

2.1.2. Tubería tipo “L”

Es un tipo de tubería a usarse en instalaciones hidráulicas en condiciones severas de servicio y seguridad que la tipo “M”; ejemplo: en instalaciones de gases medicinales y combustibles, vapor, aire comprimido, en calefacción, refrigeración, tomas de agua domiciliarias, etc.

Nota: Flujo obtenido con una presión de 10PSI., en una longitud de 25mts.

Característica	Tubería Tipo “L”
Temple	Rígido
Color de identificación	Azul
Grabado (bajo relieve)	Sí
Longitud del tramo	6.10 m
Diámetros	1/4” a 4”

Tubería de cobre de temple rígido Tipo “L”

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por tramo	Presión Máxima	Presión Constante	Flujo
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos	PSI kg/cm ²	PSI kg/cm ²	G. P. M. L. P. M.
1/4” 6.35 mm	0.375” 9.525	0.315” 8.001	0.030” 0.762	0.126 0.187	2.524 1.146	7,200 506.16	1,440 101.23	
3/8” 9.50 mm	0.500” 12.700	0.430” 10.922	0.035” 0.889	0.198 0.295	3.965 1.800	6,300 442.89	1,260 88.57	1.873 7.089
1/2” 12.7 mm	0.625” 15.875	0.545” 13.843	0.040” 1.016	0.285 0.424	5.705 2.590	5,760 404.92	1,152 80.98	3.656 13.493
3/4” 19 mm	0.875” 22.225	0.785” 19.939	0.045” 1.143	0.455 0.678	9.110 4.136	4,632 325.62	926 65.09	9.600 36.336
1” 25 mm	1.125” 28.575	1.025” 26.035	0.050” 1.270	0.655 0.976	13.114 5.954	4,000 281.20	800 56.24	19.799 74.94
1 1/4” 32 mm	1.375” 34.925	1.265” 32.131	0.055” 1.397	0.885 1.317	17.700 8.036	3,600 253.08	720 50.61	35.048 132.660
1 1/2” 38 mm	1.625” 41.275	1.505” 38.227	0.060” 1.524	1.143 1.698	22.826 10.363	3,323 233.60	664 46.67	56.158 212.560
2” 51 mm	2.125” 53.975	1.985” 50.419	0.070” 1.778	1.752 2.608	35.042 15.909	2,965 208.43	593 41.68	119.099 450.790
2 1/2” 64 mm	2.625” 66.675	2.465” 62.611	0.080” 2.032	2.483 3.695	49.658 22.545	2,742 192.76	548 38.52	214.298 811.120
3” 76 mm	3.125” 79.375	2.945” 74.803	0.090” 2.286	3.332 4.962	66.645 30.257	2,592 182.21	518 36.41	347.397 1,314.90
4” 102 mm	4.125” 104.775	3.905” 99.187	0.110” 2.794	5.386 8.017	107.729 48.909	2,400 168.72	480 33.74	747.627 2,829.77

5.1.5. Cantidad de soldadura en las uniones

Diámetro de la unión mm	Cantidad de Soldadura				
	Por unión cm	Por 100 uniones			
		m	40/60 kg	50/50 kg	95/5 kg
9.5	1.3	1.30	0.114	0.108	0.091
12.7	1.6	1.60	0.140	0.133	0.112
19.0	2.2	2.20	0.193	0.183	0.154
25.4	2.9	2.90	0.254	0.241	0.204
31.7	3.5	3.50	0.307	0.291	0.246
38.1	4.1	4.10	0.359	0.341	0.288
50.8	5.4	5.40	0.473	0.450	0.379
63.5	6.7	6.70	0.588	0.558	0.471
76.2	8.0	8.00	0.702	0.666	0.562
101.6	10.5	10.50	0.921	0.875	0.738

Nota : Úsese una parte de pasta fundente por cada 8 de soldadura

Los carretes de soldadura, de acuerdo a su peso específico, tiene las siguientes longitudes :

- No. 50 Alambre de 3 mm de diámetro 5.40 m
- No. 40 Alambre de 3 mm de diámetro 5.13 m
- No. 95 Alambre de 3 mm de diámetro 6.40 m

2.2. Características y ventajas de las tuberías de cobre de temple rígido

Las tuberías de cobre y sus uso en las instalaciones hidrosanitarias presenta las siguientes características :

- A. **Resistencia a la corrosión** : presenta un excelente comportamiento frente a la totalidad de los materiales de construcción y de los fluidos a transportar, asegurando así una larga vida útil a la instalación.
- B. **Se fabrica sin costura** : por lo cual resiste sin dificultad las presiones internas de trabajo, permitiendo el uso de tubos de pared delgada e instalándose en espacios reducidos.
- C. **Continuidad de flujo** : debido a que su interior es liso y terso admite un mínimo de pérdidas por fricción al paso de los fluidos a conducir, manteniendo los flujos constantes.
- D. **Facilidad de unión** : los sistemas de soldadura capilar, y el de compresión, permiten efectuar con rapidez y seguridad las uniones de la tubería.
- E. La sencillez del proceso para cortar el tubo y ejecutar las uniones, así como la ligereza del material, permiten la prefabricación de gran parte de las instalaciones, obteniéndose rapidez y calidad en el trabajo, así como mayor control de los materiales pudiendo reducir los costos.

Por lo tanto, cuando se hacen evaluaciones se concluye que las instalaciones con tubería de cobre son mucho más económicas que con cualquier otro tipo de tubería, brindando mayor seguridad y confort al usuario.

2.3. Sistemas de unión para tubería de cobre de temple rígido

Una de las principales ventajas que nos ofrecen las tuberías de cobre de temple rígido es precisamente su sistema de unión por medio de conexiones soldables ; dicho sistema, elimina el uso de complicadas herramientas, así como de esfuerzos inútiles y demoras innecesarias, haciendo más redituable el empleo de la mano de obra, la soldadura por capilaridad representa ventajas inigualables al ofrecer el medio más rápido en las uniones de las instalaciones.

Actualmente se cuenta en México con la tecnología y la maquinaria adecuada para producir conexiones soldables, dichas piezas son manufacturadas de manera tal que permiten, una vez ensambladas tener un juego de muy pocas milésimas, justamente lo necesario para realizar el proceso de soldadura capilar. Cabe mencionar que todas las conexiones cuentan en su interior con un tope o asiento, que permite introducir el extremo de la tubería de cobre hasta él, no dejando ningún espacio muerto que pudiera crear turbulencias en los fluidos a conducir ; además, todas las conexiones soldables vienen grabadas en los extremos con el logotipo del fabricante, lo que facilita su identificación.

Es necesario explicar brevemente la fabricación de las conexiones soldables, de acuerdo al material con que estén elaboradas, como son : **cobre, bronce y latón**.

En la fabricación de codos de cobre se emplea una maquinaria que realiza con extrema rapidez dos operaciones simultáneas, dobla la tubería de temple especial a 90° o 45° según sea el ángulo requerido y corta longitudes adecuadas de acuerdo al diámetro del tubo, en el paso siguiente en otra máquina los extremos de los codos son ensanchados al diámetro deseado quedando lista la pieza para recibir los extremos del tubo al que conectarán. Estas conexiones son las más recomendables, puesto que están fabricadas con el mismo metal de las tuberías presentando las mismas carac-

terísticas de éstas, la gama de conexiones de cobre es tan grande, ya que se fabrican; codos, té, coples, reducciones bushing y campana, tapones, etc.

2.3.1. Conexiones de Bronce

La materia prima empleada en este tipo de conexiones es una aleación de cobre, zinc, estaño y plomo en proporciones técnicas adecuadas al trabajo mecánico que se realizará, mismo que mediante un proceso de fundición se vacía en moldes de arena con la forma de la conexión deseada; posteriormente se maquinan los extremos para darles las dimensiones finales de acabado.

Estas conexiones son fáciles de identificar por tener la superficie exterior rugosa; se fabrican conexiones soldables y roscables en uno de sus extremos y existen en todas las formas siguientes: codos, té, coples, reducciones, yes, tapones, conectores, tuercas unión, etc.

2.3.2. Conexiones de Latón

Son fabricadas de aleación cobre - zinc, que mediante un calentamiento a la temperatura plástica de dicho material se efectúa el forjado de la pieza a fabricar; el siguiente paso es el troquelado y maquinado de la conexión; es decir, la formación de roscas y refinación de estas ya que las conexiones de latón por lo regular son para unir una pieza roscable a una tubería de cobre. No hay mayor problema para identificarlas, puesto que su color amarillo brillante es característico, aunque también pueden ser cobrizadas.

Todos estos tipos de conexiones se encuentran a la venta en el mercado y para nombrarlas existe una manera comercial de leerlas, dependiendo de sus diámetros nominales y de su tipo; normalmente una conexión que tiene el mismo diámetro en sus extremos, se nombra por la medida nominal y para el caso de conexiones con rosca, se debe indicar claramente el lado roscable, así como el tipo de rosca ya sea interior o exterior.

Comercialmente una conexión soldable y roscable a la vez, se identifica nombrando primero la unión soldable (unión a cobre) y posteriormente la unión roscable. (R. I. o R. E.) (Fig. 2.2.)

Conexión Soldable - Roscable

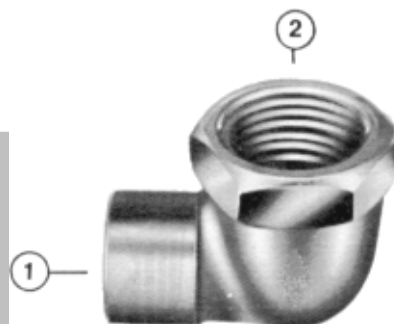


Fig. 2.2

Para las conexiones soldables con reducción, se da primero el diámetro mayor y luego el diámetro menor, esto es para el caso de coples reducidos, codos reducidos, etc.

En las té con reducción, se considera para su identificación lo siguiente: tomando en cuenta que tiene dos lados en línea recta se nombra primero el de mayor diámetro, luego el extremo opuesto y al último el diámetro del centro (Fig. 2.3.)

Conexión soldable con reducción

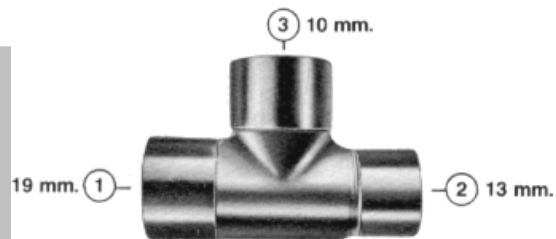


Fig. 2.3

6

CAPÍTULO

6. Protección de las tuberías de cobre

6.1. Corrosión

Debido a que la mayoría de los metales en su estado natural forman compuestos ; óxidos, sales, etc. ; la corrosión se puede definir como : “La tendencia de los metales a volver a su estado natural”; debe quedar de manifiesto que la corrosión es un fenómeno electroquímico, es decir que se presenta a través de una transferencia de electrones.

Aún cuando hay un gran número de factores que influyen en la corrosión de los metales, la mayor parte de ellos la afectan única-mente en cuanto a la cantidad y distribución de la misma. Químicamente podemos clasificar la corrosión en dos tipos :

- Ataque debido a la presencia de oxígeno.
- Ataque por ácidos oxidantes con desprendimiento de hidrógeno.

De acuerdo a la teoría electroquímica, para que empiece la corrosión es preciso tener un metal cuyo potencial sea diferente del potencial de los iones catódicos de la solución con la cual está en contacto. Los iones catódicos más comúnmente encontrados en las soluciones corrosivas naturales, son los de hidrógeno. De ahí que ordinariamente la tendencia de un metal hacia la corrosión es determinada por su potencial con respecto al hidrógeno.

En la tabla que se da a continuación se pueden encontrar los potenciales electroquímicos de los principales metales, se puede ver que la mayor parte de los metales comerciales son de potencial negativo con respecto al hidrógeno, en tanto que el cobre (Cu) es el único de ellos con potencial positivo, por lo cual, junto a la plata (Ag), mercurio (Hg), oro (Au) y platino (Pt) son denominado como **metales nobles**.

En consecuencia, el cobre, dentro de los metales comúnmente usados en la

fabricación de tuberías, es el que tiene la menor tendencia hacia la corrosión y permanece inafectado frente a condiciones que hacen que otros metales se corroan.

Serie de potenciales de los metales

Metal	Símbolo químico	Potencial (voltios)
Magnesio	Mg	- 2.40
Aluminio	Al	- 1.69
Manganeso	Mn	- 1.10
Zinc	Zn	- 0.76
Fierro	Fe	- 0.44
Cadmio	Cd	- 0.40
Níquel	Ni	- 0.25
Estaño	Sn	- 0.16
Plomo	Pb	- 0.13
Hidrógeno	H	± 0.00
Cobre	Cu	+ 0.35
Plata	Ag	+ 0.81
Mercurio	Hg	+ 0.86
Oro	Au	+ 1.38
Platino	Pt	+ 1.60

El potencial negativo es la disposición de ceder electrones (cátodo), y el potencial positivo la disposición de admitir electrones (ánodo).

Como se dijo anteriormente, la corrosión de un metal es generalmente una reacción electroquímica, que comprende la solución de un metal con iones en áreas anódicas y deposiciones de hidrógeno del electrolito en área catódica. La reducción del oxígeno para formar iones hidróxilo es la reacción catódica predominante en el cobre y sus aleaciones, de ahí que la presencia de oxígeno y otros agentes oxidantes sea esencial para causar la corrosión en estos metales. Como los iones en solución van unidos con iones hidróxilos metálicos, puede darse el caso de que formen un recubrimiento adherente y no poroso, que protegerá al metal de una corrosión ulterior, esta producción dependerá en gran escala de la solubilidad del producto de corrosión en el medio ambiente.

Por otro lado, en presencia de oxígeno, el cobre es el único metal que tiene la

propiedad de formar en su superficie una capa protectora de óxido y sulfato de cobre llamada **pátina**, que a diferencia de otros metales, que también lo hacen, es completamente lisa e insoluble en agua y en lugar de que afecte al metal lo protege contra el ataque del medio que lo rodea ; el poco óxido que al principio de la formación de la capa se llegara a desprender, no es perjudicial a la salud ya que por un lado el cobre es necesario al metabolismo humano y por otro, se requerirían tomar 22.5 litros de agua en tubería de cobre nueva para consumir la misma cantidad de cobre que contiene un plato de ostiones. Esto es contrario a otros tipos de tuberías metálicas en las que el óxido que forman puede tener concentraciones tales que lleguen a ser perjudiciales a la salud.

Frecuentemente, sobre la primera película (pátina) se depositan otras constituidas de sales cúpricas que generalmente mejoran la protección. Cuando por algún motivo, que puede ser inclusive un exceso de velocidad, se desprenda del tubo la película de óxido cuproso, ocasionaría que aumentase la corrosión de la tubería.

Hay otros tipos de corrosión que pueden sufrir ciertos metales y sus aleaciones dependiendo del medio y condiciones de trabajo, a continuación se describen.

6.2. Tipos de corrosión

6.2.1. Corrosión aérea

En la cual el electrolito es la capa condensada de aire, que cubre el metal.

6.2.2. Corrosión terrestre

En este tipo de corrosión, el electrolito está formado de una capa condensada de humedad, no proveniente de la atmósfera, sino del suelo donde está el material. La corrosión del cobre y sus aleaciones por el suelo, dependen de sus propiedades físicas y químicas de manera compleja.

Se han reconocido como causas de corrosión las siguientes :

- a) Aereación diferencial
- b) Ácidos y sales del suelo
- c) Distinta composición química y propiedades físicas del suelo, en contacto con un mismo metal
- d) Presencia en el suelo de materiales de desecho, cenizas, detritus, etc.
- e) Corrientes perdidas
- f) Bacterias anaerobias
- g) Par galvánico

Con exclusión de los tres últimos casos, las causas de corrosión residen en el suelo, el cual por sus propiedades físicas y químicas determina el ataque.

6.2.2.1. Propiedades físicas del suelo que influyen en la corrosión

Desde el punto de vista de la corrosión, son el conjunto de propiedades interdependientes, tales como la textura, estructura, porosidad, contenido de humedad, drenaje (filtración), etc., de las cuales depende la aereación del suelo.

6.2.2.2. Propiedades químicas del suelo que influyen en la corrosión

Interesa la composición del estrato acuoso, es decir, de las sales como cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, alcalinos y alcalino térreos, amonio, acidez y pH ; del conjunto de todas ellas depende la resistividad.

Concebida la corrosión metálica en un medio electrolítico como un fenómeno electroquímico, con áreas catódicas y anódicas discretas, la existencia de las mismas sería una consecuencia de heterogeneidad en el metal o en el medio de contacto con él. Causas a, c y f.

En las numerosas pilas en corto circuito que se forman, los ánodos y catódos están polarizados con concentración y sobre voltaje, en un grado que depende de la composición química del electrolito (sales del suelo), de la aereación del mismo (oxígeno) y

de la naturaleza del metal, las zonas donde el acceso de oxígeno es más fácil, cuando el metal es único, son siempre catódicas y ellas se comportan como un electrodo de oxígeno más o menos irreversible y las zonas donde el acceso de oxígeno es nulo o pequeño, son las zonas anódicas. La acidez total actúa en el sentido de mantener la superficie de los electrodos libres de depósito.

La velocidad con que los distintos tipos de suelo atacan al cobre, dependen en gran parte de la rapidez con que polarizan las áreas catódicas y anódicas.

6.2.3. Recomendaciones para evitar la corrosión química

Una regla fundamental que se deberá procurar respetar al instalar la tubería de cobre consiste en lo siguiente :

Nunca se debe instalar tubería de hierro galvanizado abajo de la tubería de cobre en dirección al flujo, esto con el propósito de evitar la corrosión del tubo de hierro por electrólisis, ya que el óxido de cobre que se llegue a desprender de la tubería y que llegara a depositarse en la superficie del tubo de hierro formaría **pares galvánicos**, sirviendo el agua como electrolito.

Debido a que la tubería de cobre no permite adherencias ni incrustaciones, el óxido de hierro no llega a depositarse en el tubo de cobre al colocar las tuberías a la inversa.

El **par galvánico** es un fenómeno electroquímico en el cual, al estar dos metales de diferente potencial electroquímico en contacto directo en un medio electrolítico, el metal menos noble (ánodo) tiende a disolverse.

En las instalaciones hidráulicas, tanto el agua como la humedad del aire pueden servir de electrolitos, por lo cual **se deberá evitar el contacto directo entre ambos metales (Cobre y Hierro).**

No obstante la gran resistencia a la corrosión de la tubería de cobre dentro de las instalaciones, es menester tomar algunas medidas preventivas.

Para anular o disminuir el indicio de corrosión de la tubería de cobre, la forma más eficaz es evitando el contacto directo, es decir, aislando la tubería de cobre.

Las condiciones de prevención que se mencionaran más adelante, son válidas solamente para situaciones donde el agente corrosivo no es muy agresivo. Para el caso de agentes más corrosivos es forzoso realizar un análisis metódico de los elementos que propician la corrosión y a partir de éste se define el mejor método de protección a utilizar.

6.2.4. Corrosión - erosión o corrosión por choque

Este tipo de corrosión, se presenta al hacer circular agua a velocidades inapropiadas. Cabe mencionar que el ataque es también de naturaleza electroquímica ; lo que sucede es que las altas velocidades del flujo interfieren en la formación de la película protectora, esto permite el ataque en forma desigual.

Desde el punto de vista práctico, no se consideran favorables velocidades que excedan 2.9 m/s para cobre en la mayoría de las aguas municipales.

Existen varios factores que incrementan susceptiblemente el ataque por choque y deberán evitarse. Entre los principales están los gases o sólidos atrapados, las turbulencias que se producen por cambios direccionales en las conexiones (codos, tes) lo cual ocasiona que queden porciones del metal desprotegidas adyacentes a ellas, provocando corrosión por el choque y perforaciones en la tubería.

La susceptibilidad del cobre a la corrosión - erosión, aumenta cuando el pH es menor a 6.8 y también en un medio altamente clorinado (ejemplo, agua de mar y salmuera).

Se deberá hacer una cuidadosa inspección antes de utilizar el tubo de cobre, tomando las precauciones necesarias para evitar que el tubo quede expuesto a la corrosión por picaduras ; siendo admisible que hasta ese momento se desconozcan las condiciones exactas de la superficie del tubo para evitarlas ; es aconsejable considerar que

cualquier depósito en la tubería que no sea óxido cuproso, sea considerado como sospechoso. Si se van a usar tubos en estas condiciones, deberán limpiarse para remover dicho material antes de instalarse.

Si existe merma o disolución de la película de óxido en el cobre, es seguro que haya un ataque generalizado, pudiendo evitarlo con la elevación del pH, que por lo regular es suficiente para reducir el ataque y desde luego a que el cobre del tubo entre en solución, manteniéndose a niveles muy bajos.

La corrosión por choque resulta cuando el flujo es lo suficientemente rápido para remover los iones de cobre antes de la formación de la película de óxido cuproso.

Considerando la naturaleza del fenómeno de corrosión por picadura y basado en las pruebas laboratorio, deberá haber una capa localmente interrumpida y eléctricamente conductora, sobre la zona de ataque como condición para perforaciones. Dicha membrana está compuesta por lo general de óxido cuproso, actuando en su parte inferior como ánodo y en la parte superior como cátodo.

Los iones de Cu^+ (monovalentes) que se desarrollan en una picadura pueden ser oxidados a iones Cu^{++} (bivalentes) en la parte inferior de la capa. Con el cobre metálico, los iones Cu^{++} forman además iones Cu^+ manteniéndose así el ciclo. Una parte de los iones Cu^+ , atraviesa la capa; siendo oxidados por el oxígeno del agua, cayendo así a su forma bivalente, parcialmente como una sal básica, ésta hace que se forme una “marca de viruela” en la parte superior de la picadura. El resto de la capa en su parte superior, se ha convertido catódica, así reduce el ion monovalente y continua su participación en el ciclo, asegurando el flujo de la corriente a través capa. La fuerza creada es la diferencia de concentración de iones de Cu^+ entre la parte interior de la perforación y la exterior que la rodea. La concentración de iones Cu^{++} no tiene influencia.

Las condiciones para iniciar la corrosión por picadura, son capas de óxido cuproso, con inclusiones de cloruro de cobre entre el óxido y el metal base.

6.3. Corrosión microbiológica de las tuberías de cobre

En general, la mayoría de los suelos contienen una enorme población de microorganismos, tanto en número como en diversidad; bacterias, hongos, algas y otros, son de los grupos mayormente encontrados en los suelos.

Entre los miles de microorganismos, solamente algunos han sido realmente considerados como agentes corrosivos biológicos. Estos tienen forma de barra o coma, los cuales traen como consecuencia transformaciones en el azufre (S). El primer grupo de estas bacterias, es el *Thiobacilli*, una bacteria aerobia, esto es que requiere la presencia de aire para crecer.

Elas son también únicas en el mundo microbiológico, porque obtienen su energía de la oxidación del azufre elemental, como el tiosulfato y en algunos casos, de los politionatos, sulfuros y sulfitos. El producto final de su oxidación, es el ácido sulfúrico, que puede ser formado en cultivos con pH tan bajo como 0.7.

El segundo grupo de estas bacterias “azufre”, son estrictamente anaerobias, esto es que no requieren del oxígeno para crecer. En ocasiones se encuentran aparentemente creciendo en un ambiente rico en oxígeno, ya que utilizándolo provoca el ambiente anaerobio requerido. Estas bacterias anaerobias, pueden reducir compuestos de azufre oxigenados, como sulfatos, ceder sulfuro si existe una fuente de electrones o si el hidrógeno está presente.

Este grupo de bacterias reductoras de sulfato, se divide en dos: un grupo que produce esporas, cuerpos minúsculos resistentes que se forman en la celda bacterial y las bacterias que no forman esporas.

Las que forman esporas han sido clasificadas en un nuevo género, *Sulfotomcaulum*. Algunos de estos organismos son termofílicos, o sea que requieren altas temperaturas (45° C a 55° C) para crecer.

Las bacterias no formadoras de esporas del tipo reductoras de sulfato, son miembros del género *Disulfovibrio*, requieren de un pH favorable, son más comunes para la gente relacionada en el campo de la corrosión. La habilidad de estas bacterias a utilizar hidrógeno molecular como un electrón donador, forma la parte esencial de la teoría de la despolarización catódica de la corrosión anaerobia.

En adición a las condiciones anaerobias de hidrógeno donado y otros nutrientes, las *Disulfovibrio* requieren de un pH favorable, se ha demostrado que debe estar entre 6.5 a 8.0 con rango límite de 5.5 a 9.0.

Aparte de este grupo de bacterias de azufre, un gran número de otras bacterias están asociadas con la corrosión microbiológica y muchos de estos organismos están también asociados con reductores de sulfato, otras llamadas bacterias de hierro que oxida compuestos de hierro.

6.4. Corrosión por electrólisis de corrientes derivadas

A la electrólisis se le atribuye frecuentemente la corrosión de la tubería del subsuelo, cuando en realidad, la dificultad se debe enteramente a las condiciones del terreno.

No obstante, casos reales de este tipo de corrosión están siendo grandemente disminuidos con el empleo de mejores métodos en la distribución de la energía y la moderna tendencia de reemplazar los tranvías eléctricos.

En contraste con otras clases de corrosión, los materiales y las condiciones del ambiente son de importancia en este caso. La forma más efectiva de prevenirla es por medio del control de las corrientes directas, línea a tierra o el empleo de juntas aisladas, si se sabe que la electrólisis tiene efecto perjudicial sobre el tubo de cobre, estas medidas preventivas pueden ser empleadas en forma efectiva con él.