

Manual de Tubería de Cobre



Propiedades

Aplicaciones

Técnicas de Soldadura

INDICE

INTRODUCCION	2
El descubrimiento del cobre	2
El cobre perdura	2
El cobre hoy en día	2

TUBERIA DE COBRE

I. TUBOS ESTANDAR	4
Tipos de tubos de cobre	4
Propiedades	4
Identificación del tubo de cobre	4
II. SELECCION DEL TUBO CORRECTO	5
Ventajas del tubo de cobre	5
Recomendaciones para las aplicaciones	6
III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION	7
Dimensionamiento de sistemas de presión	7
Valores nominales de presión/resistencia al reventamiento	9
Sistemas de calefacción	10
Sistemas de descongelamiento de nieve	11
Sistemas de tubería de gas medicinal no combustible	11
Sistemas de riego y aspersion agrícola	12
Sistemas de energía solar	13
Consideraciones generales	13

TRABAJAR CON TUBOS DE COBRE

IV. DOBLADO	18
Consideraciones generales	18
V. ENSAMBLADO	19
Introducción	19
Conexiones	19
Soldaduras	19

Fundentes	20
-----------------	----

VI. JUNTAS SOLDADAS

VI. JUNTAS SOLDADAS	21
Introducción	21
Medición y corte	21
Escariado	21
Limpieza	22
Aplicación del fundente	22
Ensamble y soporte	23
Calentamiento	23
Aplicación de soldadura	24
Enfriar y limpiar	25
Pruebas	25

VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA

VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA	26
Introducción	26
Metales de relleno	26
Fundentes	27
Ensamble	27
Aplicación de calor y soldadura	27
Juntas horizontales y verticales	28
Remoción de residuos	28
Sugerencias generales	28
Pruebas	28

ANEXO. SOLDADURAS CON ESTAÑO Y CON PLATA .

ANEXO. SOLDADURAS CON ESTAÑO Y CON PLATA .	29
Introducción	29
Purgado	29
Información general	30

DATOS TECNICOS

Tabla de conversiones	32
Tablas 1-11	32-40

INTRODUCCION

El descubrimiento del cobre

Desde que nuestros antepasados descubrieron el cobre, el metal rojo ha servido constantemente para el avance de la civilización. Al explorar antiguas ruinas, los arqueólogos descubrieron que este resistente metal resultó de gran beneficio para la humanidad. Herramientas para la artesanía y la agricultura, armas para la caza y artículos para uso doméstico y decorativo, se forjaron a partir del cobre en las primeras civilizaciones.

Los artesanos que construyeron la gran pirámide del faraón egipcio Keops, moldearon tubo de cobre para transportar agua hasta el baño real. Un residuo de este tubo se desenterró hace algunos años en estado aún utilizable, lo que constituye un testimonio de la durabilidad y resistencia a la corrosión.

El cobre perdura

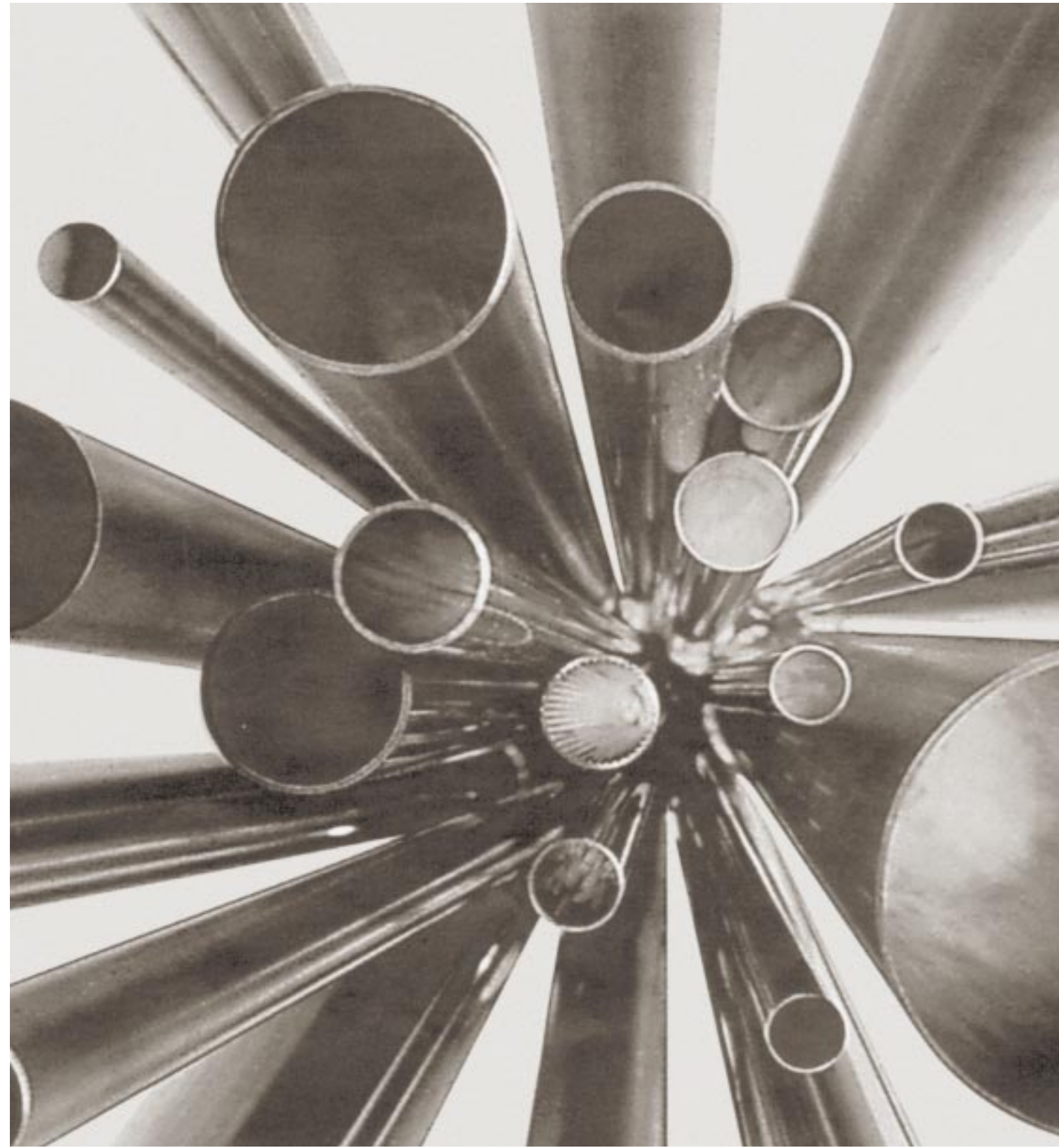
En la tecnología moderna, al aceptar que ningún material es superior al cobre para conducir agua, se ha reconfirmado a éste como el material principal para tales fines. La tubería de cobre ha confirmado su reputación como material ligero, fuerte y resistente a la corrosión, con años de servicio dentro y fuera del país. Sirve para todo tipo de construcciones: residenciales, grandes edificios de departamentos, construcciones industriales, comerciales y de oficinas.

El cobre hoy en día

En la actualidad, el tubo de cobre para instalaciones hidráulicas, calefacción y acondicionamiento del aire, se consigue en temple estirado y recocido (conocidos en el mercado como «rígido» y «flexible»), en una amplia gama de diámetros y espesores de pared. Así también accesorios prefabricados para cualquier aplicación de diseño. Las uniones son sencillas, confiables y económicas, lo que se traduce en grandes ventajas para la elección de tubería de cobre.

Cinco mil años después de Keops, se sigue desarrollando el uso del cobre, hoy en día, la industria del cobre busca ampliar la aplicación de tubería de cobre en sistemas hidráulicos para nuevas instalaciones o para remodelaciones residenciales, edificios industriales y comerciales.





I. TUBOS ESTANDAR

Tipos de tubos de cobre

El tubo de cobre, por su durabilidad, es la mejor elección para sistemas hidráulicos, calefacción, refrigeración, etc. En México la fabricación de tubos se rige por especificaciones establecidas por la NMX Serie W, NOM y por la American Society for Testing and Materials (ASTM), las cuales constituyen la base de la información que se presenta en este manual.

El tubo que se suministra de acuerdo con las normas de la ASTM está hecho con cobre de una pureza mínima de 99.90% y desoxidado con fósforo, conocido como C12200 (cobre Núm. 122) o cobre DHP*; también se usan otros tipos de cobre.

La **tabla 1** (pag. 32) identifica los tres tipos estándar de tubos de cobre y sus aplicaciones más comunes; indica también la norma ASTM correspondiente para cada tipo, uso, longitudes, diámetros y temple disponibles en el mercado.

Los tubos tipo K, L, M y el tubo de gas medicinal se especifican por medio de diámetros estándar ASTM, con un diámetro exterior real siempre 1/8" mayor que la indicada en el tamaño estándar. Cada tipo representa una serie de diámetros con diferentes espesores de pared. El tubo tipo K tiene paredes más gruesas que el tipo L, y las paredes del tipo L también son más gruesas que las tipo M, para cualquier diámetro dado. Los diámetros interiores dependen del tamaño del tubo y del espesor de pared.

El tubo de cobre para aplicaciones en instalaciones de aire acondicionado, refrigeración (ACR) y gas natural (tipo G), se especifica mediante el diámetro exterior real.

El «temple» describe la resistencia y dureza del tubo. En el mercado, el tubo estirado en frío se refiere a menudo como tubo «rígido» y el recocido como tubo «flexible». Aunque el tubo estirado también se provee en un «temple flexible», no lo cubre la norma B88 de la ASTM. Este temple especial de dureza y resistencia intermedias puede especificarse para aplicaciones que requieren flexionarse. El tubo rígido puede unirse mediante soldadura común o soldadura fuerte (con plata), utilizando conexiones capilares.

El tubo flexible puede unirse mediante las mismas técnicas o también por medio de conexiones tipo flare 45° y de compresión. Asimismo, es factible expandir

el extremo de un tubo de modo que pueda unirse a otro mediante soldadura común o soldadura con plata sin una conexión capilar, el cual es un procedimiento que puede resultar eficiente y económico en muchas instalaciones.

Propiedades

En la **tabla 2** (pag. 33), se presentan las dimensiones y otras características físicas de los tubos tipo K, L, y M. Los tres tipos se usan en aplicaciones con o sin presión dentro del rango de sus respectivas presiones de trabajo, de acuerdo con la descripción de la tabla ya mencionada. Las dimensiones y las características físicas del tubo ACR se indican en la **tabla 2a** (pag. 33).

Identificación del tubo de cobre

El tubo de cobre tipo K, L, M y para gas medicinal, debe marcarse de manera permanente (grabarse) de acuerdo con las especificaciones que lo rigen para indicar:

- Tipo de tubo
- Nombre o marca comercial del fabricante
- País de origen

El tubo rígido, además de las marcas de grabado, lleva impresa esta información sobre un color que distingue su tipo (**tabla 1**, pag. 32). Los tubos ACR flexibles solo llevan marca grabada y el tubo ACR rígido además de la marca de color, tiene la marca grabada.

*Cobre desoxidado con alto contenido residual de fósforo

II. SELECCION DEL TUBO CORRECTO

Ventajas del tubo de cobre

El tubo de cobre, por fuerte y resistente a la corrosión es, sin duda, la mejor elección de los contratistas modernos para instalaciones hidráulicas, de calefacción

y de refrigeración en edificios residenciales y comerciales. Son siete las razones principales para tal preferencia:

1. El cobre es económico. La combinación del manejo, maleabilidad y fácil unión permiten ahorrar tiempo, material y costos a largo plazo. Su desempeño y confiabilidad a largo plazo representan menos reclamaciones y convierte al cobre en el material ideal y económico para tuberías.

2. El cobre es ligero. En instalaciones, la tubería de cobre que se requiere es de un espesor mucho menor que los tubos de hierro o roscados del mismo diámetro interior, por lo que cuesta menos transportarlo, es más fácil de manejar y ocupa menos espacio.

3. El cobre es maleable. Ya que el tubo de cobre se puede doblar y formar a la medida, se pueden evitar, muchas veces los codos y uniones y se puede ajustar a cualquier contorno o ángulo. Con tubos flexibles se requiere mucho menos espacio en pared y techo, esto es muy importante en proyectos de renovación o modernización.

4. El cobre es fácil de unir. Los tubos de cobre se pueden unir con conexiones capilares, las cuales permiten ahorrar material y producir uniones lisas, limpias, fuertes y libres de fugas.

5. El cobre es seguro. El tubo de cobre no se quema ni mantiene la combustión, además de que no produce gases tóxicos. Por lo tanto, no propaga el fuego a través de pisos, muros y techos. No producen compuestos orgánicos volátiles en la instalación.

6. El cobre es confiable. El tubo de cobre se fabrica con una composición bien definida de acuerdo a las normas y se marca con una identificación indeleble para que el usuario sepa el tipo de tubo y quién lo fabricó. El tubo de cobre es aceptado prácticamente por cualquier reglamento para sistemas hidráulicos.

Nota: No acepte tubos de cobre que no tengan identificado al fabricante en la superficie del tubo.

7. El cobre es resistente a la corrosión. Su excelente resistencia a la corrosión y a la formación de depósitos, asegura que el tubo de cobre ofrezca un servicio sin problemas, que se refleja en la preferencia de los clientes.

II. SELECCION DEL TUBO CORRECTO

Recomendaciones para las aplicaciones

Es responsabilidad del diseñador elegir el tipo de tubo de cobre que se usará en una aplicación en particular. Con frecuencia, la resistencia, maleabilidad y otros factores comunes determinan la elección. Los reglamentos para instalaciones hidráulicas determinan qué tipo de tubería es posible usar. Una vez tomada la decisión, es útil conocer qué tipo de tubo ha funcionado y cuál puede servir con buenos resultados de manera económica en las siguientes aplicaciones:

Servicios de agua subterráneos. Utilice el tipo M rígido para tubos rectos con conexiones y el tipo L flexible en donde sea más conveniente librar un obstáculo.

Sistemas de distribución de agua. Utilice el tipo M para instalaciones subterráneas, ocultas o visibles.

Conductos principales de agua refrigerada. Utilice el tipo M en todos los diámetros. El tipo L, donde se permite, puede utilizarse en diámetros de 1¹/₄" y más grandes; sin embargo, las uniones deben efectuarse con conexiones a presión unidas mediante soldadura.

Sistemas de drenaje y ventilación. Utilice el tipo M para líneas de agua residual, de suelo y de ventilación subterráneo o visible, así como para drenajes y las bajadas pluviales de techos en los edificios.

Calefacción. Para paneles radiantes y calefacción por medio de agua, así como para sistemas de fusión de nieve, recurra al tipo L flexible, en el que los serpentines se forman en el sitio o se prefabrican, y tipo M, donde se utilicen tramos rectos. Para el calentamiento de agua y vapor de baja presión, utilice el tipo M para todos los diámetros. En líneas de retorno de condensado, el tipo L se utiliza con buenos resultados.

Calefacción solar. Vea la sección de Calefacción. En cuanto a información sobre instalaciones y colectores solares, consulte a Procobre México.

Servicios de petróleo, gas LP y gas natural. Utilice tubos de cobre de acuerdo a los reglamentos locales.

Sistemas medicinales no inflamables. Utilice tubos para gas medicinal del tipo K o L, para el uso de gas medicinal deberá cumplir con las pruebas de limpieza según las normas: CGA-G-41 (Asociación de Gas Comprimido), CSA-Z 3051 (Canadian Standards Association) y NFPA-99C (National Fire Protection Association).

Sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

El cobre es el material indicado para el uso de refrigerantes. Utilice el tipo ACR o los que se especifiquen.

Sistemas de bombas térmicas de fuente terrestre. Utilice el tipo L o ACR cuando los serpentines del suelo se prefabrican o se ajustan en la obra, o el que se especifique.

Sistemas de aspersión contra incendio. Utilice el tipo M rígido. Donde se requiere doblar el tubo, se recomienda el tipo K o L. Los tipos K, L y M son todos aceptados por la NFPA.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Dimensionamiento de sistemas de presión

El diseño de un sistema de suministro de agua con tubería de cobre implica determinar el tamaño mínimo del tubo para cada parte del sistema total, equilibrando las interrelaciones de seis parámetros principales de diseño:

- Presión principal disponible.
- Presión requerida en los diferentes accesorios.
- Pérdidas de presión estática debido a la altura.
- Consumo de agua (litros por minuto o galones por minuto) en el sistema total y en cada una de sus partes.
- Pérdidas de presión debido a la fricción del flujo de agua en el sistema.
- Limitaciones de la velocidad basadas en el ruido y en la erosión.

El diseño y el dimensionamiento siempre deben apegarse a los reglamentos vigentes. Sin embargo, en el análisis final, el diseño también debe reflejar el juicio y los resultados de los cálculos de ingeniería; muchos reglamentos, especialmente los de diseño, incluyen datos y guías de diseño para dimensionar los sistemas de distribución de agua, así como ejemplos que muestran como se aplican.

Sistemas pequeños. Los sistemas de distribución residenciales se pueden dimensionar por lo general sin dificultad con base en la experiencia y en los requerimientos de los reglamentos aplicables, como en los casos de otras instalaciones pequeñas similares. En tales situaciones, no es necesario el estudio detallado de los seis parámetros de diseño anteriores. En general, las tuberías principales que alimentan las líneas de distribución pueden dimensionarse de la manera siguiente:

- Una tubería principal de 1/2" puede alimentar hasta tres líneas de 3/8",
- Una tubería principal de 3/4" puede alimentar hasta 3 líneas de 1/2" y
- Una tubería principal de 1" puede alimentar hasta 3 líneas de 3/4".

El dimensionamiento de sistemas de distribución más complejos requiere un análisis detallado de cada uno de los parámetros que se enlistaron anteriormente.

Presión. En cada elemento del sistema de distribución debe haber una presión mínima de 8 psi (0.56 kg/cm²) para que éste funcione de manera adecuada, salvo en los casos de que algunos requieran una presión mínima mayor para su correcta operación, por ejemplo:

Válvula de limpieza automática para inodoros de corte y de chorro de sifón	25 psi (1.75 kg/cm ²)
Válvulas de limpieza automática para inodoros y mingitorios	15 psi (1.05 kg/cm ²)
Grifo de manguera, llave de manguera e hidrante de pared	10 psi (0.70 kg/cm ²)

Es posible que los reglamentos y las prácticas locales difieran de lo anterior, por lo que debe consultarse siempre, todo lo relativo a los requerimientos de presión mínima. La presión de agua máxima disponible para alimentar a cada elemento depende de la presión de servicio hidráulica en el punto donde empieza el sistema de distribución del edificio (un segmento o zona de éste). Esta presión depende de la presión principal local, de los límites impuestos por los códigos locales, de la presión que desea el diseñador del sistema o de una combinación de las anteriores.

En cualquier caso, la presión no debe ser mayor a 80 psi (5.62 kg/cm²). Sin embargo, la presión total del agua no siempre está disponible en cada elemento debido a las pérdidas de presión inherentes en el sistema, las cuales incluyen: las correspondientes al flujo que pasa por el medidor de agua, las pérdidas estáticas al subir el agua a grandes alturas en el sistema, así como las pérdidas por fricción que se producen en el flujo a través de las tuberías, conexiones, válvulas y equipo.

Parte de la presión de servicio se pierde de inmediato en el flujo a través del medidor de agua, si existe alguno. La presión que se pierde depende de la relación entre el flujo y el tamaño del tubo. Las curvas y las tablas de diseño que muestran estas relaciones aparecen en la mayoría de los reglamentos de modelos y pueden conseguirse con los fabricantes de medidores.

Parte de la presión principal se pierde también al elevar el agua hasta el elemento más alto del sistema. La diferencia de altura se mide desde el medidor, o cualquier otro punto que represente el inicio del sistema (el segmento o zona) que se está considerando.

Las pérdidas por fricción en el sistema, al igual que las pérdidas a través del medidor del agua, dependen fundamentalmente del flujo del agua que circula por el sistema y del tamaño de la tubería. Para determinarlas, es necesario calcular primero la demanda de agua y, consecuentemente, el flujo del sistema.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Demanda de agua. Cada elemento en el sistema representa cierta demanda de agua. A continuación se muestran unos ejemplos de la demanda de agua aproximada en litros por minuto (lpm):

WC con fluxómetro	30.00
Mingitorio con fluxómetro	30.00
WC Tanque bajo	15.00
Mingitorio Llave.....	9.00
Regadera	12.00
Fregadero.....	12.00
Lavadero	12.00
Bidet	9.00
Lavabo	6.00

Al agregar números como los anteriores para cubrir todos los elementos en un sistema de distribución del edificio completo, se obtendría la demanda total de consumo de agua en lpm, si todos los elementos operaran al mismo tiempo, lo cual, desde luego, no ocurre. Una estimación razonable de la demanda se basa en el grado en el que varios muebles del edificio podrían realmente utilizarse en forma simultánea. Los investigadores en el Instituto Nacional de Normas y Tecnología de los Estados Unidos estudiaron este asunto hace algunos años; aplicaron la teoría de probabilidad y observaciones de campo al problema de la vida real del uso simultáneo de elementos de instalaciones hidráulicas.

El resultado fue un sistema para estimar la demanda total de agua que se basa en suposiciones razonables acerca de la probabilidad del uso simultáneo de muebles. De este estudio proviene el concepto de unidades mueble. A cada tipo de mueble se le asigna un valor de unidad de mueble que refleja:

1. Su demanda de agua, esto es, el flujo en el mueble cuando éste se utiliza.
2. La duración de tiempo promedio del flujo cuando se emplea el mueble.
3. La frecuencia con la que probablemente se use el mueble.

Los valores de unidad mueble asignados varían en cada región. Consulte los valores que se utilizan en los reglamentos hidráulicos locales.

El total de los valores de unidad de elemento para todos los elementos en el sistema, o para cualquier parte del sistema de distribución, representa una medida

de la carga que la combinación de elementos produce en el sistema hidráulico y en el sistema de alimentación. Este total de unidades de elemento puede traducirse en una demanda de agua máxima esperada que sigue el procedimiento preestablecido por su reglamento local.

Tenga presente que los cálculos de demanda que acaban de describirse, se aplican a elementos que se usan de manera intermitente. A esto debe añadirse la demanda real en lpm para cualesquiera de los elementos que se diseñan para operar de manera continua cuando se están utilizando; por ejemplo, los sistemas de aire acondicionado, los sistemas de riego en jardines y las conexiones de manguera.

Pérdidas de presión debido a la fricción. La presión disponible para llevar el agua a través del sistema de distribución (o una parte de éste) es la presión principal menos:

1. La pérdida de presión en el medidor.
2. La presión necesaria para elevar el agua hasta el elemento más alto (pérdida de presión estática).
3. La pérdida de presión en las conexiones.

La presión disponible que queda debe adecuarse para superar las pérdidas de presión debido a la fricción que encuentra el flujo de la demanda total (elementos de uso intermitente más continuo) a través del sistema de distribución y sus diversas partes. La operación final consiste entonces en elegir los diámetros de los tubos de acuerdo con las pérdidas de presión debidas a la fricción.

En la práctica real, la operación de diseño quizás requiera repetir los pasos para reajustar la presión, velocidad y tamaño, con el fin de alcanzar el mejor balance de la presión principal, el tamaño del tubo, la velocidad y la presión disponible en los elementos, de acuerdo con el flujo de diseño que se requiere en las diferentes partes del sistema.

La **tabla 5** (pag. 36-37) muestra la relación entre el flujo, la caída de presión debido a la fricción, la velocidad y el tamaño del tubo de cobre para agua, tipo K, L y M. Estos son los datos que se requieren para completar el cálculo del dimensionamiento. Para diámetros de tubo por arriba de 1/4", casi no hay diferencia entre los tres tipos de tubo en términos de las pérdidas de presión, lo cual se debe a que la diferencia en el área la sección transversal de estos tipos se vuelve insignificante a medida que aumenta el tamaño del tubo.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Los valores de pérdida de presión en la **tabla 5** (pag. 36-37) se dan en kg/cm² por metro de tubería, de acuerdo al tipo de tubo y diámetro nominal. Al medir la longitud de un sistema o de cualquiera de sus partes, debe medirse la longitud total de tubo, y para estimaciones cercanas, debe considerarse un valor adicional como tolerancia relativa a las pérdidas de fricción que ocurren como consecuencia de las válvulas y las conexiones en la línea. La **tabla 6** (pag. 38) muestra estas tolerancias para diversos diámetros, tipos de válvulas y conexiones.

Use velocidades inferiores a 2.5 mts por segundo cuando las temperaturas excedan los 60°C y en los casos en que se recurra a tubos con diámetros de 1/2" y valores menores para protegerlo contra la turbulencia local de alta velocidad debida a errores humanos (por ejemplo, protuberancias en los extremos de los tubos que no se escarearon de manera adecuada o un número inusual de cambios abruptos en la dirección de flujo). Las condiciones localmente agresivas del agua pueden combinarse con estas dos consideraciones y producir problemas de erosión, si las velocidades son demasiado elevadas.

La **tabla 5** (pag. 36-37) aplica sólo para tubos de cobre y no debe utilizarse con otros materiales hidráulicos. Otros materiales requieren tolerancias adicionales para la corrosión, incrustaciones y picaduras que no son necesarias en el caso del cobre. Lo anterior se debe a que el cobre mantiene por lo general una superficie interna lisa a lo largo de su vida de servicio.

Valores nominales de presión/resistencia al reventamiento

Como en el caso de todos los materiales, la presión interna permisible para cualquier tubo de cobre en servicio se basa en la fórmula utilizada en el código de la American Society of Mechanical Engineers para tubería a presión (ASME B31):

donde:

$$P = \frac{2S(t_{\min} - C)}{D_{\max} - 0.8(t_{\min} - C)}$$

P = presión permisible (psi)

S = máximo esfuerzo permisible por tensión (psi)

t_{min} = espesor mínimo de la pared (pulgadas)

D_{máx} = diámetro exterior (pulgadas)

C = una constante

Para el tubo de cobre, debido a la resistencia superior a la corrosión de este material, el código V31 permite que el factor C sea 0, así la fórmula se vuelve:

$$P = \frac{2St_{\min}}{D_{\max} - 0.8t_{\min}}$$

El valor de **S** en la fórmula es la resistencia de diseño permisible (ASME B31) para servicio continuo a largo plazo del material del tubo. Ésta es sólo una pequeña fracción de la resistencia a la tensión final del cobre o de la resistencia al reventamiento del tubo de cobre. Muchos años de experiencia, de servicio y pruebas han confirmado su seguridad. El valor del esfuerzo permisible depende de la temperatura de servicio y del temple del tubo, estirado o recocido.

En la **tabla 2b** (pag. 34-35), las presiones de trabajo internas nominales se muestran para el tubo de cobre flexible y rígido, tipo K, L y M, en el caso de temperaturas de servicio de 10° a 205°C. Los valores nominales para el tubo estirado pueden utilizarse en sistemas soldados y en sistemas que utilizan uniones mecánicas diseñadas de manera correcta. Algunos fabricantes de conexiones proporcionan información acerca de la resistencia de estos últimos.

Cuando se usa soldadura común o soldadura con plomo para unir tubos, deben considerarse los valores nominales de recocido; el calor utilizado en estos procesos de unión podría recocer (ablandar) el tubo rígido. Por esta razón, los valores nominales recocidos se presentan en la **tabla 2b** (pag. 34-35) para el tipo M y para tubos ACR.

Al diseñar un sistema hidráulico, también es necesario considerar los valores nominales de las uniones, debido a que el menor de los dos valores nominales (tubo o conexión) definirá la instalación. La mayor parte de los sistemas de tubería se unen mediante soldadura común o soldadura con plata. En la **tabla 3** (pag. 35) se presentan las presiones de trabajo interno nominales para tales uniones. Estos valores nominales son para tubos tipo K, L y M con conexiones a presión unidas por soldadura estándar. En sistemas de tubos soldados, la resistencia nominal de la unión muchas veces la define el diseño de la instalación.

En el caso de la soldadura con plata recurra a los valores del tubo recocido que se encuentran en la **tabla 2b** (pag. 34-35), ya que al soldar con plata se ablanda

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

(recuece) el tubo cerca de las uniones (la zona afectada por el calor).

Los valores nominales de las uniones a temperaturas de vapor saturado se muestran en la **tabla 3** (pag. 35).

La presión a la cual el tubo de cobre estallaría, es 5 veces más que la presión de trabajo nominal. Compare los valores reales de la **tabla 2b** (pag. 34-35) con las presiones de trabajo nominales que se encuentran en la **tabla 2** (pag. 33). Los valores nominales de presión de trabajo muy conservadores proporcionan una seguridad adicional en cuanto a que los sistemas presurizados operarán exitosamente durante largos periodos. Las presiones de reventamiento mucho mayores que se miden en las pruebas, indican que los tubos son capaces de soportar variaciones de presión impredecibles que ocurren durante la larga vida del sistema en servicio. Se aplicaron principios conservadores similares al llegar a las presiones de trabajo de uniones soldadas con plata y con soldadura común. Los esfuerzos permisibles para las uniones con soldadura común aseguran la integridad de la unión bajo carga nominal máxima en periodos extendidos de tiempo. La resistencia a corto plazo y las presiones de reventamiento para uniones soldadas de manera común son muchas veces superiores. Además, los márgenes de seguridad se multiplicaron al calcular las intensidades de la unión.

Sistemas de calefacción

El tubo de cobre es popular en los sistemas de calefacción tanto en edificios nuevos como en los remodelados. Los contratistas han aprendido a través de la experiencia que, considerando todos los factores, el tubo de cobre sigue siendo superior a cualquier otro material sustituto. Las ventajas del tubo de cobre: peso ligero, selección de temple, confiabilidad a largo plazo, facilidad de unión, flexión y manejo son de importancia fundamental.

Por ejemplo, para el caso en que son importantes la rigidez y la apariencia, se recomienda el tubo rígido. El tubo flexible resulta particularmente adecuado para paneles de calefacción, fusión de nieve e interconexiones cortas entre radiadores, con líneas y dispositivos similares. Con tubos ya sea recocidos o flexibles (vea tubos normalizados), la necesidad de conexiones se reduce a un mínimo, ahorrando de manera considerable el trabajo y el material de instalación.

Los sistemas de calefacción de agua caliente y circulación a presión proporcionan un calentamiento uniforme y una respuesta rápida a cambios en la carga de calefacción, requieren poco mantenimiento y es posible dividirlos fácilmente por zonas para ofrecer diferentes niveles de temperatura en los edificios. Estos sistemas utilizan diámetros de tubo más pequeños y económicos con uniones soldadas y requieren poco espacio de instalación. Además, en combinación con el sistema de calefacción, donde lo permiten los reglamentos, el agua caliente habitacional puede calentarse de manera directa, lo que elimina la necesidad de un calentador de agua independiente.

Líneas de retorno de calentamiento por vapor.

En sistemas de calefacción por vapor, en especial las líneas de retorno, las características sobresalientes de resistencia a la corrosión y de antioxidación del tubo de cobre aseguran el servicio y mantenimiento sin problemas de trampas, válvulas y otros dispositivos. En líneas de retorno de condensado y de agua caliente, se recomienda que los últimos 60 cms sea el doble del tamaño que el resto de la línea, por ejemplo, si la línea de retorno es de 1", hay que aumentarla a 2".

Calefacción por medio de paneles radiantes. Una aplicación moderna de un principio antiguo, es la calefacción por medio de paneles radiantes y que, puede utilizarse con buenos resultados en los diferentes tipos de estructura. En los sistemas de paneles, el agua caliente, a baja temperatura, circula a través de serpentines o mallas de tubo de cobre, que ahogadas en un piso de concreto o en un techo de yeso, calientan las superficies y el aire. Los sistemas de paneles ofrecen una calefacción uniforme, una fuente térmica invisible para el uso completo del área del piso, son de fácil limpieza y eliminan las corrientes de aire que conducen polvo.

El tubo de cobre es el material ideal para paneles de piso y techo, debido a su bajo peso, longitudes, resistencia a la corrosión, y facilidad de flexión, unión y manejo. El tubo flexible en serpentines se usa en recorridos de calefacción sinuosos, puesto que se dobla fácilmente y las uniones se reducen a un mínimo. El tubo rígido se utiliza para tuberías principales, tubos ascendentes, calefactores y serpentines de calefacción tipo rejilla.

La ubicación del panel de calefacción no es relevante para la comodidad de los ocupantes de la habitación, aunque depende de la arquitectura y las características

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

térmicas de la misma. Las instalaciones de piso tienen la ventaja de un costo inicial bajo y resultan particularmente adecuadas para garajes, escuelas e iglesias; por lo general, se diseñan para operar a una temperatura máxima de 32°C en la superficie. Con una temperatura mayor, los ocupantes pudieran sentirse incómodos. Los paneles de techo pueden operarse a temperaturas de superficie y niveles de salida térmica más altos que los paneles de piso. Los paneles de calefacción responden con rapidez a los cambios en la carga térmica, tienen un almacenamiento térmico bajo y sólo requieren un sistema de control simple.

Los diámetros de los tubos de los serpentines térmicos afectan de manera significativa la hidráulica del sistema de calefacción, y no son relevantes, desde el punto de vista de la emisión térmica del panel. En serpentines de piso sinuoso de 3/8", 1/2" y 3/4", se usa por lo general tubo flexible con un espaciamiento @ de 9" o 12". En instalaciones de panel de techo, los serpentines sinuosos se forman con tubos flexibles de 3/8", @ de 4" o 6". Por lo general, se usan uniones soldadas.

Sistemas de descongelamiento de nieve

Los sistemas para derretir nieve, instalados en paseos, calzadas, plataformas de carga y otras áreas pavimentadas, son medios eficientes y económicos para el retiro de la nieve, aguanieve e hielo. Para calentar la superficie, se hace circular una solución de 50% agua y 50% de anticongelante (del tipo glicol de etileno), a través del tubo de cobre empotrado en la capa de concreto o de asfalto. Se pueden lograr ahorros considerables en instalaciones de plantas industriales que disponen de fuentes de calor residual.

En general, la instalación de anillos para derretir nieve es similar a la de los anillos de calefacción de paneles de piso. La selección de un patrón sinuoso o de rejilla para cualquier sistema depende en gran parte de las condiciones de forma, tamaño e instalación. Las rejillas son ideales para áreas cuadradas y rectangulares; los serpentines se prefieren por lo general para las áreas irregulares. La pérdida menor de presión con una configuración de rejilla permite el uso de tubos de diámetros más pequeños ahorrando costos en el material. Un mayor ahorro se logra a menudo con una combinación de anillos de serpentín y de rejilla.

El tubo de cobre flexible es conveniente para los

anillos de serpentín y para los de rejilla; el temple rígido es mejor para los anillos de rejilla grandes y para los conductos principales. El tubo flexible facilita la instalación de anillos serpentines debido a la mayor longitud por sección y a su flexibilidad, las cuales reducen el número de juntas al mínimo. La temperatura de la solución que pasa por los anillos para derretir la nieve, debe ser de 49°C a 55°C. Para obtener un efecto térmico de 100 BTU/hr ft² para derretir la nieve con un tubo de cobre espaciado a 30 cm en concreto (o 25 cm en la capa de asfalto) se necesitará un máximo de 42.5 mts de tubo de 1/2" u 85 mts de tubo 3/4". Para lograr una transferencia de calor de 200 BTU/hr ft² de área de nieve, se necesitará un máximo de 18 mts de tubo de 1/2" o 45 mts de tubo de 3/4".

En el concreto se debe colocar el tubo cerca de 1¹/₄" a 1¹/₂" debajo de la superficie y se debe reforzar con una malla de alambre. En asfalto, el tubo se debe cubrir con una capa de asfalto de un espesor mínimo de 1¹/₂". El tubo se debe poner con cuidado en grava compactada, piedra triturada o base de concreto. Se debe dejar un espacio libre para el movimiento lateral donde el tubo entra y sale del concreto o asfalto.

Los mismos tipos de calefactores y bombas de recirculación disponibles para instalaciones de calefacción radiante pueden usarse para los paneles de descongelamiento de nieve. Los paneles también se pueden conectar a un sistema de calefacción de espacio de un edificio, si el sistema tiene suficiente capacidad para la carga adicional, se deben tomar las medidas adecuadas contra el congelamiento.

Sistemas de tubería de gas medicinal no combustible

Las normas de seguridad para el oxígeno y otros gases medicinales requieren el uso de tubos de cobre tipo K o L. Se tienen que cumplir unos requisitos especiales de limpieza, ya que el oxígeno bajo presión puede causar la combustión espontánea de algunos aceites orgánicos (el residuo de aceite de lubricación usado durante la fabricación del tubo), y para la seguridad de los pacientes que reciben gases medicinales.

Los fabricantes deben suministrar los tubos de cobre para las líneas de gas medicinal en excelentes condiciones, limpios, tapados o encapsulados. Se debe tener cuidado cuando se quitan los casquillos y se instala el

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

tubo para prevenir la contaminación del sistema. El instalador debe cerciorarse, al igual que el departamento de inspección, que se hayan cumplido los requisitos de limpieza del reglamento.

Instalación y prueba de los sistemas de tubería de gas medicinal

1. Antes de la instalación, toda la tubería, las válvulas, las conexiones y los otros componentes para los sistemas de gas medicinal no combustible, se deben limpiar por completo, de aceite, grasa y otros materiales fácilmente oxidables, como si se preparara para un servicio de oxígeno. Se tendrá especial cuidado en el almacenamiento y manejo. Dichos materiales se deben encapsular o tapar para prevenir que se contaminen de nuevo antes del ensamble final. Y justo antes del ensamble final, se debe examinar el interior del material para asegurarse que no esté contaminado.
 - Los materiales se pueden preparar en una instalación equipada para limpiarlos, lavarlos y purgarlos, o se pueden preparar en sitio. No se debe utilizar el tricloroetileno en ninguna operación de limpieza en sitio, y el tetracloruro de carbono en ninguna limpieza en general.
 - Los materiales preparados en el sitio del trabajo se deben limpiar en una solución de un limpiador alcalino, como carbonato de sodio o fosfato trisódico, y agua caliente (proporción de $1/2$ kg por 12 litros de agua). Tal vez sea necesario limpiar el material con un cepillo para asegurar una limpieza completa. Después de lavarse, los materiales se deben enjuagar por completo en agua caliente y limpia.
2. Todas las juntas de tubería soldadas con plata se deben efectuar usando materiales de relleno.
 - Para las juntas de cobre con cobre se debe usar un metal de relleno, cobre fosforado (serie BCuP) sin fundente.
 - La soldadura entre metales diferentes, como cobre y plata, se debe efectuar usando un fundente apropiado con un metal de relleno de cobre fosforado (serie BCuP) o uno de plata (serie BAg). Aplique el fundente con moderación sólo al tubo limpio, de manera que evite dejar cualquier exceso dentro de las conexiones terminadas. Es aceptable el uso de barras que ya llevan un fundente para la soldadura con plata.

(NOTA: Asegure una ventilación adecuada. Algunos metales de relleno de la serie BAg contienen

cadmio, que cuando se calienta durante la aplicación puede producir humos tóxicos).

- Durante el proceso de soldar, se debe purgar el sistema de manera continua con nitrógeno seco y libre de aceite para prevenir la formación de escamas dentro de la tubería. La purga se debe mantener hasta que la junta esté fría al tacto.
 - Se debe limpiar el exterior de todos los tubos, juntas y conexiones con agua caliente después del ensamble para quitar cualquier exceso de fundente y permitir una inspección visual clara de las conexiones soldadas.
 - Se debe efectuar una inspección visual de cada junta soldada para asegurar que la aleación ha fluido totalmente alrededor de la junta en la unión del tubo con la conexión. Donde se haya usado fundente, asegúrese de que el residuo de fundente solidificado no haya formado un sello temporal que podría retener la presión de prueba.
3. Las juntas roscadas en sistemas de tubería deben estañarse o sellarse con cinta de politetrafluoroetileno (cinta teflón) u otro sellador apropiado para servicios de oxígeno. Los selladores se deben aplicar sólo a las roscas macho.

Sistemas de riego y aspersión agrícola

Los sistemas de riego son una necesidad en áreas agrícolas áridas y los de aspersión se están usando cada vez más para mantenimiento de áreas verdes. Sin importar el tipo o tamaño del sistema, muchas instalaciones exitosas certifican que el cobre es el material ideal para la tubería de estos sistemas.

Con ayuda de las gráficas de caída de presión en función de la velocidad, que se muestran en la **tabla 5** (pag. 36-37), y de las instrucciones contenidas en el manual de los fabricantes de bombas y aspersores, los instaladores pueden diseñar un sistema de riego con tubos de cobre para césped, sembradíos o campos de golf.

Las líneas del sistema se deben colocar a una profundidad considerable para evitar algún daño mecánico a causa de las herramientas y deben perforarse para drenar libremente. Donde existe el peligro de un congelamiento, el sistema debe instalarse con una profundidad necesaria que no le afecte el frío extremo.

La expansión y contracción no deben ser un problema mientras las líneas no estén ancladas de manera rígida.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Sistemas de energía solar

Los sistemas de energía solar para calentar el agua doméstica y para la calefacción de espacios se basan en agregar un colector al sistema de calefacción para capturar la energía solar. Por lo general, esto implica simplemente extender el sistema de calefacción hasta el techo de la casa, en donde se le incorpora un colector solar.

El cobre es el material ideal para sistemas de energía solar porque:

- Tiene la mejor conductividad térmica de todos los metales de ingeniería.
- Es altamente resistente a la corrosión atmosférica y acuosa.
- Es fácil de fabricar y de ensamblar al soldarlo.
- Es utilizado para los sistemas hidráulicos y para los techos desde que se empezaron a usar metales para ese tipo de aplicaciones.

Las ventajas térmicas del cobre se reflejan en que unas láminas más delgadas de cobre pueden acumular la misma cantidad de calor que la mayoría de las láminas de aluminio o acero de un calibre mucho mayor, por lo que, los tubos de cobre de un colector pueden espaciarse más.

La resistencia del cobre a la corrosión atmosférica está demostrada por su aplicación en techos y botaguas, a menos que sea atacado por los gases de escape de óxido del sulfuro o de nitrógeno de instalaciones o industrias de proceso. El cobre ha soportado décadas -incluso siglos- de exposición a la intemperie.

De igual manera, el cobre resiste la corrosión por agua caliente. Si los tubos están dimensionados e instalados correctamente para mantener el flujo por debajo de 2.5 mts por segundo, los sistemas de tubería de cobre para agua caliente son prácticos y cien por ciento resistentes a la corrosión.

La facilidad con que se ensamblan los sistemas hidráulicos de cobre con soldadura, está más que reconocida, al igual que los fabricados de lámina de cobre por su facilidad y simplicidad.

Consideraciones generales

En un manual de este tipo no es posible cubrir todas las variables que un diseñador de sistemas hidráulicos deberá considerar. Sin embargo, los siguientes temas pueden ser de gran ayuda para elaborar especificacio-

nes de trabajo:

Liras de dilatación. El tubo de cobre, como todos los materiales de tubería, se dilata y contrae con los cambios de temperatura. Por lo tanto, en un sistema de tubería de cobre sujeto a excesivos cambios de temperatura, una línea larga tiende a colapsarse o doblarse cuando se dilata a menos que, se haya construido con una compensación dentro del sistema. También pueden ocurrir severos esfuerzos en las conexiones. Tales esfuerzos, colapsos o dobleces se previenen usando juntas de expansión o instalando compensaciones, doblados en «U», serpentines o arreglos similares en el ensamble de tuberías. Estos segmentos de tubo de forma especial pueden asimilar las dilataciones y contracciones sin esfuerzo excesivo.

Cuando las tuberías de cobre conducen fluidos a temperaturas diferentes a las del medio ambiente sufren este fenómeno, por lo que se debe considerar y prevenir durante su colocación y fijación (ya sean empotradas o visibles). Primeramente se observa cuánto se dilata o contrae la tubería; si este movimiento no es excesivo se prevendrá su fijación y aislamiento, y cuando éste sea mayor, se diseñará la curva de dilatación que contrarreste el movimiento.

El coeficiente de dilatación térmica del cobre es del $16.5 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$ de 20°C a 100°C , lo que significa que un metro de tubo se alarga 1.650 mm, cuando su temperatura aumenta 100°C , por lo tanto, es necesario tomar en cuenta este factor en el montaje de tuberías de cobre.

Las variaciones de longitud se obtienen de la siguiente fórmula:

$$DL = 0.0017 \times L \times t$$

donde:

DL = variación de longitud (mm)

L = longitud inicial del tubo (mm)

t = diferencia de temperatura ($^\circ\text{C}$)

Se considera como diferencia de temperatura, la que existe entre la temperatura ambiente en el momento del montaje y la temperatura máxima de servicio.

Dado que en una instalación de agua caliente o de calefacción es improbable que el agua circule a más de 80°C y que la temperatura de la tubería fuera de servi-

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Dilatación lineal del tubo de cobre $16.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. La dilatación térmica del cobre es de aproximadamente vez y media

$\Delta^{\circ}\text{C}$	Longitud del tramo en metros									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0.165	0.330	0.495	0.660	0.850	0.990	1.115	1.320	1.485	1.650
20	0.330	0.660	0.990	1.320	1.650	1.980	2.310	2.640	2.970	3.300
30	0.495	0.990	1.485	1.980	2.475	2.970	3.465	3.960	4.455	4.950
40	0.660	1.320	1.980	2.640	3.300	3.960	4.620	5.280	5.940	6.600
50	0.825	1.650	2.475	3.300	4.125	4.950	5.775	6.600	7.425	8.250
60	0.990	1.980	2.970	3.960	4.950	5.940	6.930	7.920	8.910	9.900
70	1.155	2.310	3.465	4.620	5.775	6.930	8.085	9.240	10.395	11.550
80	1.320	2.640	3.960	5.280	6.600	7.920	9.240	10.560	11.880	13.200
90	1.485	2.970	4.455	5.940	7.425	8.910	10.395	11.880	13.365	14.850
100	1.650	3.300	4.950	6.600	8.250	9.900	11.500	13.200	14.850	16.500

cio (temperatura ambiente en el interior) sea inferior a 20°C , se puede aplicar para este intervalo de temperaturas la siguiente regla: la dilatación de un metro de cobre será, aproximadamente de un milímetro.

Como las tuberías están expuestas a variaciones de temperatura, deben estar sujetas adecuadamente, de manera que se puedan dilatar y contraer con los cambios de temperatura. Esto se logra fijando las tuberías mediante abrazaderas, evitando empotramientos rígidos.

La **tabla 7** (pag. 38) indica los radios necesarios para las liras de dilatación, descritos con la **figura 1**. Las longitudes compensadas de dilatación se pueden estimar con la **tabla 7**. Alternativamente, la longitud necesaria de tubo en un codo de dilatación o de compensación se puede calcular con la fórmula:

$$L = \frac{1}{12} \left(\frac{3E}{P} \right)^{1/2} (d_0 e)^{1/2}$$

donde:

L = longitud desarrollada en el codo de dilatación o compensación (pies), ver tabla de conversiones (pag. 32), como se muestra en la tabla 7 (pag. 38)

E = módulo de elasticidad del cobre (psi)

P = esfuerzo permisible del material flexionado (psi)

d₀ = diámetro exterior del tubo (pulgadas)

e = cantidad de dilatación a ser absorbida (pulgadas)

Para tubo de cobre recocido:

E = 17.000.000 psi

P = 6.000 psi

Así, la longitud desarrollada por **L** es:

L = 7,68 (d₀e)^{1/2}

Soportes de tubos. Debido a su rigidez se prefiere el tubo rígido para tubería expuesta. A menos que se indique de otra manera, el tubo rígido requiere un soporte para líneas horizontales con intervalos aproximadamente de 2.4 mts para diámetros de 1" y menores, e intervalos de 3 mts para diámetros más grandes.

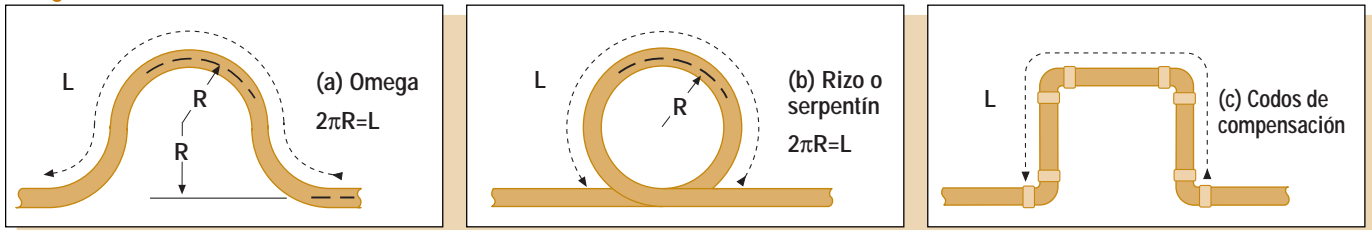
Las líneas verticales se soportan, por lo general, en cada piso o en intervalos aproximadamente de 3 mts, pero para las líneas largas que tienen considerados los mantenimientos usuales para la dilatación y la contracción, los anclajes pueden estar separados por varios pisos, siempre que haya forros o dispositivos similares en todos los pisos intermedios para restringir el movimiento lateral; ver **figura 2**.

El tubo de temple recocido en serpentines permite corridas largas sin juntas intermedias. Las líneas verticales de tubo de temple recocido se deben apoyar por lo menos cada 3 mts y las horizontales, por lo menos cada 2.4 mts.

Resistencia a la compresión. Las pruebas realizadas colocando una barra de acero redonda de «3/4" en ángulo recto a través de un tubo de cobre recocido

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Figura 1. Liras de dilatación



de 1"», y después ejerciendo presión hacia abajo, revelaron que, incluso con esta carga severa en un punto de contacto, se requirieron 318 kg para comprimir el tubo a un 75 por ciento de su diámetro original. Las tuberías de 2", debido a su mayor espesor de pared, resistieron más peso antes de comprimirse.

El reglamento de instalaciones hidráulicas señala que para su correcta instalación, deberán rellenarse por completo todas las excavaciones lo más pronto posible, después de la inspección. Las zanjas se deben rellenar primero con 30 cm de tierra limpia apisonada, la cual no debe contener piedras, cenizas u otros materiales que puedan dañar el tubo o causar corrosión. Se puede usar equipo como niveladoras y graduadores para terminar de rellenar. Se deben tomar las precauciones convenientes para asegurar la estabilidad permanente del tubo puesto en un relleno de tierra húmeda.

Golpe de ariete. Es el término que se usa para describir las fuerzas destructivas, ruidos de martilleo y vibraciones que se desarrollan en cualquier sistema hidráulico cuando el líquido que fluye es detenido de

manera abrupta por una válvula de cierre. Cuando ocurre un golpe de ariete, una onda expansiva de alta presión reverbera dentro del sistema de tubería hasta que toda la energía se haya convertido en pérdidas de fricción. El ruido y los picos de presión excesivos, se pueden evitar al agregar una cámara de aire o un dispositivo de supresión de picos al sistema.

En ramales con un solo elemento de consumo, el supresor se debe colocar inmediatamente arriba de la válvula del elemento. En ramales de múltiples elementos, la ubicación indicada para los supresores será en el ramal que alimenta al grupo de elementos, entre los dos últimos tubos de alimentación.

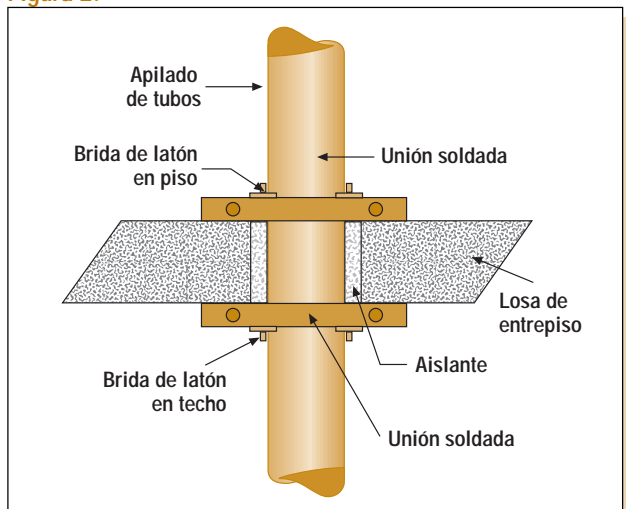
Presión de colapso del tubo de cobre. El aumento creciente del uso de tubos de cobre y sus aleaciones en condensadores, calentadores de agua y otros dispositivos de transferencia de calor para líneas de agua, gas, fluidos, y muchas otras aplicaciones de ingeniería donde exista una presión diferencial entre los lados opuestos de la pared del tubo, crea la necesidad de obtener datos precisos en relación con las presiones de colapso; ver **tabla 4** (pag. 35).

Congelación. El tubo flexible puede resistir la dilatación del agua helada varias veces antes de reventarse. Bajo prueba, se ha congelado el agua dentro de un tubo flexible de «1/2 "seis veces y dentro de uno de 2" once veces». Este es un factor de seguridad vital que favorece el tubo suave para los servicios subterráneos de agua. Sin embargo, no significa que las líneas de agua de tubo de cobre se deban sujetar a congelamientos.

Corrosión. El tubo de cobre para agua es resistente a la corrosión. Es poco usual que las aguas o las condiciones especiales sean corrosivas para el tubo de cobre; cuando así sea, se deben identificar y tratar.

Desde los años cincuentas, se han producido miles de toneladas de tubo de cobre para sistemas hidráulicos, de las cuales el 80% se han instalado en sistemas de distribución de agua. Los escasos problemas de co-

Figura 2.



III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

rosión por causa de agua agresiva, agravados posiblemente por malos diseños o mano de obra deficiente, se deben analizar en el contexto de estos registros.

Cuando ocurren problemas de corrosión, se deben, por lo general, a algunas de las siguientes causas:

1. Agua de pozo dura y agresiva, que causa picaduras.
2. Agua ácida o suave, que no permite que se forme una película protectora dentro del tubo de cobre.
3. Diseño o instalación del sistema que provoca una velocidad excesiva del flujo de agua o turbulencias en el tubo.
4. Mano de obra ineficiente.
5. Fundente excesivo o agresivo.
6. Condiciones agresivas del suelo.

Las aguas agresivas que causan picaduras se pueden identificar por medio de un análisis químico y se pueden tratar para que su composición quede dentro de los límites aceptables. Como característica tienen una gran cantidad total de sólidos disueltos (t.d.s.) incluyendo sulfatos y cloruros, un pH en el rango de 7.2 a 7.8, alto contenido de bióxido de carbono (CO_2) (sobre 10 partes por millón, ppm) y la presencia de oxígeno disuelto (D.O.)

Una persona calificada en el tratamiento de aguas puede establecer un método para revertir el agua agresiva, con el objetivo de no dañar los materiales del sistema hidráulico. En general, esto implica elevar el pH y combinar o eliminar el gas CO_2 . Algunas veces la simple aeración del agua, por ejemplo, rociarla en cielo abierto, es un tratamiento suficiente.

La corrosión también puede causarse o intensificarse, por un trabajo de mala calidad que deja cantidades excesivas de fundente residual agresivo dentro del tubo después de la instalación. Si se han sobrecalentado las juntas durante la instalación y el exceso de fundente residual se ha polimerizado, el problema de la corrosión puede empeorar.

Las aguas ácidas suaves pueden causar el problema molesto de manchar los accesorios de color verde o de «agua verde». Elevar el pH de esas aguas a un valor de cerca de 7.2 o más, por lo general soluciona el problema, pero se debe consultar a una persona calificada en el tratamiento de aguas. Un tratamiento típico para un pozo de abastecimiento de agua individual es pasar el flujo de agua a través de una cama de gravillas de

mármol o de piedra caliza.

La velocidad excesiva del agua causa corrosión por erosión o ataca el material por el golpeteo del agua en los sistemas hidráulicos. Como se explicó en el tema sobre el dimensionamiento del sistema a presión para evitar problemas de corrosión por erosión (y ruido), la velocidad del agua en un sistema hidráulico no debe exceder de 1.5 a 2.5 mts por segundo (el límite inferior aplica para diámetros más pequeños de tubo).

Los efectos de la velocidad se pueden agravar si el agua es químicamente agresiva debido al pH o al contenido de gas como se ha mencionado anteriormente; o si el flujo arrastra sólidos (sedimentos). La combinación de una velocidad que por sí sola es aceptable, y de una química del agua que es algo agresiva, causa a veces problemas que no existirían si estuviera presente nada más una de las dos características.

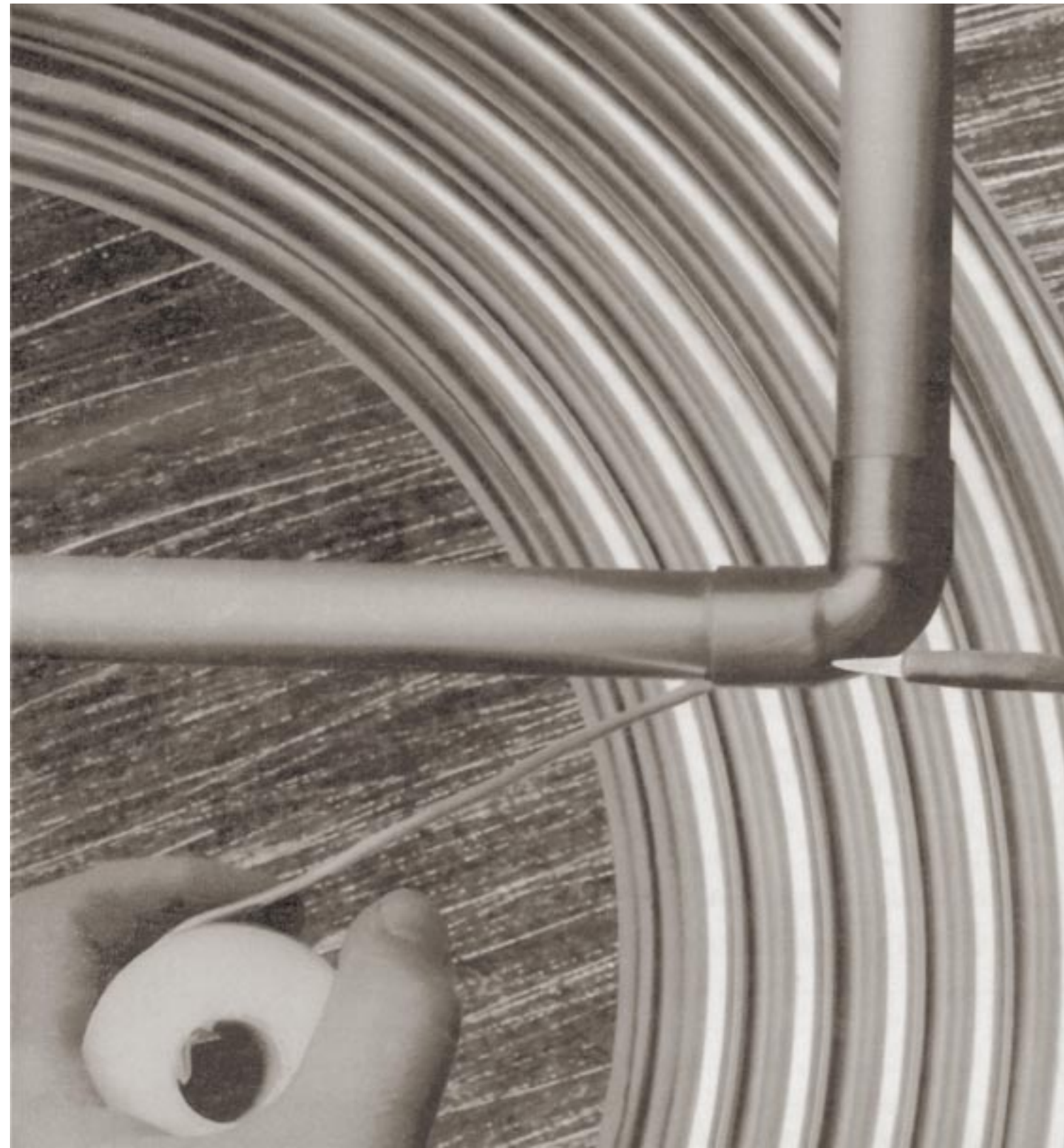
La corrosión por erosión también se puede agravar por un trabajo mal hecho. Por ejemplo, las rebabas dejadas en los extremos cortados del tubo pueden alterar el flujo del agua, y causar turbulencias locales y una velocidad alta del flujo, provocando una corrosión por erosión.

Cuando los compuestos del azufre de la escoria de cualquier tubo de metal entra en contacto con el agua, está sujeto a un ataque por el ácido que se produce. Bajo tales circunstancias, el tubo debe aislarse de la escoria con una barrera inerte contra la humedad, una envoltura de cinta aislante, un recubrimiento de una pintura de asfalto, o con cualquier otro material aprobado. A excepción de algunos casos, los suelos naturales no atacan el cobre.

Vibración. El tubo de cobre puede aguantar los efectos de la vibración cuando se diseña el sistema cuidadosamente.

Al instalar sistemas que son sujetos a vibraciones, se verificará que queden libres de esfuerzos residuales producidos por un doblado o una alineación defectuosa. Los esfuerzos residuales junto con vibraciones pueden ocasionar rupturas por fatiga, en dobleces y conexiones, donde dichos esfuerzos se introdujeron al sistema.

Durabilidad. Bajo condiciones normales, una tubería de cobre para agua, diseñada e instalada de manera correcta, perdura fácilmente toda la vida útil de un edificio y durante toda su existencia, funcionará igual que cuando fue instalada.



IV. DOBLADO

Consideraciones generales

Debido a su maleabilidad excepcional, el cobre puede adaptarse sin problemas en la obra. El tubo de cobre, doblado correctamente, no se colapsará en el lado exterior del codo y no se pandeará en su lado interior. Las pruebas demuestran que un tubo de cobre doblado tiene mayor resistencia al reventamiento, que antes de doblarlo.

Por la maleabilidad del cobre, los codos de dilatación y otras conexiones necesarias en un sistema de tubería, se arman de manera rápida y sencilla, si se utilizan el método y el equipo apropiados. Se pueden usar herramientas manuales sencillas, como prensas, matrices, formas y rellenos o máquinas eléctricas de doblado. Ambos tipos de tubo, rígido y flexible, pueden doblarse con una herramienta manual, usando el tamaño correcto de la herramienta según el diámetro del tubo, para conocer los radios mínimos de doblado, ver **tabla 11** (pag. 40).

El procedimiento para doblar un tubo de cobre con una herramienta de doblado manual de tipo palanca, es el siguiente:

1. Con las manijas a 180° y el sujetador del tubo apartado, inserte el tubo en la ranura de la rueda de doblado.
2. Coloque el sujetador del tubo encima del mismo y ponga la manija en una posición más o menos rectangular, asegurando la zapata de doblado encima del tubo. La marca cero en la rueda de doblado deberá quedar a la misma altura del borde delantero de la zapata de doblado.
3. Doble el tubo al jalar las manijas en un movimiento continuo y suave. El ángulo deseado de doblado se puede averiguar por medio de las calibraciones que se encuentran en la rueda de doblado.
4. Remueva el tubo doblado al mover la manija hasta que forme un ángulo recto con el tubo, y quite la zapata de doblado.

La herramienta ilustrada es una de las muchas disponibles en la industria. Únicamente siga las instrucciones indicadas por el fabricante del equipo a utilizar.

Foto 1

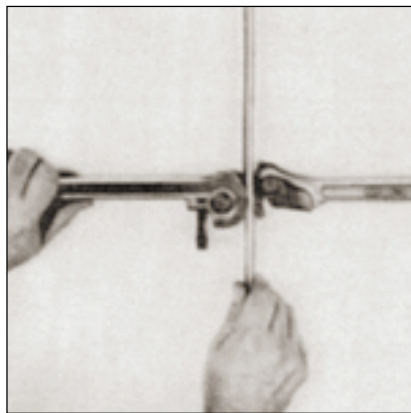


Foto 3

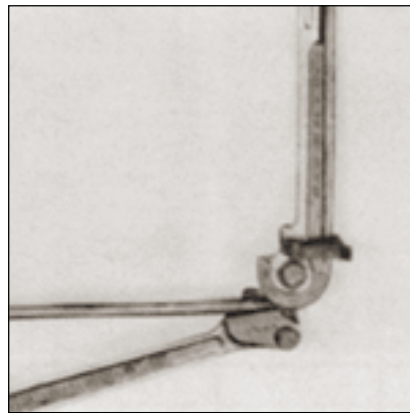


Foto 2

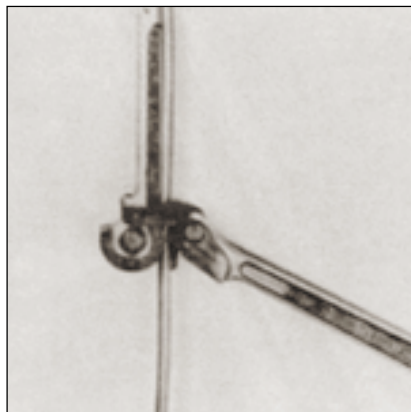


Foto 4



V. ENSAMBLADO

Introducción

Las juntas soldadas con sistema capilar, se utilizan en plomería para las líneas de agua. Las juntas soldadas con bronce mediante el proceso capilar, se utilizan en donde se requiere de mayor fuerza o donde la temperatura del servicio es más alta de los 163°C. Para soldar las juntas en tuberías de refrigeración a menudo se requiere soldadura con plata.

Las juntas mecánicas se utilizan con frecuencia para la tubería subterránea, donde no es recomendable el uso del calor y para juntas que tengan que desconectarse de vez en cuando. El tubo de cobre se puede también ensamblar con soldadura a tope sin el uso de conexiones. Debe tenerse cuidado al seguir los procedimientos apropiados para soldar.

Conexiones

Las conexiones para tubos de cobre que se usan en instalaciones hidráulicas y de calefacción se fabrican según las normas siguientes, para:

- Conexiones de latón a 45°, la NMX-X-002/1 y ASTM-B-16
- Conexiones de cobre soldadas, la NMX-W-101/1
- Conexiones soldables de latón, la NMX-W-101/2
- Válvulas de paso, la NOM-X-031 y ANSI-Z21
- Pig Tail, la NOM-X-018/3 y ANSI-CGA V-1

Las conexiones a presión de aleación de cobre fundido están disponibles en todos los diámetros estandarizados de tubos y en una amplia gama de tipos para cubrir las necesidades de instalaciones hidráulicas. Pueden ser estañados o soldados con plata y/o bronce; aunque, soldar con plata conexiones de cobre fundido, requiere de especial atención. También existe una amplia gama de conexiones a presión de cobre forjado en todos los diámetros y tipos. Éstos, al igual que los de cobre fundido, pueden juntarse mediante estañado o soldadura con plata; sin embargo, se prefieren las conexiones forjadas donde el método de unión es la soldadura con plata. La opción entre las conexiones de cobre fundido o de cobre forjado depende a gran medida de la preferencia del usuario.

Las conexiones de tubo ensanchado proporcionan un contacto de metal con metal similar a las uniones subterráneas; ambas pueden desarmarse fácilmente y ensamblarse de nuevo. Son muy útiles en donde el agua residual no se puede quitar del tubo y es difícil de sol-

dar. Pueden requerirse donde existe un riesgo de incendio y no se puede usar un soplete para estañar o soldar con plata. También, soldar en un ambiente húmedo puede ser muy difícil; en estos casos se prefieren las uniones ensanchadas.

Soldaduras

Las juntas soldadas dependen de la acción capilar que lleva el estaño líquido al espacio libre entre la conexión y el tubo. El fundente actúa como un agente de limpieza y de adherencia y, cuando está aplicado de manera correcta, permite una distribución uniforme del estaño fundido sobre la superficie de la unión.

La selección de una soldadura depende sobre todo de la presión y temperatura de operación del sistema. También se debe tomar en cuenta las tensiones en las juntas causadas por la expansión y la contracción térmica. Sin embargo, las tensiones causadas por los cambios de temperatura no deben ser significativas en los casos más frecuentes: cuando las secciones de tubo son cortas y cuando se usan codos de dilatación en tubos largos.

La **tabla 3** (pag. 35) muestra las presiones nominales de operación para las juntas soldadas entre tubos de cobre que usan una mezcla de soldadura de estaño y plomo de 50-50 y de estaño y antimonio de 95-5. La soldadura de estaño y plomo de 50-50 es conveniente para presiones y temperaturas moderadas. Para presiones más altas, o donde se requiere una junta de una resistencia mayor, es preferible usar la soldadura de estaño y antimonio. Para tubos sujetos a una operación continua a temperaturas que exceden los 120°C, o donde se requiere de juntas de una resistencia máxima, se deben usar soldaduras de relleno con plata.

Se puede utilizar la mayoría de las soldaduras indicadas en ASTM-B-32, Especificación Estándar para Metales de Soldadura, para ensamblar tubos y conexiones de cobre en sistemas de agua potable.

La soldadura se usa por lo general en forma de alambre, pero también existe soldadura con fundente granulado fino integrado. Cuando se usa una pasta de soldadura con fundente es recomendable agregar más soldadura de alambre a la junta, utilizando el mismo tipo de soldadura (por ejemplo, 50-50 o 95-5) que lleva la pasta.

V. ENSAMBLADO

Fundentes

La función del fundente para soldaduras es la de remover rastros residuales de óxidos, facilitar el flujo y proteger las superficies que se soldan de la oxidación durante el calentamiento. El fundente se debe aplicar, a las superficies limpias, en una pequeña cantidad solo para recubrir las áreas que se unen.

Se puede formar muy rápido una nueva película de óxido en superficies de cobre después de su limpieza. Por lo tanto, se debe aplicar el fundente lo antes posible.

Se pueden conseguir soldaduras que contienen pequeñas cantidades de plata u otros aditivos para lograr una mayor resistencia o características especiales de flujo. Tales soldaduras pueden requerir fundentes especiales. Se deberá consultar las recomendaciones del fabricante referente a los procedimientos y fundentes indicados para estas soldaduras.

Algunos fundentes llamados por sus fabricantes «de auto limpieza» presentan un riesgo en su uso. No hay duda que un fundente fuerte y corrosivo puede quitar algunos óxidos y películas de suciedad; sin embargo, cuando se usan fundentes altamente corrosivos de esta manera, existe siempre la incertidumbre si se haya logrado una limpieza uniforme o si continúe la acción corrosiva de los residuos del fundente, una vez terminada la soldadura.

VI. JUNTAS SOLDADAS

Introducción

Soldar es un conjunto de procesos de unión, que al calentarse a una temperatura específica, producen una fusión de materiales, usando un metal de relleno (material de soldadura), cuya temperatura de fundición no exceda los 450°C y se encuentre debajo de la temperatura de solidificación de los metales base. En la práctica actual, la mayoría de las soldaduras se realizan a una temperatura entre 180°C y 290°C.

Para lograr juntas satisfactorias de manera consistente se debe preparar y soldar tomando en cuenta la siguiente secuencia:

- Medición y corte de los tubos
- Escariado
- Limpieza
- Aplicación del fundente
- Ensamble y soporte
- Calentamiento
- Aplicación de la soldadura
- Enfriamiento y limpieza
- Pruebas

Las técnicas descritas producen juntas soldadas libre de fugas, entre el tubo de cobre o de alguna de sus aleaciones y las conexiones, ya sea en el taller o en el campo. Se requiere de habilidad y conocimiento para producir de manera satisfactoria una junta soldada.

Medición y corte

Mida con exactitud la longitud de cada segmento de tubo. La imprecisión puede perjudicar la calidad de la junta. Si el tubo es demasiado corto, no entrará hasta el fondo de la conexión, lo que impide efectuar una junta adecuada. Si el segmento de tubo es demasiado largo, puede producirse una tensión en el sistema, que afectaría la vida de servicio.

Corte el tubo a las longitudes medidas. El corte puede llevarse a cabo de diversas maneras para producir un extremo con un escuadrado satisfactorio. El tubo puede cortarse con un cortador de tubos de tipo disco (**foto 5 y 6**), con una sierra para metales, con una rueda abrasiva o con una sierra de banda portátil o estacionaria. Debe tenerse cuidado de que el tubo no se deforme al cortarlo. Sin importar el método, el corte debe ser en ángulo recto de tal forma que el extremo del tubo asiente correctamente en el casquillo de unión.

Foto 5. Medición

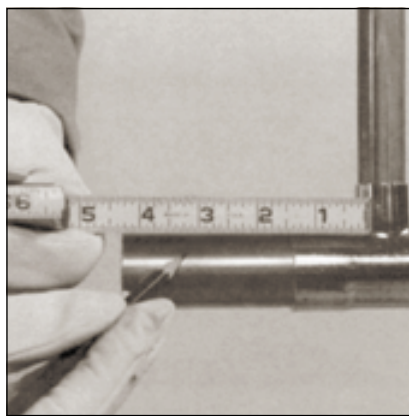
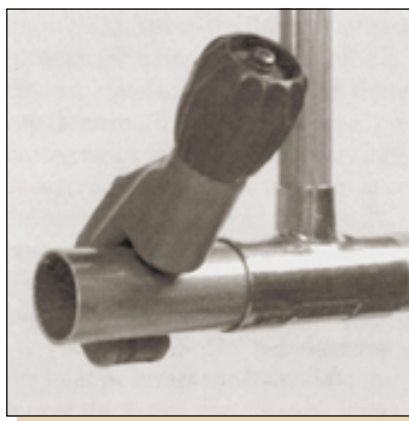


Foto 6. Corte



Escariado

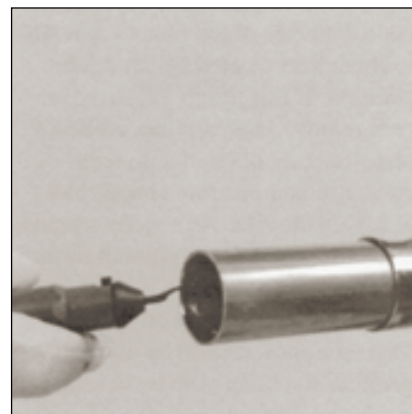
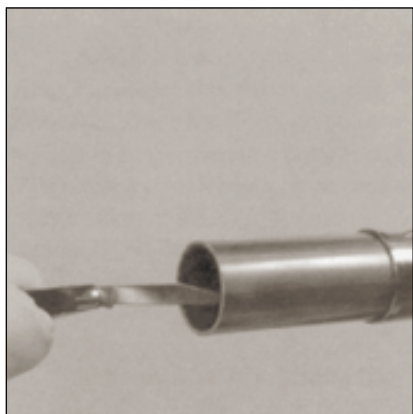
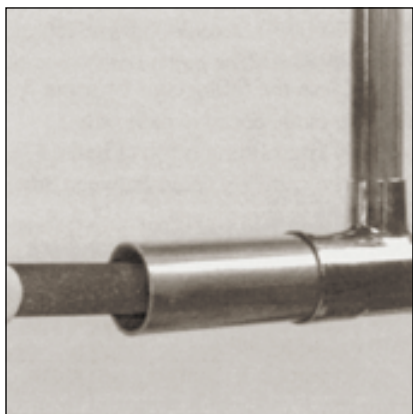
Escarie todos los diámetros interiores de los extremos del tubo cortado para quitar las rebabas pequeñas creadas por la operación del corte. Si este borde interior, áspero, no se quita, puede producirse corrosión por erosión, debido a una turbulencia local y a una mayor velocidad de flujo local en el tubo.

Una pieza de tubo correctamente escariada proporciona una superficie lisa para un mejor flujo. Quite las rebabas que se encuentren en el exterior de los extremos del tubo, creadas por la operación del corte, para asegurar la entrada apropiada del tubo en el casquillo de unión. (**fotos 7a, 7b y 7c**)

Las herramientas utilizadas para escariar los extremos del tubo incluyen la cuchilla para escariar en el cortador de tubos, filos redondos o medio redondos, una navaja de bolsillo y una herramienta apropiada para quitar las rebabas. Con tubos flexibles, debe tenerse cuidado para no deformar el extremo del tubo aplicando demasiada presión.

VI. JUNTAS SOLDADAS

Fotos 7a, 7b y 7c. Escariado



En caso de deformarse el tubo flexible se puede redondear de nuevo, con una herramienta de ajuste que consiste en un conector y un anillo de ajuste.

Limpieza

Es importante la remoción de todos los óxidos y manchas de superficie en los extremos de los tubos y de los casquillos de unión para el flujo adecuado de la soldadura hacia la junta. Si no se remueven, pueden interferir con la acción capilar y disminuir la resistencia de la junta provocando una falla.

Lije (limpie) levemente los extremos del tubo con papel abrasivo o cojines abrasivos de nylon a una distancia un poco mayor a la profundidad del casquillo de unión.

Limpie los casquillos de unión con lija, fibra o un cepillo del tamaño adecuado. El espacio capilar entre el tubo y el casquillo es de aproximadamente 0.004", y se

llena con la soldadura por medio de la acción capilar. Este espacio es esencial para que la soldadura lo llene y forme una junta fuerte.

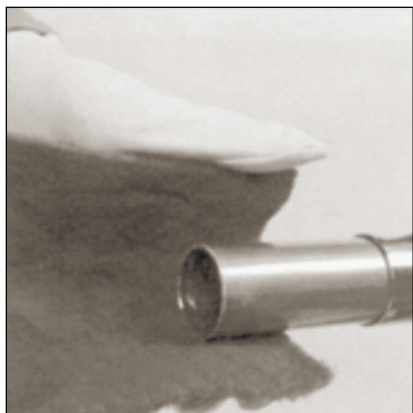
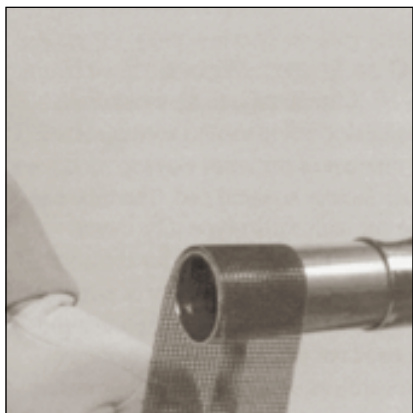
El cobre es un metal relativamente suave. Si se remueve demasiado material del extremo del tubo o del casquillo, puede producirse una junta de mala calidad por el exceso de juego.

También se puede limpiar el tubo con químicos, si después los extremos del tubo y las conexiones se enjuagan por completo, siguiendo el procedimiento indicado por el fabricante del limpiador. No toque la superficie limpia con las manos o con guantes llenos de aceite. Los aceites para la piel, aceites lubricantes y grasa perjudican la operación de soldado. (fotos 8a, 8b y 8c)

Aplicación del fundente

Utilice un fundente que disuelva y quite rastros de óxido de las superficies limpias que se ensamblan,

Fotos 8a, 8b y 8c. Limpieza



VI. JUNTAS SOLDADAS

que proteja las superficies limpias de la reoxidación durante el calentamiento, y que facilite el contacto de la soldadura con las superficies a soldar, según la recomendación indicada en los requerimientos generales de ASTM-B-813. Inmediatamente después de la limpieza, aplique con una brocha, una capa delgada y uniforme del fundente al tubo y al casquillo.

ADVERTENCIA: No aplique el fundente con los dedos. Los productos químicos del fundente pueden ser dañinos si se llevan a los ojos, boca o heridas abiertas.

Tenga especial cuidado en la aplicación del fundente. Un trabajo mal realizado puede causar problemas después de que se haya instalado el sistema. Si se utilizan cantidades excesivas de fundente, el residuo de éste puede causar corrosión. En casos extremos, tal corrosión del fundente podría perforar la pared del tubo, del casquillo o de ambos. (fotos 9a y 9b)

Foto 9a.
Aplicación de fundente en tubo

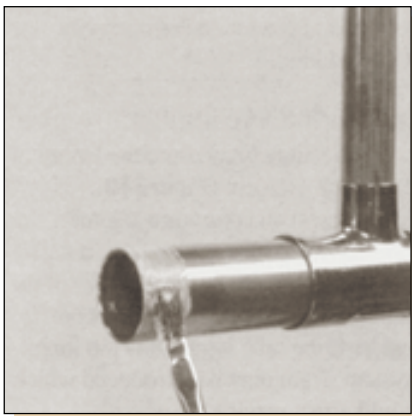
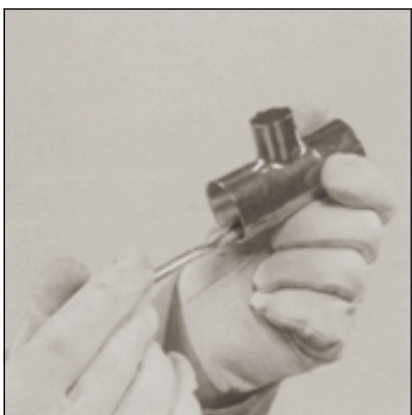


Foto 9b.
Aplicación de fundente en conexión



Ensamble y soporte

Inserte el extremo del tubo en el casquillo de unión, cerciorándose de que el tubo esté asentado en la base del mismo. Un ligero movimiento giratorio asegura un recubrimiento uniforme del fundente. Quite el exceso de fundente del exterior de la junta con un trapo de algodón.

Sujete el ensamble del tubo y del casquillo para asegurar un espacio capilar uniforme alrededor de toda la circunferencia de la junta. La uniformidad del espacio capilar asegurará el buen flujo de la soldadura fundida. Un espacio capilar excesivo puede producir grietas en el metal de soldadura bajo el efecto de esfuerzos o vibraciones. (Fotos 10a y 10b)

Calentamiento

Comience a calentar el tubo moviendo la flama en dirección perpendicular al mismo (foto 11a). El tubo de cobre conduce el calor inicial al casquillo para una distribución uniforme del calor en el área de la unión.

Foto 10a.
Ensamble

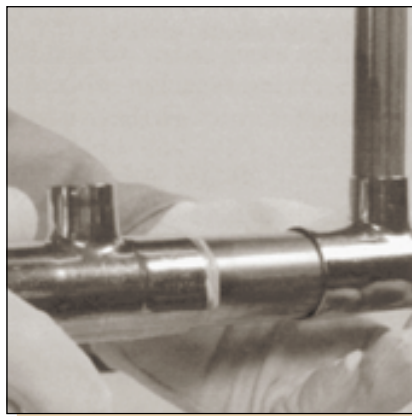
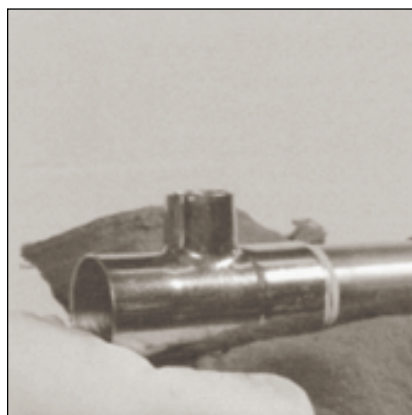
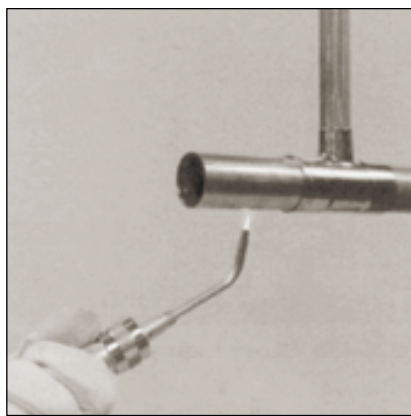


Foto 10b.
Limpieza del exceso de fundente

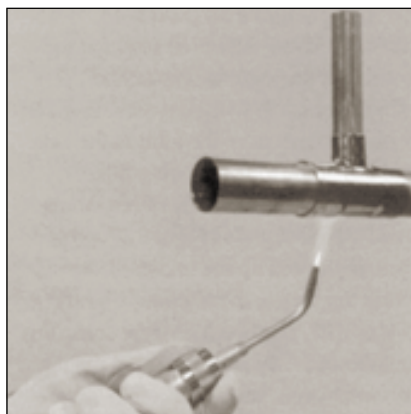


VI. JUNTAS SOLDADAS

Fotos 11a.
Pre-calentado
de tubo



Fotos 11b.
Pre-calentado
de conexión

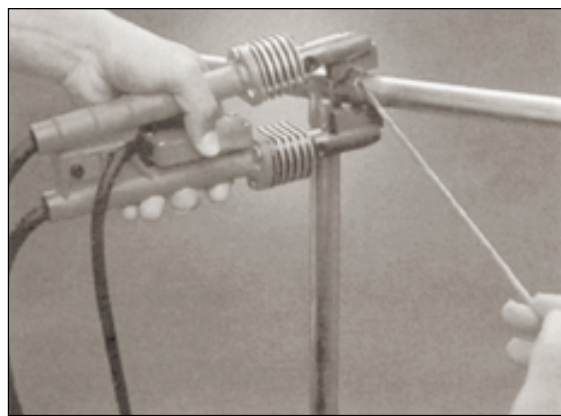


El grado de este precalentamiento depende del tamaño de la junta. La experiencia indicará la cantidad de tiempo necesario.

Enseguida, mueva la flama sobre el casquillo (**foto 11b**). Después, mueva la flama entre el casquillo y el tubo a una distancia igual a la profundidad del casquillo. Con el soplete en la base del casquillo, toque la junta con la soldadura. Si la soldadura no se derrite, quítela y continúe calentando.

ADVERTENCIA: *No sobrecaliente la junta ni dirija la flama hacia el frente del casquillo. El sobrecalentamiento puede quemar el fundente quitándole su eficacia, impidiendo así que la soldadura penetre en la junta de manera correcta.*

Cuando la soldadura se derrita, aplique calor a la base del casquillo para facilitar la acción capilar de llevar la soldadura fundida al casquillo hacia la fuente de calor.



Fotos 11c. Resistencia eléctrica

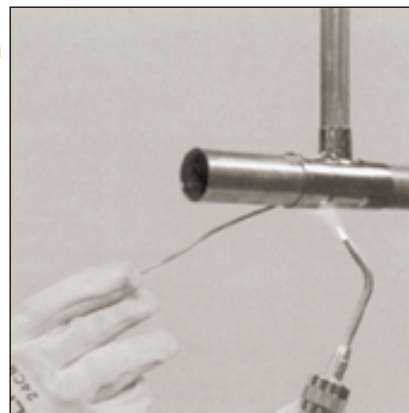
El calor se aplica por lo general por medio de un soplete de gas combustible y aire. Dichos sopletes utilizan acetileno o un gas LP. También se pueden usar herramientas para soldar basadas en resistencias eléctricas (**foto 11c**), éstas emplean electrodos para el calentamiento y deben usarse cuando una flama abierta implica un riesgo.

Aplicación de soldadura

Para las juntas en posición horizontal, comience a aplicar el metal de soldadura levemente fuera del centro en el fondo de la junta (**foto 12**). Proceda a través del fondo del casquillo hasta la posición central superior. Vuelva al punto de inicio, traslápelo y enseguida, proceda encima del lado incompleto hacia la parte superior, traslapando otra vez la soldadura.

Para las juntas en posición vertical, haga una secuencia similar de los pasos de traslape comenzando donde sea conveniente. Las juntas de soldadura dependen

Foto 12.
Soldadura



VI. JUNTAS SOLDADAS

den de la acción capilar para llevar el flujo de soldadura fundida hacia el espacio estrecho entre el casquillo y el tubo. El metal de soldadura fundido fluye hacia la junta por la acción capilar sin importar si el flujo es hacia arriba, hacia abajo u horizontal.

El fundente que se aplicó primero, actúa como un agente de limpieza y de adherencia de la soldadura, si está aplicado de manera correcta, permite una distribución uniforme de la soldadura fundida sobre las superficies que se quieren conectar. La acción capilar es la más eficaz cuando el espacio entre las superficies que se van a conectar va de 0.002 a 0.005 pulgadas. Se puede tolerar un cierto juego, pero si el espacio es demasiado grande puede causar dificultades con conexiones de gran tamaño.

Para unir el tubo de cobre con el casquillo de una válvula, siga las instrucciones del fabricante. La válvula debe estar en posición abierta antes de aplicar calor, recuerde que, este calor se debe aplicar más que nada al tubo.

La cantidad de soldadura consumida cuando se llena de manera adecuada el espacio capilar entre el tubo y los casquillos forjados o fundidos, se puede estimar en la **tabla 8** (pag. 39). El requerimiento de fundente es, por lo general, de 50 gramos por kilo de soldadura.

Enfriar y limpiar

Después de haber terminado la aplicación de soldadura en la junta, limpie el excedente del fundente con un paño de algodón limpio y termine de enfriar con un paño semi húmedo. (**foto 13**)

Foto 13.
Limpieza



Pruebas

Pruebe la efectividad de las juntas de todos los ensambles terminados. Siga el método de prueba prescrito en el reglamento que se aplica para el servicio propuesto.

VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA

Introducción

Las conexiones fuertes y herméticas soldadas con plata se pueden efectuar al soldar con metales de relleno que se funden a temperaturas entre 600°C y 815°C, como se lista en la **tabla 10** (pag. 40). Los metales de relleno para soldaduras con plata se conocen como «soldaduras fuertes» o «soldaduras de plata».

La temperatura en la cual un metal de relleno comienza a fundirse durante el calentamiento es la temperatura de solidificación; la temperatura de licuefacción es la temperatura superior en la cual el metal de relleno se derrite totalmente. La temperatura de licuefacción será mínima para llevar a cabo la soldadura.

La diferencia entre estas dos temperaturas es el rango de fundición que, puede ser de gran importancia al seleccionar un metal de relleno, ya que indica el rango de trabajo para la aleación y la velocidad a la que la

aleación se vuelve completamente sólida después de soldarse. Los metales de relleno con rangos estrechos, con o sin plata, solidifican más rápido y, por lo tanto, requieren una aplicación de calor más cuidadosa. Los rangos de fundición de metales de soldadura más comunes se muestran en la **figura 4a**.

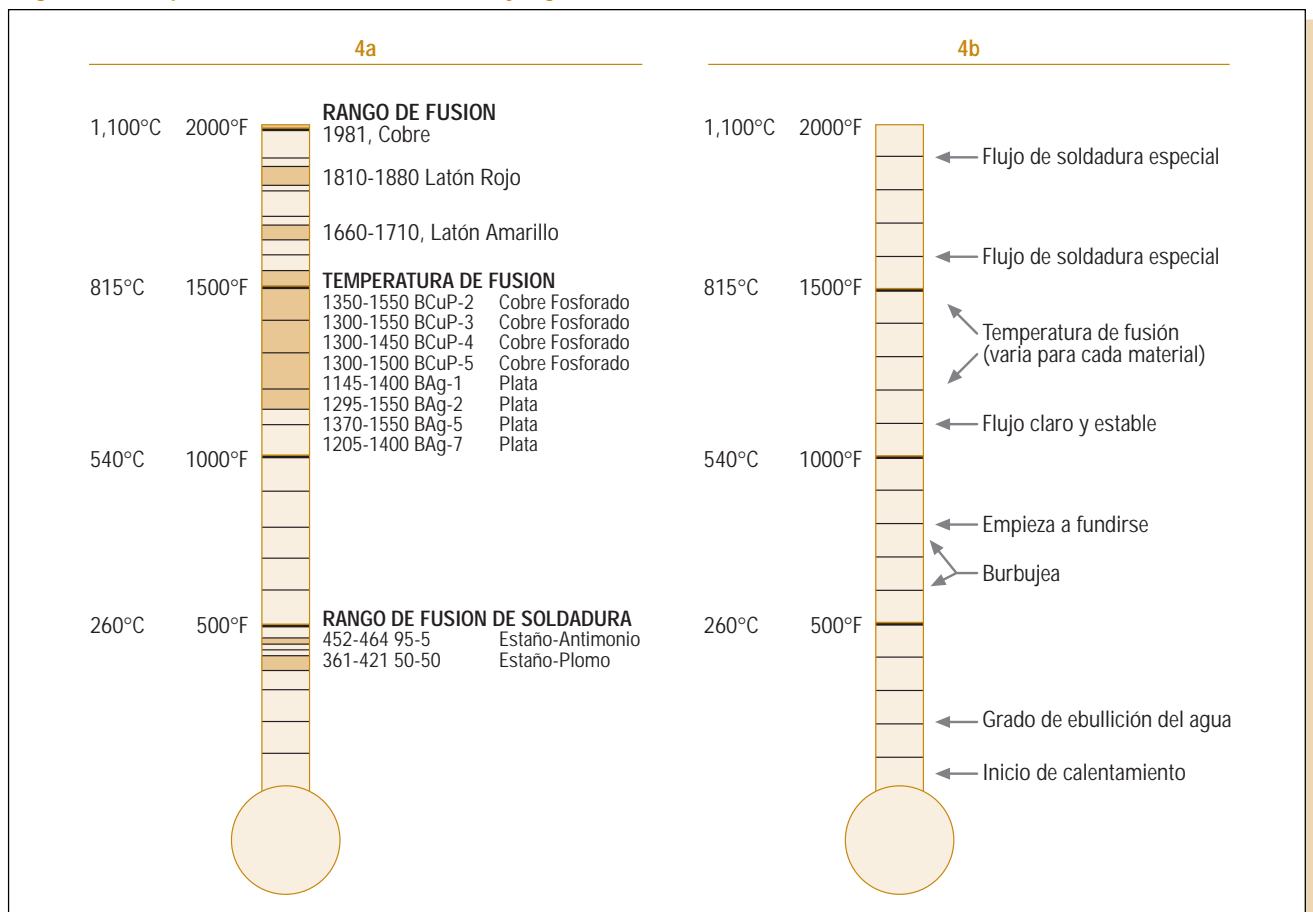
Metales de relleno

Los metales de relleno adecuados para soldar tubos de cobre son de dos clases:

1. Aleaciones que contienen fósforo (la series BCuP)
2. Aleaciones que contienen un alto contenido de plata (las series BAg).

Las dos clases difieren en sus características de fusión, fundente y flujo, características que deben considerarse al seleccionar un metal de relleno (**tabla 10**,

Figura 4a. Temperatura de fusión de soldadura y Figura 4b. Ciclo de fundición de soldadura



VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA

pag. 40). Para unir tubos de cobre, cualquiera de estos metales de relleno proporcionará la resistencia necesaria cuando se utilicen con conexiones estándar para soldar o conexiones de casquillo corto para soldaduras con plata, disponibles en el mercado.

La resistencia de una junta de tubo de cobre soldada con plata no varía mucho en función de los diversos metales de relleno, más bien depende principalmente del espacio adecuado entre el exterior del tubo y el casquillo de unión. El tubo de cobre y las uniones de soldadura con plata se fabrican exactamente uno para el otro, y las tolerancias permitidas para cada uno aseguran que el espacio capilar esté dentro de los límites necesarios para una junta de una resistencia satisfactoria.

Las presiones nominales de trabajo de las líneas de agua soldadas con plata, que llevan temperaturas de servicio de hasta 121°C (la temperatura de vapor saturado a 1.05 kg/cm²) se muestran en la **tabla 3** (pag. 35). Estas presiones deben utilizarse sólo cuando se ha mantenido el espacio capilar correcto.

Las composiciones de los metales de relleno para soldar se muestran en la **tabla 10** (pag. 40). Se pueden utilizar cualquiera de los metales de relleno disponibles, los que se usan comúnmente en instalaciones hidráulicas, conexiones de tubería, sistemas de refrigeración y de aire acondicionado son BCuP-2 (para tolerancias muy pequeñas), BCuP-5 (donde no se pueden lograr tolerancias tan pequeñas), BAg-1, BAg-5 y BAg-7.

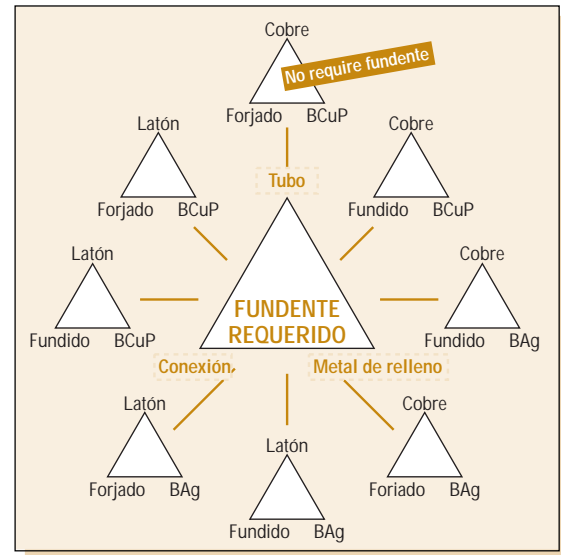
Fundentes

Los fundentes usados para soldar con plata las juntas de cobre son diferentes en su composición de los fundentes para soldar con estaño. Los dos tipos no se pueden intercambiar.

Los fundentes para soldaduras con plata se basan en agua, mientras que la mayoría de los fundentes para soldaduras con estaño se basan en derivados de petróleo. Similar a éstos últimos, los fundentes para soldaduras con plata disuelven y quitan los óxidos residuales de la superficie del metal, protegen el mismo contra la reoxidación durante el calentamiento y facilitan la adherencia del material de soldadura a las superficies que se juntan.

Los fundentes también sirven al instalador para estimar la temperatura (**figura 4b**). Si el exterior del casquillo y el área del tubo afectada por el calor se cubren

Figura 5. Recomendaciones de material de relleno de acuerdo al tipo de conexión



con fundente (además del extremo del tubo y del casquillo), se evita la oxidación y el aspecto de la junta mejora de manera considerable.

La **figura 5** ilustra el material de relleno recomendada para los diferentes tipos de tubos de cobre y sus aleaciones.

Ensamble

Ensamble la junta insertando el tubo en el casquillo hasta el tope y gírelo si es posible. El ensamble debe apoyarse firmemente de modo que siga alineado durante la operación de soldadura con plata.

Aplicación de calor y soldadura

Paso uno: Aplique calor a las piezas que se ensamblan, de preferencia con una flama neutral de gas y oxígeno; flamas de gas y aire se utilizan a veces para los diámetros más pequeños. Caliente primero el tubo, comenzando cerca de una pulgada del borde de la conexión, moviendo la flama alrededor del tubo con movimientos cortos en ángulo recto al eje del tubo.

Es muy importante que la flama esté en constante movimiento y que no permanezca mucho tiempo en un solo punto, para evitar que se dañe el tubo. El fundente se puede utilizar como guía en cuanto al tiempo para calentar el tubo; continúe calentando el tubo hasta que el fundente esté estable y transparente. El comporta-

VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA

miento del fundente durante el ciclo para soldar con plata se describe en la **figura 4b**.

Paso dos: Dirija la flama hacia la conexión en la base del casquillo. Caliente de manera uniforme, moviendo la flama entre la conexión y el tubo hasta que el fundente en la conexión esté estable. Evite el calentamiento excesivo de las conexiones de cobre fundido.

Paso tres: Cuando el fundente este líquido y transparente en el tubo y en la conexión, comience a mover la flama hacia adelante y hacia atrás a lo largo del eje de la junta para mantener el calor en las piezas que se van a soldar, especialmente hacia la base del casquillo de conexión. La flama debe mantenerse en movimiento para evitar que se funda el tubo o la conexión.

Paso cuatro: Aplique el metal de relleno para soldar en un punto entre el tubo y el casquillo de la conexión. Cuando se alcanza la temperatura apropiada, el metal de relleno fluirá directamente al espacio entre el tubo y el casquillo, llevado por la fuerza natural de la acción capilar.

Mantenga la flama alejada del metal de relleno conforme penetre la junta. La temperatura del tubo y de la conexión en la junta debe ser lo suficientemente alta para fundir el metal de relleno.

Mantenga la conexión y el tubo calientes moviendo la flama hacia atrás y hacia adelante mientras se alimenta el metal de relleno a la junta.

Cuando la unión está hecha de manera correcta, debe aparecer un cordón continuo de metal de relleno alrededor de la junta. Pare la alimentación tan pronto vea dicho cordón. La **tabla 9** (pag. 39) es una guía para estimar cuánto metal de relleno se va a requerir.

Para tubos de 1" y mayores puede ser difícil calentar toda la junta al mismo tiempo. Muchas veces es necesario utilizar un soplete adicional para mantener una temperatura adecuada sobre grandes áreas. Se recomienda un precalentamiento suave de toda la conexión para diámetros más grandes. El calentamiento puede entonces proceder conforme a los pasos antes mencionados.

Juntas horizontales y verticales

Cuando se soldan juntas horizontales, es preferible aplicar primero el metal de relleno en el fondo, luego a los dos lados y finalmente arriba, cerciorándose que las operaciones se traslapan. En las juntas verticales no importa donde se empieza. Si la abertura

del casquillo señala hacia abajo, se debe tener cuidado para evitar que se sobrecaliente el tubo, pues esto puede causar que el metal de relleno corra hacia el exterior del tubo. Si esto sucede, retire el calor y permita que el metal de relleno se asiente. Enseguida, vuelva a calentar el casquillo de la conexión para alimentar el metal de relleno.

Remoción de residuos

Después de que se haya enfriado la junta soldada con plata, deben quitarse los residuos del fundente con un paño limpio o cepillo y limpiar con agua caliente. Quite todos los residuos del fundente para evitar que el fundente endurecido retenga la presión de manera temporal y cubra una junta mal soldada. Las conexiones forjadas se enfrían con mayor rapidez que las conexiones de cobre fundido, pero a todas las conexiones se les debe permitir enfriarse de manera natural antes de mojarse.

Sugerencias generales

- Si el metal de relleno no fluye o tiende a formar protuberancias, indica la presencia de oxidación en las superficies del metal o que el calor en las piezas que se ensamblan es insuficiente.
- Si el tubo o la conexión comienzan a oxidarse durante el calentamiento, se debe a que no hay suficiente fundente.
- Si el metal de relleno no entra a la junta y tiende a fluir hacia el exterior de cualquier miembro de la junta, indica que alguno está sobrecalentado o que al otro le falta calor.

Pruebas

Pruebe la efectividad de las juntas de todos los ensambles terminados. Siga el método de prueba prescrito en el reglamento que se aplica para el servicio propuesto.

ANEXO. SOLDADURAS CON ESTAÑO Y CON PLATA

Introducción

La teoría y la técnica básicas para soldar con estaño y con plata son iguales para todos los diámetros de tubos de cobre. Las únicas variables son el metal de relleno, el tiempo y el calor requeridos para terminar una junta dada. Soldar con estaño es el proceso de unión que ocurre debajo de los 450°C, y soldar con plata es el proceso que ocurre arriba de 450°C pero debajo del punto de fusión de los metales base. En la práctica, la mayoría de las soldaduras de estaño para los sistemas de cobre se hacen a temperaturas alrededor de los 175°C a 315°C, mientras que la mayoría de las soldaduras con plata se hacen a temperaturas que se extienden de 595°C a 815°C.

La opción entre soldar con estaño o con plata depende por lo general de las condiciones de servicio del sistema y de los requerimientos de los reglamentos de construcción que aplican. Las juntas soldadas con estaño se utilizan por lo general donde la temperatura de servicio no excede los 120°C, mientras que las juntas

soldadas con plata pueden utilizarse donde se requiere una junta de mayor resistencia o donde las temperaturas del sistema llegan hasta 175°C.

Las juntas soldadas con plata ofrecen en general una mayor resistencia, sin embargo, el recocimiento del tubo y de la conexión que resulta del calor más alto usado en el proceso de soldar con plata, puede ocasionar que la presión nominal del sistema sea menor que la de una junta soldada con estaño, por lo que debe considerarse al elegir el proceso de ensamble que se va a utilizar.

Aunque soldar con estaño y con plata son los métodos más comunes para ensamblar tubos y conexiones de cobre, éstos a menudo, son los métodos menos comprendidos. Es esta falta de conocimiento lo que resulta en instalaciones defectuosas, en juntas de mala calidad o con fallas. Las investigaciones sobre las causas más comunes que provocan fallas en las uniones revelaron varios factores que contribuyen a éstas:

- *Preparación incorrecta de la junta antes de soldar*
- *Falta de soporte adecuado y/o inclinación durante la soldadura con estaño o con plata*
- *Control y distribución de calor incorrectos en todo el proceso de unión*
- *Aplicación incorrecta del metal de relleno de soldadura con estaño o con plata*
- *Cantidad inadecuada de metal de relleno aplicado a la junta*
- *Enfriamiento de choque y/o limpieza repentina del metal de relleno fundido después de soldar con estaño o plata*
- *Pre-estañado de las juntas antes de ensamblar y de soldar*

ANEXO. SOLDADURAS CON ESTAÑO Y CON PLATA

Las operaciones de soldadura con estaño o plata son intrínsecamente sencillas, la omisión o la mala aplicación de una sola parte en el proceso puede significar la diferencia entre una buena junta y una con fallas.

Purgado

Algunas instalaciones, tales como los sistemas de gas medicinal y de ACR, requieren la adición de un gas inerte durante el proceso de soldadura con plata. El gas de purga desplaza el oxígeno del interior del sistema mientras está sujeto a las altas temperaturas de soldadura con plata, y por lo tanto, elimina la posibilidad de una formación de óxido en la superficie interior del tubo.

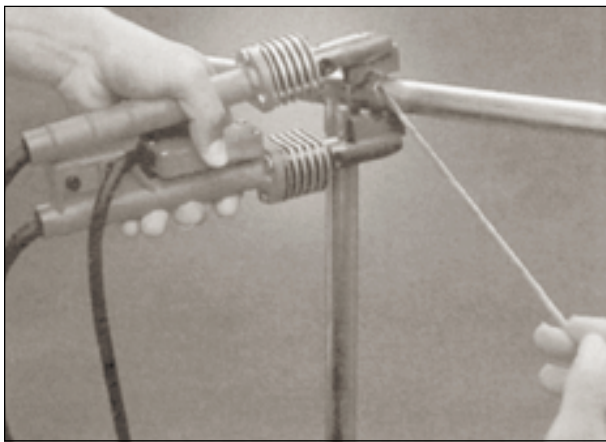
Los flujos del gas de purga y los métodos de aplicación se deben incluir en las especificaciones del procedimiento para soldar con plata.

Información general

Soldar con estaño o con plata son métodos rápidos y eficaces para efectuar una unión con sopletes estándar y con diversos gases, permitiendo alcanzar una alta productividad en la obra.

Existen también herramientas manuales para soldar con resistencias eléctricas, las cuales emplean electrodos de calentamiento para unir tubos y conexiones. Estas herramientas (**foto 14**) son de peso ligero y deben considerarse cuando la flama abierta representa un riesgo.

Foto 14. Herramienta de resistencia eléctrica





DATOS TECNICOS

Tabla de conversiones

Presión	psi	6.89 kPa
	kg/cm ²	10 m.c.a.
	1 psi	0.070 kg/cm ²
Peso	1 libra	453.59 gr
	1 libra	0.453 kg
	1 onza	28.38 gr
	1 onza	0.283 kg
Fluido	1 galón/min	4.546 lt/min
Distancia	1 pulgada	2.54 cm
	1 pie	30.48 cm

Temperatura°C	Temperatura°F
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (T^{\circ}\text{F} - 32)$	$^{\circ}\text{F} = (1.8) (T^{\circ}\text{C}) + 32$
Por ejemplo: $^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (86 - 32)$	Por ejemplo: $^{\circ}\text{F} = (1.8) (30) + 32$
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (54)$	$^{\circ}\text{F} = 54 + 32$
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{270}{9}\right) = 30^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F} = 86^{\circ}\text{F}$

TABLA 1. Tipos y aplicaciones de tubería de cobre (NORMA ASTM-B-88)

Código internacional de identificación	Diámetros nominales		Usos y aplicaciones	
	Tipo	Color		milímetros (pulg)
M	Rojo	6 (1/4")	10 (3/8")	Casas de interés social Casas de interés medio Edificios habitacionales Edificios comerciales
		13 (1/2")	19 (3/4")	
		25 (1")	32 (1 1/4")	
		38 (1 1/2")	51 (2")	
		64 (2 1/2")	75 (3")	
		100 (4")		
L	Azul	6 (1/4")	10 (3/8")	Los mismos que el tipo "M", además de: Instalaciones de gas combustible y medicinal, tomas domiciliarias de agua potable
		13 (1/2")	19 (3/4")	
		25 (1")	32 (1 1/4")	
		38 (1 1/2")	51 (2")	
		64 (2 1/2")	75 (3")	
		100 (4")		
K	Verde	6 (1/4")	10 (3/8")	Los mismos que el tipo "L", además de: Uso industrial donde las presiones y temperaturas de trabajo son severas
		13 (1/2")	19 (3/4")	
		25 (1")	32 (1 1/4")	
		38 (1 1/2")	51 (2")	

Para el uso de gas medicinal deberá cumplir con pruebas de limpieza según las Normas CGA-G-41 (Asociación de Gas Comprimido) CSA-Z 3051 (Canadian Standards Association) NFPA-99C (National Fire Protection Association)

DATOS TECNICOS

TABLA 2. Dimensiones y características de tubería rígida de cobre

Medida nominal	Diámetro exterior	Diámetro interno			Espesor de pared			Peso por tramo de 6.10 mts			Presión máxima		
		M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4"	0.375"	0.324"	0.314"	0.276"	0.025"	0.030"	0.049"	2.132 lb	2.524 lb	5.385 lb	6,133 lb/pulg ²	7,200 lb/pulg ²	8,820 lb/pulg ²
6.35 mm	9.525 mm	8.255 mm	8.001 mm	7.035 mm	0.635 mm	0.762 mm	1.245 mm	0.968 kg	1.146 kg	2.445 kg	431.15 kg/cm ²	506.16 kg/cm ²	620.04 kg/cm ²
3/8"	0.500"	0.449"	0.429"	0.401"	0.025"	0.035"	0.049"	2.903 lb	3.965 lb	6.890 lb	4,500 lb/pulg ²	6,300 lb/pulg ²	7,056 lb/pulg ²
9.50 mm	12.700 mm	11.43 mm	10.922 mm	10.21 mm	0.635 mm	0.889 mm	1.245 mm	1.318 kg	1.800 kg	3.128 kg	316.35 kg/cm ²	442.89 kg/cm ²	496.03 kg/cm ²
1/2"	0.625"	0.572"	0.544"	0.494"	0.028"	0.040"	0.065"	4.083 lb	5.705 lb	12.813 lb	4,032 lb/pulg ²	5,760 lb/pulg ²	6,685 lb/pulg ²
12.7 mm	15.875 mm	14.453 mm	13.843 mm	12.573 mm	0.711 mm	1.016 mm	1.651 mm	1.854 kg	2.590 kg	5.817 kg	283.45 kg/cm ²	404.92 kg/cm ²	469.95 kg/cm ²
3/4"	0.875"	0.811"	0.784"	0.744"	0.032"	0.045"	0.065"	6.566 lb	9.110 lb	16.799 lb	3,291 lb/pulg ²	4,632 lb/pulg ²	5,200 lb/pulg ²
19 mm	22.225 mm	20.601 mm	19.939 mm	18.923 mm	0.812 mm	1.143 mm	1.651 mm	2.981 kg	4.136 kg	7.627 kg	231.35 kg/cm ²	325.62 kg/cm ²	209.00 kg/cm ²
1"	1.125"	1.054"	1.024"	0.994"	0.035"	0.050"	0.065"	9.310 lb	13.114 lb	20.824 lb	2,800 lb/pulg ²	4,000 lb/pulg ²	4,260 lb/pulg ²
25 mm	28.575 mm	26.797 mm	26.035 mm	25.273 mm	0.889 mm	1.270 mm	1.651 mm	4.227 kg	5.954 kg	9.454 kg	196.84 kg/cm ²	281.20 kg/cm ²	299.47 kg/cm ²
1 1/4"	1.375"	1.290"	1.264"	1.230"	0.042"	0.055"	0.072"	13.656 lb	17.700 lb	27.231 lb	2,749 lb/pulg ²	3,600 lb/pulg ²	3,988 lb/pulg ²
32 mm	34.925 mm	32.791 mm	32.131 mm	31.267 mm	1.067 mm	1.397 mm	1.829 mm	6.200 kg	8.036 kg	12.363 kg	193.25 kg/cm ²	253.08 kg/cm ²	280.35 kg/cm ²
1 1/2"	1.625"	1.526"	1.504"	1.459"	0.049"	0.060"	0.083"	18.821 lb	22.826 lb	41.249 lb	2,713 lb/pulg ²	3,323 lb/pulg ²	3,515 lb/pulg ²
38 mm	41.275 mm	38.785 mm	38.227 mm	37.059 mm	1.245 mm	1.524 mm	2.108 mm	8.545 kg	10.363 kg	18.727 kg	190.72 kg/cm ²	233.60 kg/cm ²	247.10 kg/cm ²
2"	2.125"	2.016"	1.984"		0.058"	0.070"		29.233 lb	35.042 lb		2,470 lb/pulg ²	2,965 lb/pulg ²	
51 mm	53.975 mm	51.029 mm	50.419 mm		1.473 mm	1.778 mm		13.272 kg	15.909 kg		173.65 kg/cm ²	208.43 kg/cm ²	
2 1/2"	2.625"	2.494"	2.464"		0.065"	0.080"		40.647 lb	49.658 lb		2,228 lb/pulg ²	2,742 lb/pulg ²	
64 mm	66.675 mm	63.373 mm	62.611 mm		1.651 mm	2.032 mm		18.454 kg	22.545 kg		156.62 kg/cm ²	192.76 kg/cm ²	
3"	3.125"	2.976"	2.944"		0.072"	0.090"		53.663 lb	66.645 lb		2,073 lb/pulg ²	2,592 lb/pulg ²	
76 mm	79.375 mm	75.597 mm	74.803 mm		1.889 mm	2.286 mm		24.363 kg	30.257 kg		145.73 kg/cm ²	182.21 kg/cm ²	
4"	4.125"	3.934"	3.904"		0.095"	0.110"		93.310 lb	107.729 lb		2,072 lb/pulg ²	2,400 lb/pulg ²	
102 mm	104.775 mm	99.949 mm	99.187 mm		2.413 mm	2.794 mm		42.363 kg	48.909 kg		145.65 kg/cm ²	168.72 kg/cm ²	

TABLA 2a. Dimensiones y características de tubería de cobre tipo ACR

Diámetro exterior	Diámetro exterior	Espesor de pared	Presión máxima permitida		Peso aproximado
pulg	mm	mm	kg/cm ²	lbs/pulg ²	kg/m
1/8	3,18	0.76	250	3,554	0.051
3/16	4,76	0.76	154	2,198	0.085
1/4	6,35	0.76	112	1,589	0.119
5/16	7,94	0.81	94	1,334	0.162
3/8	9,53	0.81	77	1,095	0.198
1/2	12,70	0.81	57	807	0.270
5/8	15,90	0.89	49	704	0.374
3/4	19,10	1.07	50	704	0.540
7/8	22,22	1.14	45	642	0.673

DATOS TECNICOS

TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm²) de tubo tipo M, L y K

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Temperatura de servicio																		
			10°C (50°F) S=682.14 kg/cm ²			38°C (100°F) S=421.94 kg/cm ²			65°C (150°F) S=358.65 kg/cm ²			93°C (200°F) S=337.55 kg/cm ²			149°C (300°F) S=330.52 kg/cm ²			205°C (400°F) S=210.97 kg/cm ²			
			Tipo de tubería																		
pulg	mm	pulg	mm	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4	6	3/8	9.525	67.961	104.264	122.839	54.409	64.493	75.983	46.248	54.819	64.585	43.527	51.594	60.786	42.620	50.520	59.520	27.205	32.247	37.991
3/8	10	1/2	12.700	65.131	88.952	129.198	40.287	55.022	79.916	34.244	46.769	67.929	32.230	44.017	63.933	31.568	43.100	62.601	20.144	27.511	39.958
1/2	13	5/8	15.875	56.375	82.340	101.818	34.871	50.932	62.979	29.640	43.292	53.532	27.897	40.748	50.383	27.316	39.897	19.33	17.436	25.466	31.489
3/4	19	7/8	22.225	46.473	68.389	97.264	28.748	41.065	60.163	24.434	34.906	51.138	22.997	32.852	48.131	22.518	32.158	47.128	14.373	20.533	30.082
1	25	1 1/8	28.575	38.421	58.375	74.703	23.765	34.871	46.208	20.201	29.640	39.277	19.012	27.897	36.966	18.616	27.316	36.196	11.883	17.436	23.104
1 1/4	32	1 3/8	34.925	38.548	50.081	60.638	23.844	30.966	37.508	20.267	26.321	31.882	19.075	24.773	30.006	18.678	24.256	29.381	11.922	15.483	18.754
1 1/2	38	1 5/8	41.275	37.772	46.588	56.375	23.364	28.617	34.871	19.860	24.495	29.640	18.591	23.054	27.897	18.302	22.574	27.316	11.682	14.409	17.436
2	51	2 1/8	53.975	34.056	41.424	53.550	21.066	25.623	30.649	17.906	21.780	26.052	16.853	20.499	24.520	16.502	20.071	24.009	10.022	12.812	15.325
2 1/2	64	2 3/8	66.675	31.234	38.264	45.351	19.320	23.666	28.052	16.422	20.118	23.845	15.456	18.935	22.442	15.134	18.540	21.974	9.660	11.834	14.026
3	78	3 1/8	79.375	28.857	36.104	43.881	17.850	22.332	27.143	15.172	18.982	23.071	14.280	17.666	21.714	13.982	17.401	21.262	8.925	11.186	13.571
4	102	4 1/8	104.775	28.584	33.389	40.975	17.681	20.653	25.345	15.028	17.555	21.544	14.144	16.522	20.278	13.850	16.178	19.854	8.840	10.326	12.673

TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm²), USOS GENERALES

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Temperatura de servicio												
			10°C (50°F) S=682.14 kg/cm ²		38°C (100°F) S=421.94 kg/cm ²		65°C (150°F) S=358.65 kg/cm ²		121°C (250°F) S=334.74 kg/cm ²		177°C (350°F) S=286.22 kg/cm ²		205°C (400°F) S=210.97 kg/cm ²		
			Tipo de tubería												
pulg	mm	pulg	mm	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen
1/8	3.175	1/8	3.175	356.37	356.37	220.43	220.43	187.37	187.37	176.35	176.35	172.67	172.67	110.22	110.22
3/16	4.763	3/16	4.763	211.11	211.11	137.39	137.39	116.78	116.78	109.91	109.91	107.62	107.62	68.69	68.69
1/4	6.350	1/4	6.350	161.33	161.33	99.79	99.79	84.82	84.82	79.83	79.83	78.17	78.17	49.90	49.90
5/16	7.938	5/16	7.938	136.84	136.84	84.64	84.64	71.95	71.95	67.71	67.71	66.30	66.30	42.32	42.32
3/8	9.525	3/8	9.525	112.53	112.53	69.60	69.60	59.16	59.16	55.68	55.68	54.52	54.52	34.80	34.80
1/2	12.700	1/2	12.700	83.03	83.03	51.36	51.36	43.65	43.65	41.08	41.08	40.23	40.23	25.68	25.68
5/8	15.675	5/8	15.675	70.43	70.43	43.56	43.56	37.03	37.03	34.85	34.85	34.12	34.12	21.78	21.78
3/4	19.050	3/4	19.050	58.29	58.29	36.05	36.05	30.65	30.65	28.84	28.84	28.24	28.24	18.03	18.03

DATOS TECNICOS

TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm²) en tubo tipo "L" flexible

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Temperatura de servicio					
				10°C (50°F) S=682.14 kg/cm ²	38°C (100°F) S=421.94 kg/cm ²	65°C (150°F) S=358.65 kg/cm ²	121°C (250°F) S=334.74 kg/cm ²	177°C (350°F) S=286.22 kg/cm ²	205°C (400°F) S=210.97 kg/cm ²
pulg	mm	pulg	mm						
1/4	6.35	3/8	9.525	114.3	64.5	54.8	51.6	50.5	32.2
3/8	9.5	1/2	12.700	89.0	55.0	46.8	44.0	43.1	27.5
1/2	12.7	5/8	15.875	82.3	50.9	43.3	40.7	39.9	25.5
3/4	19	7/8	22.225	66.4	41.1	34.9	32.9	32.2	20.5
1	25	1 1/8	28.575	56.4	34.9	29.6	27.9	27.3	17.4

TABLA 3. Presiones de trabajo en uniones soldadas (kg/cm²)

Tipo de soldadura	Temperatura de servicio	Diametros nominales			Vapor saturado
		1/4 a 1"	1 1/2 a 2"	2 1/2 a 4"	
No. 50 50% Estaño 50% Plomo	38°C	14.06	12.30	10.55	-
	65°C	10.55	8.79	7.03	-
	93°C	7.03	6.33	5.27	-
	121°C	-	-	-	0.5
No. 95 95% Estaño 5% Plomo	38°C	35.15	28.12	21.09	-
	65°C	28.12	24.61	19.33	-
	93°C	21.09	17.58	14.06	-
	121°C	-	-	-	1.05

TABLA 4. Presión de ruptura (lb/pulg² y kg/cm²)

Diámetro nominal	Diámetro exterior		M		L		K	
			Rígido	Flexible	Rígido	Flexible	Rígido	Flexible
1/2"	5/8"	lb	6135	-	7765	3885	9840	4535
		kg	431	-	546	273	692	319
3/4"	7/8"	lb	4715	-	5900	2935	9300	4200
		kg	331	-	415	206	654	295
1"	1 1/8"	lb	3865	-	5115	2650	7200	3415
		kg	271	-	360	186	506	240
1 1/4"	1 3/8"	lb	3875	-	4550	2400	5525	2800
		kg	272	-	320	169	388	197
1 1/2"	1 5/8"	lb	3550	-	4100	2200	5000	2600
		kg	250	-	288	155	352	183
2"	2 1/8"	lb	2935	-	3365	1910	3915	2235
		kg	206	-	237	134	275	157
2 1/2"	2 5/8"	lb	2800	-	3215	-	2575	-
		kg	197	-	226	-	181	-
3"	3 1/8"	lb	2665	-	2865	-	3450	-
		kg	187	-	201	-	243	-
4"	4 1/8"	lb	2215	-	2865	-	3415	-
		kg	156	-	201	-	240	-

DATOS TECNICOS

Tabla 5. Pérdida de presión por fricción para tubería de cobre tipo K,L y M (kg/cm²)

Flujo LPM	Diámetro nominal o estándar (pulgadas)														
	1/4			3/8			1/2			3/4			1		
	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M
3.78	0.318	0.272	N/A	0.083	0.053	0.048	0.023	0.018	0.016	0.004	0.002	0.002			
7.57			N/A	0.299	1.937	1.730	0.080	0.069	0.055	0.013	0.011	0.009	0.004	0.002	0.006
11.36			N/A	0.634	0.408	3.667	0.170	0.143	0.117	0.032	0.025	0.020	0.006	0.006	0.002
15.14			N/A				0.288	0.244	0.198	0.053	0.041	0.034	0.013	0.011	0.009
18.93			N/A				0.435	0.371	0.299	0.080	0.062	0.053	0.020	0.016	0.013
37.85			N/A							0.290	0.226	0.193	0.071	0.062	0.053
56.78													0.149	0.131	0.113
75.7														0.221	0.193
94.63															
113.6															
132.5															
151.4															
170.3															
189.3															
227.1															
265															
302.8															
340.7															
378.5															
454.2															
529.9															
605.6															
681.3															
757															
946.3															
1136															
1325															
1514															
1703															

DATOS TECNICOS

Flujo LPM	Diámetro nominal o estándar (pulgadas)																	
	1 ^{1/4}			1 ^{1/2}			2			2 ^{1/2}			3			4		
	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M
3.78																		
7.57	0.002																	
11.36	0.002	0.002	0.002															
15.14	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002												
18.93	0.006	0.006	0.004	0.002	0.002	0.002												
37.85	0.023	0.023	0.020	0.009	0.092	0.009	0.002	0.002	0.002									
56.78	0.050	0.046	0.041	0.020	0.020	0.018	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002						
75.7	0.085	0.080	0.071	0.036	0.034	0.032	0.009	0.009	0.009	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002			
94.63	0.131	0.119	0.108	0.055	0.050	0.048	0.013	0.013	0.011	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002			
113.6	0.182	0.168	0.152	0.078	0.071	0.066	0.020	0.018	0.018	0.006	0.006	0.006	0.002	0.002	0.002			
132.5				0.103	0.096	0.089	0.027	0.025	0.023	0.009	0.009	0.009	0.004	0.004	0.002			
151.4				0.133	0.124	0.115	0.034	0.032	0.030	0.011	0.011	0.011	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	
170.3						0.143	0.041	0.039	0.036	0.013	0.013	0.013	0.006	0.006	0.004	0.002	0.002	0.002
189.3							0.050	0.048	0.046	0.018	0.016	0.016	0.006	0.006	0.006	0.002	0.002	0.002
227.1							0.071	0.069	0.064	0.025	0.023	0.023	0.011	0.009	0.009	0.002	0.002	0.002
265							0.096	0.089	0.085	0.032	0.032	0.030	0.013	0.013	0.011	0.004	0.002	0.002
302.8										0.043	0.039	0.036	0.018	0.016	0.016	0.004	0.004	0.004
340.7										0.053	0.050	0.046	0.023	0.020	0.020	0.046	0.004	0.004
378.5										0.064	0.060	0.057	0.027	0.025	0.023	0.069	0.006	0.006
454.2												0.080	0.039	0.036	0.034	0.009	0.009	0.009
529.9													0.050	0.084	0.043	0.013	0.011	0.011
605.6													0.064	0.060	0.057	0.016	0.016	0.013
681.3																0.020	0.018	0.018
757																0.025	0.023	0.023
946.3																0.036	0.034	0.034
1136																		0.048
1325																		
1514																		
1703																		

DATOS TECNICOS

Tabla 6. Longitud equivalente de conexiones a tubería en mts

Diámetro (pulgadas)	Codo 90°	Codo 45°	Tee giro de 90°	Tee paso recto	Válvula de compuerta	Válvula de globo	Válvula angular
3/8	0.30	0.30	0.45	0.10	0.06	2.45	1.20
1/2	0.60	0.40	0.90	0.20	0.12	4.40	2.45
3/4	0.75	0.45	1.20	0.25	0.15	6.10	3.65
1	0.90	0.55	1.50	0.27	0.20	7.60	4.60
1 1/4	1.20	0.80	1.80	0.40	0.25	10.50	5.50
1 1/2	1.50	0.90	2.15	0.45	0.30	13.50	6.70
2	2.15	1.20	3.05	0.60	0.40	16.50	8.50
2 1/2	2.45	1.50	3.65	0.75	0.50	19.50	10.50
3	3.05	1.80	4.60	0.90	0.60	24.50	12.20
3 1/2	3.65	2.15	5.50	1.10	0.70	30.00	15.00
4	4.25	2.45	6.40	1.20	0.80	37.50	16.50
5	5.20	3.05	7.60	1.50	1.00	42.50	21.00
6	6.10	3.65	9.15	1.80	1.20	50.00	24.50

Tabla 7. Radios recomendados para liras de dilatación con tubería de cobre

Pulgadas de expansión esperada		Radio "R", en pulgadas, diámetro nominal o estándar de tubo Longitud "L", en pulgadas, diámetro nominal o estándar de tubo											
		1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
1/2	R	6	7	8	9	11	12	13	15	16	18	19	20
	L	38	44	50	59	67	74	80	91	102	111	120	128
1	R	9	10	11	13	15	17	18	21	23	25	27	29
	L	54	63	70	83	94	104	113	129	144	157	169	180
1 1/2	R	11	12	14	16	18	20	22	25	28	30	33	35
	L	66	77	86	101	115	127	138	158	176	191	206	220
2	R	12	14	16	19	21	23	25	29	32	35	38	41
	L	77	89	99	117	133	147	160	183	203	222	239	255
2 1/2	R	14	16	18	21	24	26	29	33	36	40	43	45
	L	86	99	111	131	149	165	179	205	227	248	267	285
3	R	15	17	19	23	26	29	31	36	40	43	47	50
	L	94	109	122	143	163	180	196	224	249	272	293	312
3 1/2	R	16	19	21	25	28	31	34	39	43	47	50	54
	L	102	117	131	155	176	195	212	242	269	293	316	337
4	R	17	20	22	26	30	33	36	41	46	50	54	57
	L	109	126	140	166	188	208	226	259	288	314	338	361

DATOS TECNICOS

Tabla 8. Consumo de soldadura (1/8")

Diámetro de la unión (mm)	Por unión (cm)	Por 100 uniones		
		(m)	50/50 kg	95/5 kg
9.5	1.3	1.30	0.108	0.091
12.7	1.6	1.60	0.133	0.112
19.0	2.2	2.20	0.183	0.154
25.4	2.9	2.90	0.241	0.204
31.7	3.5	3.50	0.291	0.246
38.1	4.1	4.10	0.341	0.288
50.8	5.4	5.40	0.450	0.379
63.5	6.7	6.70	0.558	0.471
76.2	8.0	8.00	0.666	0.562
101.6	10.5	10.50	0.875	0.738

Tabla 9. Consumo de metal de aporte o relleno

Diámetro nominal	Consumo de metal de aporte o relleno				Peso medio por 100 uniones (gramos)
	Alambre 1 ^{1/16} "	Varila 1 ^{1/8} " x 50	Alambre 3 ^{1/32} "	Alambre 1 ^{1/8} "	
1/4	1/4	1/4	1/4	1/8	18.14
3/8	5/8	3/8	3/8	1/4	27.21
1/2	1 ^{1/8}	5/8	1/2	3/8	45.35
5/8	1 ^{5/8}	7/8	5/8	1/2	68.03
3/4	2 ^{1/4}	1 ^{1/8}	1	5/8	95.25
1	3 ^{1/2}	1 ^{3/4}	1 ^{5/8}	7/8	145.14
1 ^{1/4}	4 ^{1/2}	2 ^{1/4}	2	1 ^{1/4}	190.50
1 ^{1/2}	-	3	2 ^{5/8}	1 ^{1/2}	254.01
2	-	4 ^{3/4}	4 ^{3/8}	2 ^{1/2}	408.23
2 ^{1/2}	-	6 ^{1/2}	5 ^{7/8}	3 ^{3/8}	553.38
3	-	8 ^{5/8}	7 ^{7/8}	4 ^{1/2}	743.89
3 ^{1/2}	-	11 ^{1/2}	10 ^{1/2}	5 ^{7/8}	988.83
4	-	14 ^{7/8}	13 ^{1/2}	7 ^{5/8}	1274.59

DATOS TECNICOS

Tabla 10. Metales de aporte para soldadura

Clasificación ¹	Porcentaje del principal elemento						Temperatura°C	
	Plata	Fósforo (P)	Zinc (Zn)	Cadmio (Cd)	Estaño (Sn)	Cobre (Cu)	Solidificación	Licuefacción
BCup-2	-	7.00-7.5	-	-	-	Sobrante	710	795
BCup-3	4.8-5.2	5.8-6.2	-	-	-	Sobrante	645	815
BCup-4	5.8-6.2	7.0-7.5	-	-	-	Sobrante	645	720
BCup-5	14.5-15.5	4.8-5.2	-	-	-	Sobrante	645	800
BAG-12	44-46	-	14-18	23-252	-	14-16	610	620
BAG-22	33-36	-	19-23	17-192	-	25-27	610	700
BAG-5	44-46	-	23-27	-	-	29-31	610	745
BAG-7	55-57	-	15-19	-	4.5-5.5	21-23	620	650

Tabla 11. Radio mínimo de curvado

Díámetro nominal (pulgadas)	Tipo de tubo	Temple	Radio mínimo de curvatura (pulgadas)
1/4	K - L	Flexible	3/4
3/8	K - L	Flexible	1 1/2
3/8	K - L	Rígido	1 3/4
1/2	K - L	Flexible	2 1/4
1/2	K - L	Rígido	2 1/2
3/4	K - L	Flexible	3
3/4	K - L	Rígido	3
1	K - L	Flexible	4
1 1/4	K - L	Flexible	9

CUPON DE INFORMACION




PROCOBRE

Nombre _____ Ocupación _____

Dirección _____

CP _____ Municipio o Delegación _____ Teléfono _____

Pertenece a alguno de nuestros clubes, cuál _____ No. de socio _____

Si tiene personal a su cargo, indique cuántos _____

Observaciones o sugerencias al manual _____

Envíe este cupón con sus datos al Fax 5286-7723 o sus comentarios al correo electrónico info@procobremexico.com.mx y reciba un obsequio a cambio, el cual podrá recoger en nuestras oficinas.