

Colaboración estudiantil

# Algunos conocimientos sobre instalación y sostenimiento de tuberías

(Premiado en el concurso de DYNA)

Por GABRIEL J. TRUJILLO

El objeto de este trabajo es dar a conocer a los mineros en pequeño ciertos detalles sobre la correcta instalación de una tubería y sobre los cuidados que debe tenerse con ella, para que no sea causa de tropiezos y dificultades en el desarrollo futuro de la mina.

Se tratan los siguientes apartes:

Transporte de la tubería; perforación de la tubería; remachado; conexión de la tubería; anclaje; manera de cerrar los escapes; puentes para tubería; válvulas de aire; válvulas de descarga; llenada y vaciada de la tubería: caimanes y orejas.

**Transporte de la tubería.**—Como el transporte es, en la generalidad de nuestras minas, uno de los problemas más serios a que tiene que hacer frente el minero, antes de hacer cualquier pedido de tubería, deben estudiarse cuidadosamente:

a). Condiciones de transporte hasta la mina (si el transporte hasta ella se hace por ferrocarril, carretera, a lomo de mula, o por varios de estos medios combinados).

b). Equipo mecánico con que cuenta la mina (si hay taladro vertical para la perforación de las planchas, o punzonadora, etc. En muchas minas hay que recurrir a una instalación preliminar de fuerza motriz, bien sea de petróleo, o una pequeña pelton, para mover las máquinas del taller).

La tubería se importa en:

A.—Planchas planas: 1. Perforadas; 2. Sin perforar.

B.—Planchas enrolladas.

C.—Tubos armados: 1. Tubería soldada en espiral; 2. Tubería remachada en espiral.

Esta clase de tubos, a pesar de las grandes ventajas que presentan, sólo podrían usarse en minas muy cercanas al ferrocarril, pues vienen en longitudes tales, que hacen imposible su transporte

en mulas y aun muy difícil en vehículos automotores. Entre las ventajas de este tipo de tubería se anotan las siguientes; resistencia un tercio mayor que la de cualquier otro tubo del mismo diámetro y plancha del mismo calibre; una gran rigidez, lo que facilita considerablemente la construcción de puentes, etc. Su desventaja principal es el requerir coronas para su conexión. Precisamente por esta causa se fabrica la tubería en tramos tan largos (15', 20', etc.), pues de otra manera se multiplicaría considerablemente el número de coronas.

Para algunas de nuestras instalaciones se ha importado plancha plana sin perforar y se ha perforado en Barranquilla. Se importa plancha sin perforar, y entonces se perfora en la mina o en la ciudad, si la plancha llega hasta aquí, o perforada en la fábrica (siempre vale menos la perforada en el exterior). El traer planchas planas significa una economía en el transporte, pues ocupan menos espacio en los barcos que viendo enrolladas. Además las planchas se deterioran menos.

En los casos corrientes en los que la tubería arrima a la mina a lomo de mula, es recomendable pedir la tubería ya enrollada en bultos grandes, propios para el transporte marítimo y férreo. Son de más fácil manipulación y la tubería sufre menos en el transporte. Una vez en el lugar en donde han de cargarla las mulas, se parten los bultos grandes en otros más pequeños, sin que ninguno exceda de 125 libras, que es el peso standard para un bulto. Se dan a continuación algunas combinaciones de planchas, de calibre No. 12 S. W. G. y que dan la carga completa de una mula.

2 láminas de 4' para tubería de 26" de diámetro.

2 láminas de 4' para tubería de 22" de diámetro.

2 de 4' para tubería de 18" y 2 de 4' para tubería de 12".

4 de 4' de longitud, para tubería de 14" de diámetro.

6 de 4' de longitud, para tubería de 12" de diámetro.

**Perforación de la tubería.**—Si no ha venido perforada, se aplican las reglas siguientes; en el estudio que sigue, entran estos datos

$p$  = paso de remaches.

$d$  = su diámetro.

$t$  = espesor de la lámina.

1 = traslapo.

**Reglas prácticas:**

**Diámetro del remache.**

$$d = t \cdot 2$$

Si hay una sola hilera de remaches:

$$p = d \cdot 3$$

$$l = d \cdot 3$$

Si hay doble hilera de remaches:

$$p = d \cdot 4$$

$$l = d \cdot 5$$

Las fórmulas precisas para el cálculo de las dimensiones de los remaches, paso y traslapo, son las siguientes:

Con remachado de una sola hilera, a cizalladura sencilla:

$$p = 0.644 \frac{d^2}{t} + d$$

a cizalladura doble:

$$p = \frac{1.13d^2}{t} + d$$

Con remachado doble, a cizalladura sencilla:

$$p = \frac{1.288d^2}{t} + d$$

a cizalladura doble:

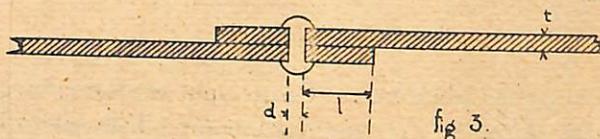
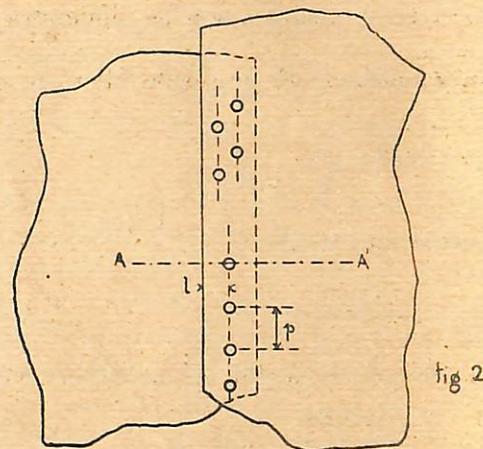
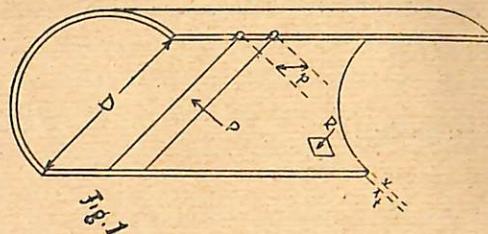
$$p = \frac{2.26d^2}{t} + d$$

**Esfuerzos actuales en las planchas.**—Como una explotación minera no tiene la misma duración de una instalación hidroeléctrica, las tuberías pueden calcularse con esfuerzos de trabajo un poco mayores que los admitidos en el caso de una central hidroeléctrica. Conozco tuberías que trabajan a 22.500 libras por pulgada cuadrada, esfuerzo inadmisible en cualquier estructura, correctamente calculada. Hoy existen aceros con esfuerzos de trabajo de 18.000 lbs. por pulgada cuadrada, pero no son corrientes.

**Diseño de una unión remachada.**—Si  $R$  es la presión unitaria

en la parte de la tubería cuya unión se estudia, se tiene:

$$P = \frac{1}{2} \cdot D \cdot R \cdot p$$



CORTE POR AA' (fig 2)

R se averigua fácilmente sabiendo la altura de agua que hay sobre el punto considerado, según las igualdades siguientes:  
 $1 \text{ lb./pg}^2 = 2.304 \text{ pies de altura.}$

Conocido  $P$ , todo se reduce a dar a  $t$ ,  $d$  y  $p$ , dimensiones apropiadas, para que todas las partes de la unión queden trabajando dentro de los esfuerzos admisibles. Estos son los siguientes:

Esfuerzo unitario a la cizalladura en los remaches:

$$S = 6.700 \text{ lbs./pg}^2$$

$s$

Esfuerzo unitario a la tensión de la plancha:

$$S = 10.000 \text{ lbs./pg}^2$$

$t$

Esfuerzo unitario a la compresión en la plancha:

$$S_c = 10000 \text{ lbs./pg}^2$$

Fórmulas:

Remachado sencillo, unión traslapada:

$$\text{Tensión en la lámina: } t(p-d) \frac{S}{t} = P \quad (1)$$

$$\text{Compresión en la lámina: } t.d.S_c = P \quad (2)$$

Cizalladura en el remache:

$$\frac{\pi d^2 \cdot S_s}{4} = P \quad (3)$$

Remachado doble, unión traslapada:

$$t(p-d) \cdot S_t = P \quad (4)$$

$$2.t.d.S_c = P \quad (5)$$

$$\frac{2\pi d^2 S_s}{4} = P \quad (6)$$

Ejemplos:

Tubería de 12" de diámetro =  $D$ ;  $h = 250'$   $\therefore R = 108.5'$ ;  
 $p = 1''$ ;  $d = 1/4''$ ;  $t = 0.109''$ .

Es una plancha de calibre 12 B.W.G. Remachado doble.

Se tiene:

$$P = \frac{1}{2} R.D.p = 651 \text{ lbs.}$$

Aplicando las fórmulas (1) (2) y (3) se tiene:

$$S = 7960 \text{ lbs/pg2.}$$

$$\overset{t}{S} = 11900 \text{ " "}$$

$$\overset{c}{S} = 6660 \text{ " "}$$

s

**Eficiencia de la unión:**

A la tensión, con unión traslapada y remachado sencillo o doble:

$$Ef_t = \frac{(p-d).t.S_s}{p.t. S_t}$$

A la compresión en la lámina, en unión traslapada, remachado sencillo:

$$Ef_c = \frac{t.d. S_o}{p.t. S_t}$$

Con remachado doble:

$$Ef_o = \frac{2.t.d. S_o}{p.t. S_t}$$

A la cizalladura, con unión traslapada, y remachado sencillo:

$$Ef_s = \frac{\pi d^2 S_s}{4p.t. S_t}$$

Con remachado doble:

$$Ef_s = \frac{\pi d^2. S_s}{2p.t. S_t}$$

En el ejemplo anterior se tiene:

$$Ef. = 0.75$$

t

$$Ef. = 0.50$$

c

$$Ef. = 0.60$$

s

No se estudian las uniones a tope porque no se acostumbran en las instalaciones mineras.

**Conexión de la tubería.**—Los tipos de uniones usados son los siguientes: unión de deslizamiento, que se usa en la línea principal; la unión de corona, que puede ser remachada a la tubería, o loca.

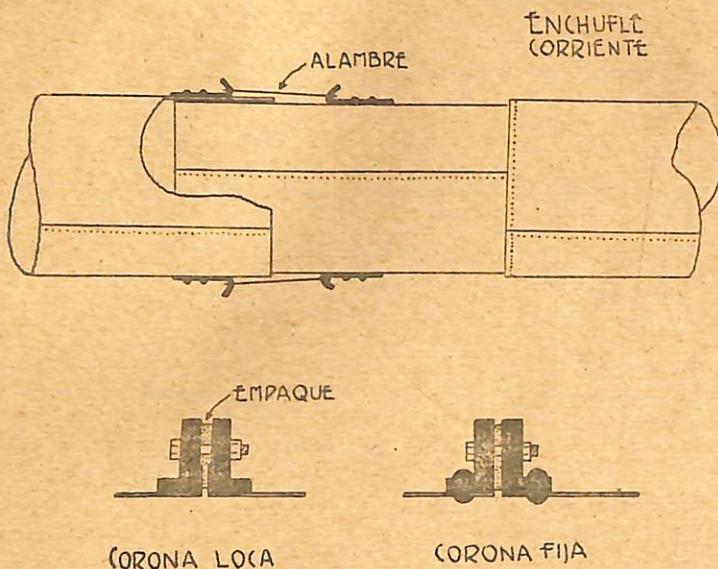


Fig 4

**Proceso.**—En el taller se remachan y unen las secciones que componen cada tramo de tubería (por lo general cada tramo tiene 6 secciones de 3 a 4 pies). Desde el taller, llevan los obreros los tramos hasta el punto de instalación. Se colocan entonces en el suelo si el terreno es de tal naturaleza que no requiera la construcción de puentes o cortes para dar paso a la tubería, o sobre ellos, si su construcción es necesaria.

En la línea principal, que se hace siempre enchufada, hay que evitar a todo trance los codos, tanto verticales como horizontales, pues hacen perder altura y son causa de escapes o fugas. El enchufe para una tubería de 32" es 6" y puede ser menor mientras menor sea el diámetro, sin bajar de 4". Después se introduce con un cincel delgado, gante torcido, estopa, etc., y finalmente, con el mismo cincel un cable de  $1/16$  a  $1/4$ ", según el tamaño de la tubería. Luego se volteea el borde tal como se ve en la figura.

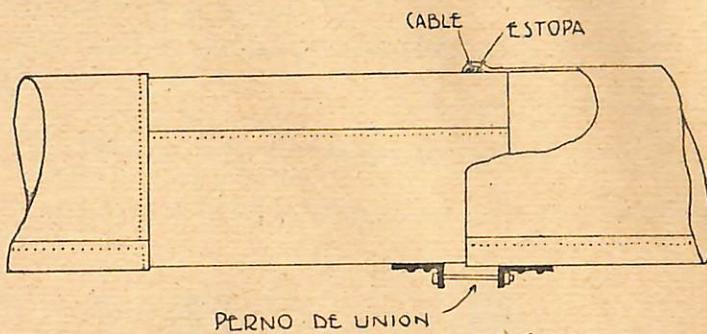
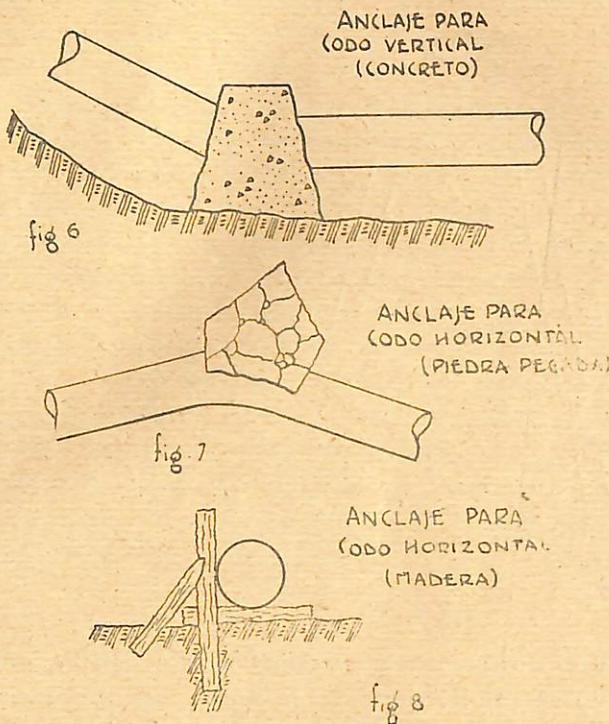


fig. 5

**Anclaje.**—En tuberías que han de trabajar durante un tiempo considerable, y este es el caso nuestro, hay que anclar cuidadosamente la tubería al suelo, especialmente en los puntos siguientes:

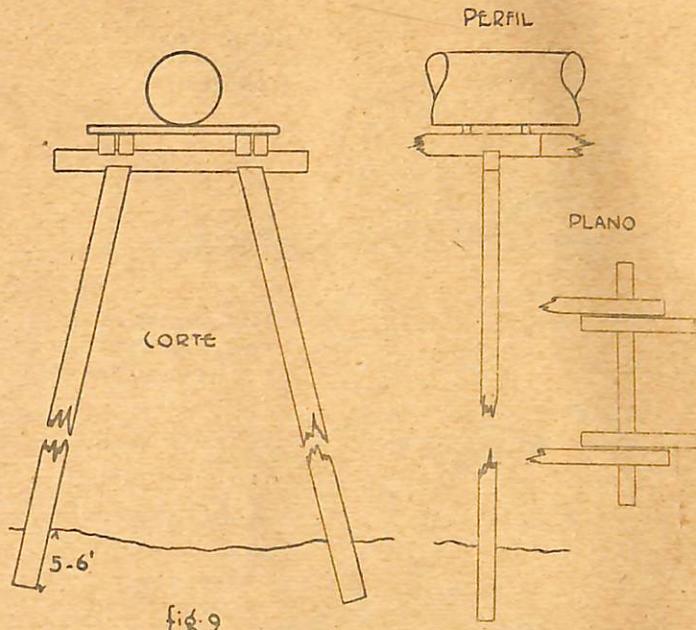
- a) En los codos verticales. Si es posible, y si se trata de tuberías de importancia, anclajes de concreto o de piedra pegada con mortero de cemento.
- b) En los codos. Pueden hacerse los anclajes de concreto, de piedra pegada con mortero de cemento, o de madera: en las figuras se ve claramente la disposición.
- c) En el caimán. Se verá más adelante.
- d) En codos de gran radio, lo más conveniente es enterrar la tubería. Es de recordar que mientras sea posible se deben evitar a todo trance los codos en puentes, pues en ellos es difícil contrarrestar el empuje lateral y éste contribuye a aumentar los escapes, tan frecuentes en puentes poco sólidos.



**Manera de cerrar los escapes.**—No hay que alarmarse por la gran cantidad de pequeñas fugas que se observan cuando empieza a servir la tubería. Son la consecuencia de las deficiencias en la obturación del enchufe. Lo más recomendable para cerrar esos escapes, es echar en la caja de presión, tres o cuatro bultos de aserrín y abrir solamente un monitor, o cualquier otra salida pequeña para que la velocidad del agua en la tubería sea también pequeña y el aserrín pueda alcanzar fácilmente los escapes. Los escapes mayores se cierran con pedazos de trapo, astillas de madera, etc.

**Puentes para la tubería.**—Los puentes de cables para el paso de la tubería a través de los ríos, etc., han sido extensamente usados entre nosotros. Requieran un cálculo especial y gran cuidado en la construcción de los anclajes lo mismo que en la erección general, para evitar que la flecha quede exagerada, o que el puente

ceda paulatinamente (caso muy frecuente), provocando escapes muy difíciles de cerrar.



Un tipo de puentes muy sencillo de construir, muy resistente y muy barato, es el ilustrado en la figura. Es totalmente de madera y los peones van clavados en la roca 5 ó 6 pies. Conozco un caso (Río Nare), en el que se construyó un puente de este tipo a través de un hoyo, para dar paso al río y así poder explotar su cauce. Este puente, que soporta una tubería de 32", ha resistido crecientes que han pasado a más de un metro sobre la tubería.

**Válvulas de aire.**—Son necesarias en toda tubería. Por muy bien construída que esté la caja de presión, siempre entra aire a la tubería (disuelto en el agua, etc.) y este aire es necesario eliminarlo, pues se recoge en los puntos que están sobre la línea de gradientes hidráulica y en todos los puntos altos de la tubería.

Hoy se construyen en el país, válvulas de muy buena calidad, en dos tamaños: de 3" para tubería, de 12", 16" y 18". Para tuberías mayores, se usan válvulas de 4".

**Válvulas de descarga.**—En las tuberías de gran diámetro, conviene poner en los puntos bajos, válvulas de descarga, para la extracción de sedimentos que se van recogiendo en esos puntos bajos. Son poco usadas entre nosotros.

**Llenada y vaciada de la tubería.**—Algunos acostumbran llenar la tubería de la manera siguiente: cierran todas las salidas (elevadores, monitores, válvulas de descarga) y dejan entrar a la tubería un poco del agua. La tubería se llena lentamente y el aire sale por la misma caja de presión y por las válvulas de aire. Otros la llenan así: abren todas las salidas y echan toda el agua de una vez: apenas ya sale bastante agua por los monitores, etc. comienzan a cerrar salidas y así el nivel del agua en la tubería va subiendo.

Llaman a esta operación "ganar presión".

Para el vaciado de la tubería hay que tener menos cuidado: se suspende la entrada de agua en la caja de presión y el aire va entrando por las válvulas de aire y por la misma caja de presión.

**Caimanes y orejas.**—Una vez que la tubería ha llegado al lugar donde se va a comenzar la explotación, se le conecta una pieza llamada muy gráficamente caimán, y que no es sino una serie de reducciones y bocas, que por estar unidos en una sola pieza, facilitan mucho su instalación. Las orejas son las piezas con las cuales se asegura un tramo de tubería al siguiente. Son de tres tipos, los cuales se detallan en las figuras que siguen:

