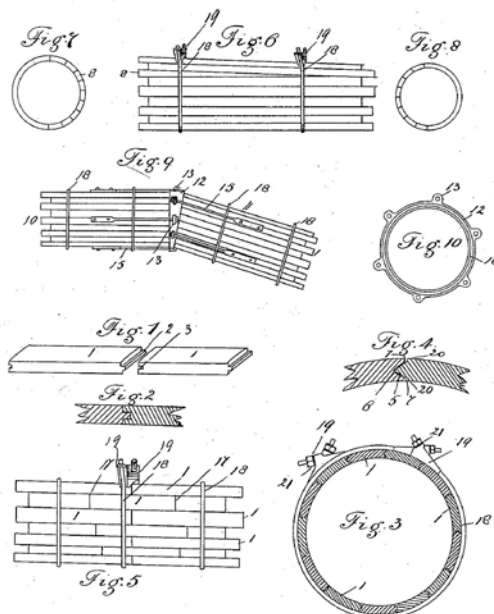
Erikson, 1995).

Las duelas son normalmente trapezoidales cuya inclinación depende del diámetro del tubo y de la junta radial, en un solo plano, donde pueden añadir un simple machihembrado (patente 359590 de C. P. Allen, 1887 y patente 444339, de C.W. Dwelle, 1891) redondeado (patente de H.N. Macpherson, de 1941), o en forma de pico (patente 444339 de C.W. Dwelle, 1891) o doble machihembrado -uno entrante y otro saliente- lo que hace la junta más estanca (patente de E. Koll, 1897 y de S. F. Wyckoff, de 1913).

Además de la sección circular, se desarrollaron otras poligonales (exagonales y octogonales principalmente),



Patente 738394 de A. Bannister (1903)



Patente 444339, de C.W. Dwelle (1891)

que son más fáciles de mecanizar y armar (patente 589836 de E. Koll de 1897, 923294 de W.E. Phillips, de 1909 y 1070572 de S. F. Wyckoff de 1913). Estos tubos también se vendían como columnas para construcción.

El refuerzo de la tubería, se realiza mediante aros tensados en el caso de instalación in situ y mediante arrollamiento en espiral en la fabricación industrializada de la tubería: éste último es más caro y complicado de realizar pero también más eficaz y resistente. Este refuerzo es fundamental para aguantar las fuertes presiones a que va a estar sometida en muchos casos la tubería.

Los aros tensados presentan diver-



productos

FIG. 1

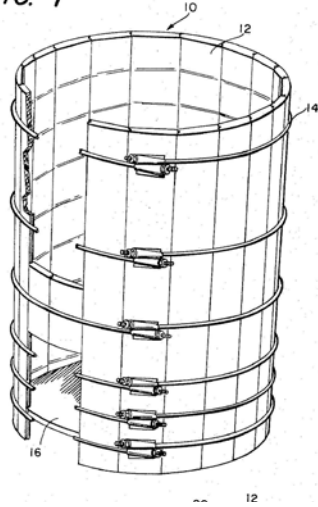
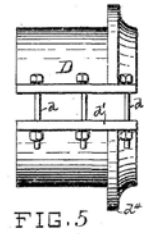
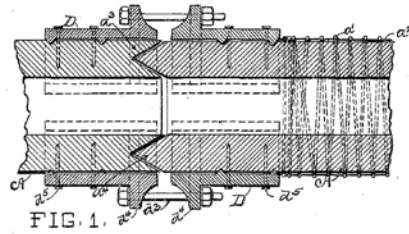
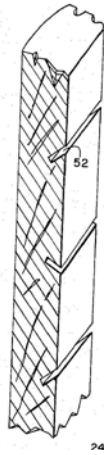


FIG. 3



Patente 790978 de C.C. Peck (1905)

Patente 3329174 de A. P. Pfeil (1967)

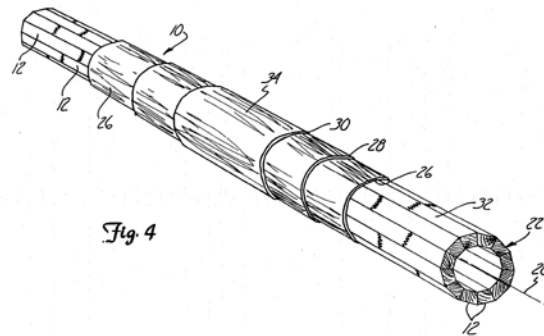
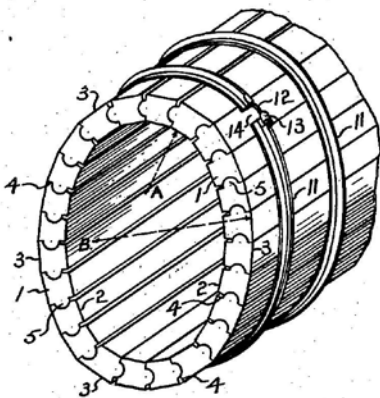
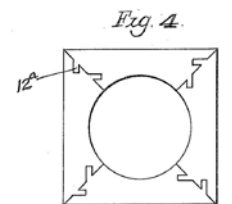
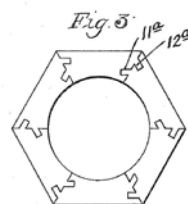
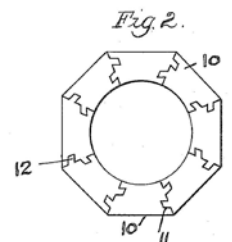
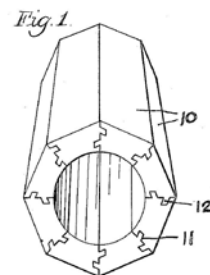
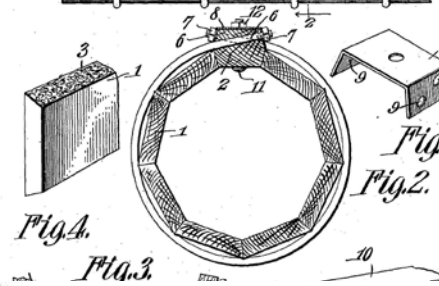
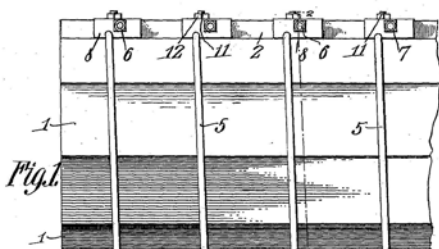
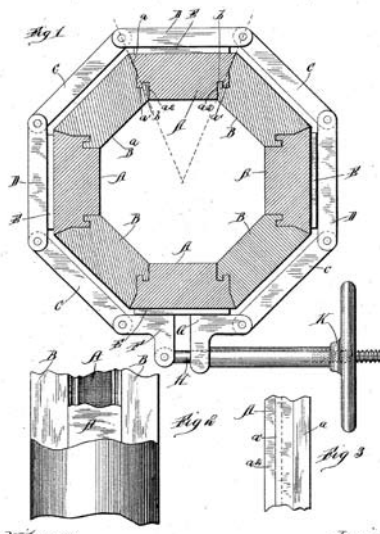


Fig. 4

U.S. Patent
 Aug. 8, 1905
 Sheet 2 of 2
 5,438,812

Patente 2263182 de H. N. Macpherson (1940)

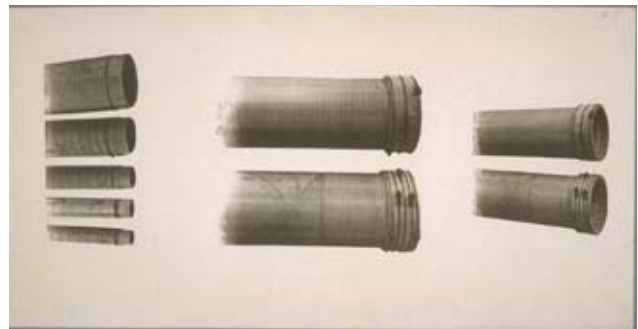
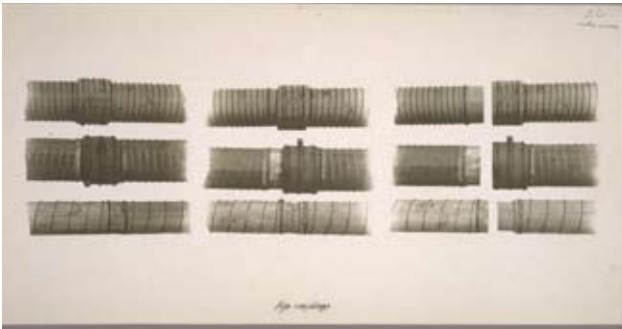
Patente 5438812



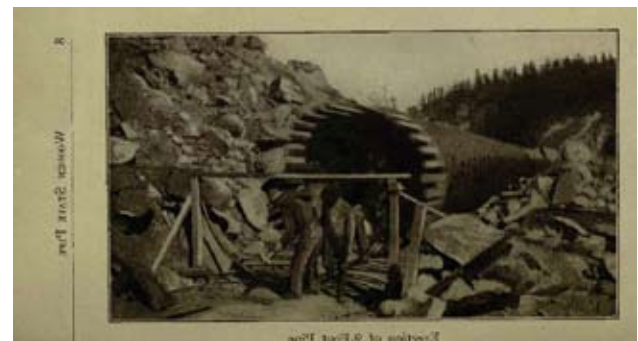
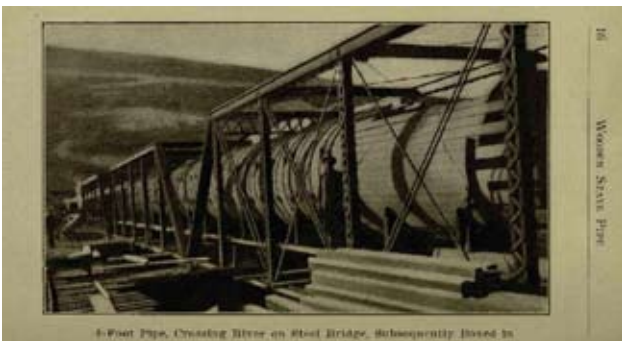
Patente 589836 de E. Koll (1897)

Patente 923294 de W.E. Phillips (1909)

Patente 1070572 de S. F. Wyckoff (1913)



Imágenes de fabricación y montaje de tuberías de la Redwood Manufacturers Company



Imágenes del libro Wooden Stave Pipe, de Shirley Baker



TUBERÍAS DE MADERA MACIZA Un recorrido histórico



Bristol 1790. Tubería de tronco ahuecado para suministro de agua de unos 500 años de antigüedad en The Monks, Bristol, Inglaterra.

Bristol empezó la construcción de su alcantarillado en torno a 1854, aunque un famoso traficante de esclavos, Goldney, fue uno de los primeros en realizar un alcantarillado en Randall Road, en Bristol, probablemente alrededor de 1780 realizado con madera.

Fuente: Julian Britton, Senior Engineer, Wessex Water, Kingston Seymour Village, North Somerset, Inglaterra.



Una sección de la tubería de agua de madera utilizados en Wichita, Kansas.



Tubos perforados de olmo de la estación de bombeo de Mills Abbey, Inglaterra. El uso de tuberías subterráneas olmo perforado con abrazaderas de plomo en los emplames. Se utilizaban principalmente en barrios modestos y parecen haber comenzado a utilizarse en Londres desde el siglo XIII.

Todas las empresas de edad dedicadas al suministro de agua de Londres de agua entre los siglos 16 y 18 utilizaban tubos de olmo perforado para la distribución de agua.

Fuente: Roger C. Cracknell, Transmisiones Bibby, Reino Unido, con el permiso de Matthew Wood, Archivero de aguas residuales, Thames Water, Reading, Berkshire.



Tubos de tronco ahuecado de madera en el Museo de Edimburgo, Escocia. Con troncos de árboles fue realizado el alcantarillado de la ciudad. Fecha desconocida. Fuente: Frans Lamers, Costa Rica.



Tubería de madera en Filadelfia (1909) extraída cerca de la Planta de Tratamiento de Aguas Neshaminy en Pennsylvania. La fecha de su instalación es desconocida. Durante su vida de servicio, transportó alrededor de 49 millones de litros de agua de las plantas de tratamiento. La espiral de flejes de acero se utilizó para dar al tubo de madera capacidad para soportar presiones más altas. Cuando se usaron tuberías ahuecadas de madera se usaron para la conducción de agua a finales de 1700 - principios de 1800, se hizo evidente que también podría utilizarse como suministro de agua para combatir incendios. Fuente: Cortesía de Dick Riegler, Philadelphia Suburban Water Company.

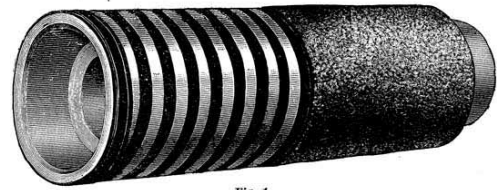


Fig. 1.

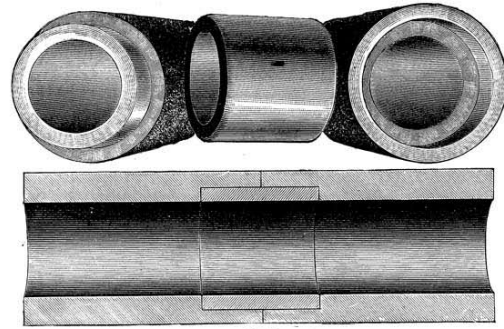


Fig. 2.

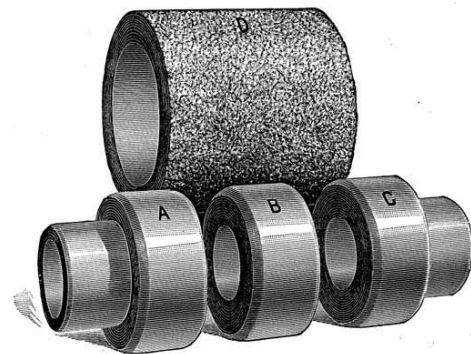


Fig. 3.

Tipos de tuberías de madera en un manual de 1886



Este tramo de tubería se obtiene a partir de un tronco de alerce, y se utilizaba desde la década de 1830 en el área de Detroit, Michigan. Ha estado fuera de servicio desde principios de 1900 y fue retirado de la tierra en la década de 1970. Tiene un paso de dos pulgadas de diámetro dentro de un diámetro de seis pulgadas en el exterior. Fuente: Cortesía de George McDonald, PE, RS Ingeniería, Tucson, Arizona (anteriormente con la empresa de Rust Medio Ambiente e Infraestructura).



Tubería en Arizona (1930)



Sección de un codo de tubería de madera de finales del siglo XIX. Hecho de madera dura, eucalipto muy probablemente, y alambre de hierro de apriete. Encontrado en Flowerdale Road, Liverpool (australia). Muy frágil. Dimensiones: aproximadamente 400 mm de largo x 300 mm ancho x 200mm de profundidad. Museo de Liverpool

graded and put through the stave machines which, in a single operation, cut the staves to conform to the desired pipe diameter complete with tongue and groove, and then plane them. Then the ends are trimmed and they are again rigidly impoated. The next step is crosscutting. The staves are placed in a vacuum of varying temperature, and approximately eight pounds of preservative oils is injected into each cubic foot of wood. These seasoned staves have virtually unlimited life.

WHERE the smaller, wire-crapped pipe is reconstructed, the staves are laid by hand, held in place with hands, and placed in a wire winding machine where a heavy galvanized wire is wound round the pipe under pressure. The wire bites slightly into the wood. The pipe is then rolled to an automatic heading machine which puts on the head. The completed pipe goes to a dipping bath where it is given an exterior coating of coal tar and asphalt mixture, after which it is rolled in sawdust. The final step in manufacture is the putting on of the coupling under steam pressure.

Among recent installations of continuous wood stave pipe of spectacular proportions were a line 18 feet in diameter in California; a triple line of 15-foot pipes which divert, for hydroelectric purposes, the entire flow of the Andromedus River in New Hampshire; a 14-foot pipe line in Montana; a 9-foot pipe line in northern Canada; a 6-foot pipe line in Spain; a 4-foot installation in Japan; and a 3-foot line in Cuba. How the wood pipe industry aids other



THREE HUGE PIPES

These three stave pipes, each 12 feet in diameter, are laid to meet the apex of the Andromedus River, New Hampshire, for electrical power.



FROM THE INSIDE

A 10-foot continuous stave pipe line built for a hydroelectric project in California.

322,000 pounds of malleable iron shoes. The wood pipe finds a wide variety of uses. While the larger installations are for hydroelectric power projects, municipal water mains, and irrigation systems, the pipes are used widely in hydraulic mining, drainage of mines, steam lines, surge tanks, sewers, road culverts, et cetera. The reason for the use of wooden pipe lines where great volumes of water must be carried long distances is obvious. Steel pipes, made up of rings riveted together, would be too expensive, and concrete pipe lines, to be strong enough, would have to be very thick and their construction would entail the use of too-complicated forms.



LIKE A MONSTROUS SNAKE

Present-day pipe which illustrates how clearly the continuous stave construction keeps the ground sliding under a heavy load, with pipe lines and every section of water by great distances.

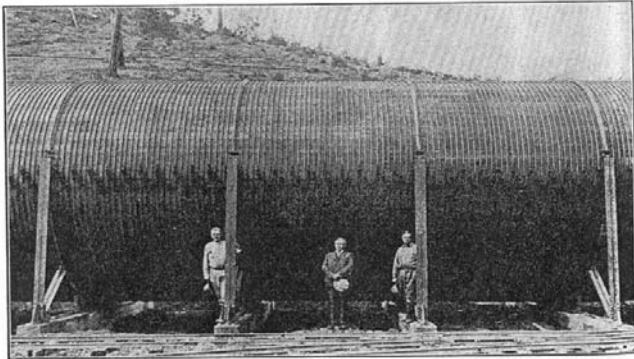


FIG. 159.—Sixteen-foot wood-stave penstock at Copco Plant 2 of California-Oregon Power Company. (Courtesy of Federal Pipe and Tank Company.)

Tubería de duelas de 5 metros de diámetro de la Compañía California-Oregón

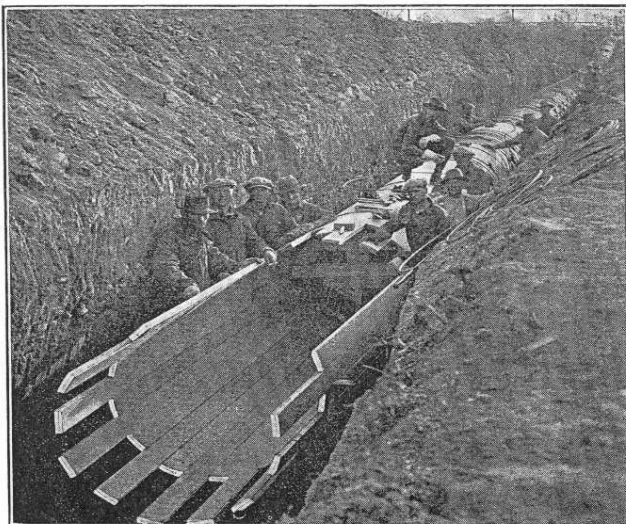


FIG. 157.—Erection of wood-stave pipe line. (Courtesy of Redwood Manufacturers Company.)



FIG. 158. Redwood Stavepipe (36 inch) Crossing Warm Springs Cañon, near Redlands, California.

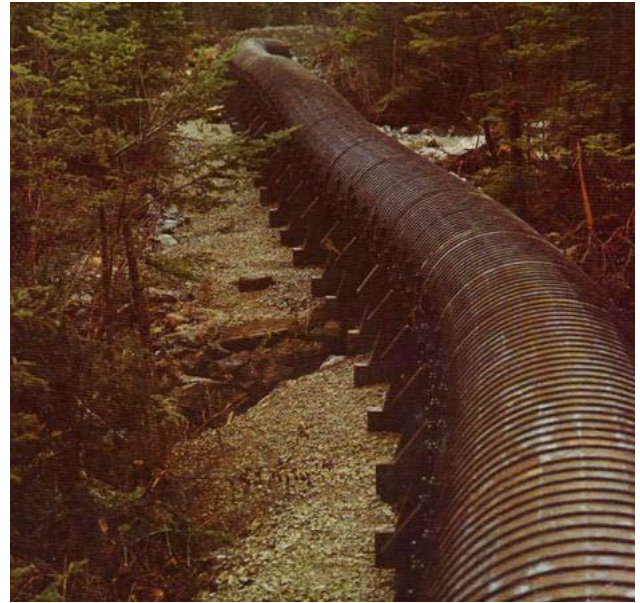
Tubería de 132 cm de diámetro en el Cañón de Warm Spring (California, 1908)

DE MADERA TENSADAS



Salt Lake City 1908 (Utah State Historical Society)






dos tipos, algunos de ellos patentados. Por ejemplo el de la patente de A. Bannister, de 1903, presenta un perfil en doble T. El de A.P. Pfeil de 1964 es un perfil circular y el de Opsvik, de 1990 es de bandas planas con cierre neumático.

Uno de los casos más interesantes de fabricación industrializada de tubería con refuerzo en espiral es el de la empresa Redwood Manufacturers Company cuya fábrica estuvo operativa desde 1915 a 1925 en Pittsburg, California (EEUU). Sus productos estaban completamente estandarizados y las tuberías recibían distintos tipos de acabados y refuerzos. El refuerzo utilizado en este caso era de acero dulce con una resistencia a tracción de 4000 a 4500 kg/cm².

Actualmente se realizan tuberías con varias especies tratables: pino oregón, roble, abeto, eucalipto, cedro rojo (estamos hablando, claro, de países madereros donde el precio y el suministro de madera puede competir con el otros materiales alternativos).

Dimensionado

El desarrollo de las tuberías de duelas de madera hizo necesario el apoyo técnico para el dimensionado de las tuberías, las recomendaciones de para asegurar la resistencia a las presiones de servicio, las medidas para evitar la corrosión de los flejes metálicos, la solución de encuentros, empalmes, etc. Entre la documentación técnica que nos ha llegado destacamos el Manual Wooden Stave Pipe, de Shirley Baker (1911), desarrollado por la empresa Redwood Manufacturer Company.

No se trata de un manual obsoleto ya que, en la actualidad existen varias empresas en EEUU que diseñan y construyen tuberías de madera. Entre ellas destaca Canbar (Breslau, Ontario, Canadá) 

Bibliografía

History of Bay County, Michigan - H.R. Page, 1883. MICHIGAN PIPE COMPANY.

Wooden Stave Pipe. Shirley Baker, 1911

The Manufacturer and Builder, vol. 18 (1886). Cortesía de la Cornell University Library (The Making of America Digital Collection)

Patentes norteamericanas: 738 394 (1903), 1 070 572 (1913), 1 286 214 (1918), 2 453 522 (1948), 3 329 174 (1967), 3 667 639 (1972), 4 897 140 (1990), 5 438 812 (1995)

productos



Tuberías de madera para saneamiento en Victoria (Columbia Británica, Canadá), todavía en funcionamiento



Tubería de desagüe de una presa realizada por la empresa Canbar (Ontario, Canadá)



Detalle de la tubería de madera de cedro rojo que se utilizó desde 1930 hasta 1991 para llevar el agua del río Cedar a Seattle, Washington, EE.UU.. Obsérvense las bandas de metal que daba rigidez a las duelas. Se encuentra ahora en exposición en el museo Maple Valley Historical Society cerca del centro de Valle de Maple. Fotos Joe Mabel (mayo 2009)

