



Por Bruce I. Nelson, P.E., President

### Evaporadores para Áreas de Procesamiento de Alimentos

#### Introducción

El control de patógenos en instalaciones de procesamiento de alimentos juega una parte importante en garantizar la seguridad de nuestros suministros de alimentos. Entre otros requerimientos, la USDA exige que el equipo sea limpiado cuidadosamente para remover manchas y después sanitizado para desinfectar las superficies. Con frecuencia estos dos procesos involucran químicos, los cuales, si no son seleccionados y aplicados adecuadamente, tienen el potencial de corroer y dañar las superficies de metal de los evaporadores. Este boletín técnico discute las fuentes de corrosión, la resistencia a la corrosión de varios metales usados en evaporadores y hace recomendaciones de acuerdo con la selección de la construcción del serpentín y acompañamiento apropiado de desinfectantes y limpiadores químicos para el ambiente en operación.

#### Construcción del Evaporador

Los evaporadores industriales de Colmac Coil pueden ser fabricados con una variedad de materiales de tubos y aletas para cumplir los requerimientos del fluido de trabajo (refrigerante), ambiente operativo y los requerimientos de costo inicial del proyecto.

##### Materiales de Tubos:

- Aluminio (3003)
- Cobre (no adecuado para amoníaco)
- Acero Inoxidable (304L, 316L)
- Acero al Carbón – Galvanizado en Caliente después de fabricación

##### Material de Aletas:

- Aluminio (1100, 8006, AlMg2.5)
- Aluminio con Recubrimiento Epoxico
- Cobre
- Aleación Anti-microbial
- Acero Inoxidable (304L, 316L)
- Acero al Carbón – Galvanizado en Caliente después de fabricación

##### Combinaciones Disponibles (Tubos/Aletas):

- Aluminio / Aluminio
- Acero Inoxidable / Aluminio
- Acero Inoxidable / Aluminio con Recubrimiento Epoxico
- Cobre / Aluminio
- Cobre / Aluminio con Recubrimiento Epoxico
- Cobre / Cobre
- Acero Inoxidable / Anti-microbial
- Acero Inoxidable / Acero Inoxidable
- Acero al Carbón / Acero al Carbón – Galvanizado en Caliente después de fabricación

En general, los listados de arriba muestran los materiales y combinaciones en orden ascendente de acuerdo con el costo inicial siendo el aluminio el material más barato. El aluminio también es el más ligero de los metales que se nombraron y es más conductivo termodinámicamente que cualquiera de los materiales listados excepto por el cobre.



## Technical Bulletin

### Corrosión

Los evaporadores que se usan en sistemas de congelación de alimentos o cuartos de procesos pueden entrar en contacto con alimentos, aditivos para alimentos y sazonzadores de alimentos. Todos estos productos alimenticios son ácidos en diferentes grados. Los tipos comunes de ácidos en alimentos incluyen:

- Ácido Acético (frutas y berries, así como vinagre)
- Ácido Cítrico (frutas cítricas)
- Ácidos Grasos (grasas y aceites)
- Ácido Lácteo (productos de leche agria, pan de masa fermentada)

Cuando las cebollas son cortadas estas liberan gases cargados de azufre los cuales cuando se oxidan y combinan con agua para formar ácido sulfúrico – esto es lo que causa la sensación de comezón en tus ojos. Las cebollas también contienen ácido fosfórico. La conservación de vegetales en vinagre (ácido acético) también puede producir un ambiente operativo muy ácido.

Los aditivos y sazonzadores de alimentos, junto con varios químicos que son aplicados a los alimentos para controlar la decoloración, duración, etc., son muchos para mencionarse aquí, pero solos o en combinación pueden crear condiciones de corrosión. Es importante definir y entender la química de estos aditivos y sazonzadores y factorizarlos en el proceso de selección del material del serpentín. Uno de los sazonzadores más comunes usado para condimentar así como preservar alimentos es el cloruro de sodio. Se verá a continuación que ciertos metales, que mientras tienen buena resistencia a la corrosión sobre un alto rango de condiciones de pH, exhiben picaduras de corrosión en presencia de iones de cloruro.

Condiciones corrosivas también pueden resultar de la fumigación de cuartos para desinfección. El dióxido de azufre se usa comúnmente en instalaciones de almacenamiento de uvas para eliminar hongos y moho. El gas de dióxido de azufre combinado con agua forma ácido sulfúrico el cual es altamente corrosivo para el acero. El dióxido de cloro es otro gas usado en equipamiento y cuartos para desinfectar y esterilizar superficies. Si no se aplica correctamente, puede resultar en daños severos a las superficies de acero inoxidable (esto ha sido presenciado por el autor).

En general, aluminio, cobre y acero inoxidable todos exhiben buena resistencia a la corrosión a condiciones levemente ácidas mientras que el acero galvanizado inmediatamente se corroerá en cuanto se expone a las mismas condiciones.

### Limpieza y Desinfección

El proceso de limpieza se define como la eliminación de suciedad orgánica (grasas y aceites) y/o suciedad inorgánica (incrustaciones minerales o manchas). El proceso de desinfección se define como el tratamiento de limpieza a las superficies para matar o eliminar efectivamente los patógenos. La USDA exige que estos dos procesos sean hechos por separado.

Los químicos usados para limpieza y desinfección en la industria de procesamiento de alimentos abarcan en cuatro categorías generales:

1. Ácida
2. Fuertemente Alcalina
3. Medianamente Alcalina
4. A Base de Cloro



## Technical Bulletin

Hay muchos fabricantes de químicos para limpieza y desinfección, cada fabricante tiene sus propios arreglos de formulaciones complejas y patentadas diseñadas para productos alimenticios y procesos específicos. La intención de este artículo no es la de dar un resumen de los fabricantes y sus productos, sino de describir en términos generales los efectos de las categorías de químicos y su pH en varios metales usados en serpentines de evaporadores.

Los efectos de estos químicos limpiadores y desinfectantes en la superficie de los evaporadores serán determinados por un número de factores:

- Concentración de la solución
- Aplicación apropiada y completa
- Tiempo de incubación/remojo adecuado
- Temperatura adecuada
- Enjuague completo y a fondo con agua después de la limpieza y sanitizado

### Resistencia a la Corrosión de Metales

#### Aluminio

El aluminio es un metal ligero, fuerte, térmicamente conductor que puede ser aleado con un número diferente de elementos para producir variaciones en fuerza, ductilidad, facilidad para soldadura y más. Tiene un amplio uso en industrias como la automotriz, aeroespacial y naval, es usado como un material de construcción para contenedores de bebidas, bates de béisbol y más. Debido a su peso ligero, alta conductividad térmica y resistencia a la corrosión, se usa extensamente en intercambiadores de calor de muchos tipos. Es compatible con todos los refrigerantes incluido el amoníaco, de hecho el amoníaco anhidrido pasiva las superficies de aluminio.



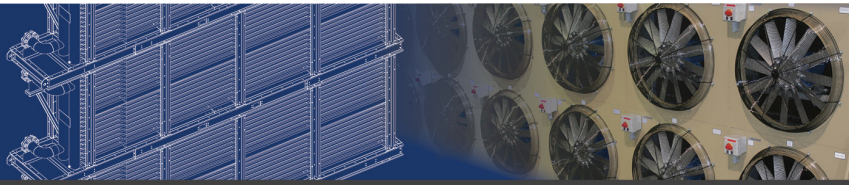
#### **Aletas de aluminio severamente corroídas por la aplicación de químicos de limpieza altamente alcalinos (pH > 9.0).**

En presencia del aire, el óxido de aluminio se forma muy rápido para proteger la superficie de metal. Esta capa de óxido es muy estable

y tenaz y muy resistente a la corrosión cuando  $4.0 < \text{pH} < 9.0$ . Sin embargo, el óxido de aluminio se disuelve y la superficie de metal se corroerá rápidamente, visto como picaduras y pérdida del metal cuando es expuesto a limpiadores alcalinos fuertes ( $\text{pH} > 9.0$ ) tales como hidróxido de sodio (sosa caustica). La capa de óxido también es atacada por limpiadores altamente ácidos ( $\text{pH} < 4.0$ ) y químicos sanitizadores a base de cloro.

#### Acero Inoxidable (304L, 316L)

El acero inoxidable es ampliamente usado en la industria de procesamiento de alimentos debido a su alta fuerza de tensión y resistencia a la corrosión. El cromo en el acero inoxidable forma una capa pasiva muy densa la cual es generalmente muy estable sobre un amplio rango de pH. El óxido resiste a la corrosión de limpiadores alcalinos fuertes como el hidróxido de sodio (sosa caustica) y en presencia de la mayoría de los ácidos.



## Technical Bulletin

Mientras que el acero inoxidable tiene una reputación de ser prácticamente indestructible y ser capaz de soportar cualquier ambiente abrasivo, la capa de pasivado del acero inoxidable puede ser atacada por ciertos tipos de químicos. Los iones de cloro  $Cl^-$  es el más común de estos y es encontrado en la mayoría de los materiales tales como sal y blanqueadores. Las sales halógenas, principalmente cloro así como cloruro de sodio, penetran la capa de oxido pasivada y pueden surgir picaduras y/o grietas por corrosión bajo tensión. Expuesto a hipoclorito de sodio (blanqueadores) o soluciones de ácido clorhídrico en concentraciones lo suficientemente altas dará como resultado picaduras y/o grietas por corrosión bajo tensión. Es interesante notar que esa susceptibilidad del acero inoxidable al cloro es prácticamente hablando independiente del pH.

### Cobre

La capa de óxido en las superficies de cobre se forma rápidamente en presencia del aire y es muy estable en un amplio rango de pH. El color de la capa de oxido va desde café a verde y es conocida como "patina". El cobre es catódico para la mayoría de los metales (acero, acero inoxidable, aluminio y zinc) y por lo tanto la corrosión galvánica ocurre muy lentamente.

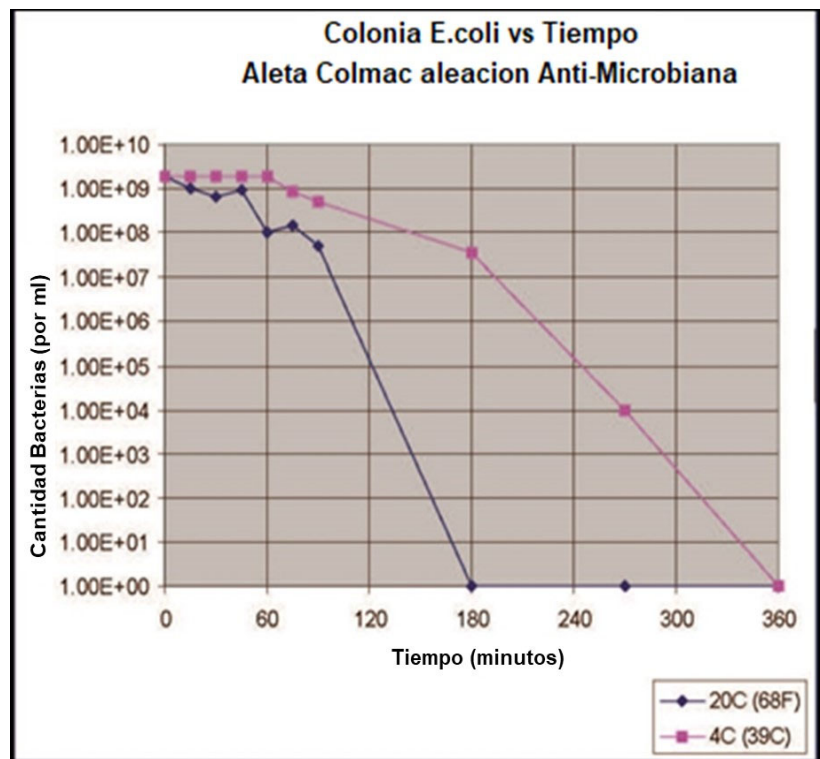
Las grietas por corrosión bajo estrés aparecen rápidamente cuando se expone el cobre al amoniaco y al compuesto denominado aqua-amonia. Obviamente esto lo hace inadecuado para su uso en tuberías, intercambiadores de calor y otros componentes que estén en contacto con el amoniaco.

La mayoría de la tubería de cobre es unida por soldadura con aleaciones de plata. Mientras que el cobre es resistente a ambientes ácidos, los componentes de la aleación de soldadura – especialmente fosforo- puede que no. Por ejemplo, en ambientes de bajo pH como almacenamiento de uvas donde usan dióxido de azufre para fumigación, o cuartos de maduración de cítricos, es importante especificar que solo aleaciones de soldadura sin fosforo se pueden usar en serpentines de cobre.

### Aleación de Aletas Anti-microbial

La patentada aleación de este metal, cuando es usada para fabricar aletas, ha mostrado una resistencia a la corrosión similar al acero inoxidable, pero con un desempeño y conductividad térmica similar al aluminio. Esta aleación especial también muestra un comportamiento anti-microbial. Se ha mostrado en pruebas que el conteo de colonias de bacterias cultivadas y colocadas en la superficie de este material se aproxima a cero en tan solo 2-3 horas. Los patógenos no pueden existir en la superficie de este material de aleta.

Las aletas Anti-microbial están disponibles como opción para tubos de acero inoxidable o para cualquier evaporador o enfriador de Colmac Coil.



**Aleta Colmac Anti-Microbial mata patógenos en forma activa**



## Technical Bulletin

### Acero Galvanizado

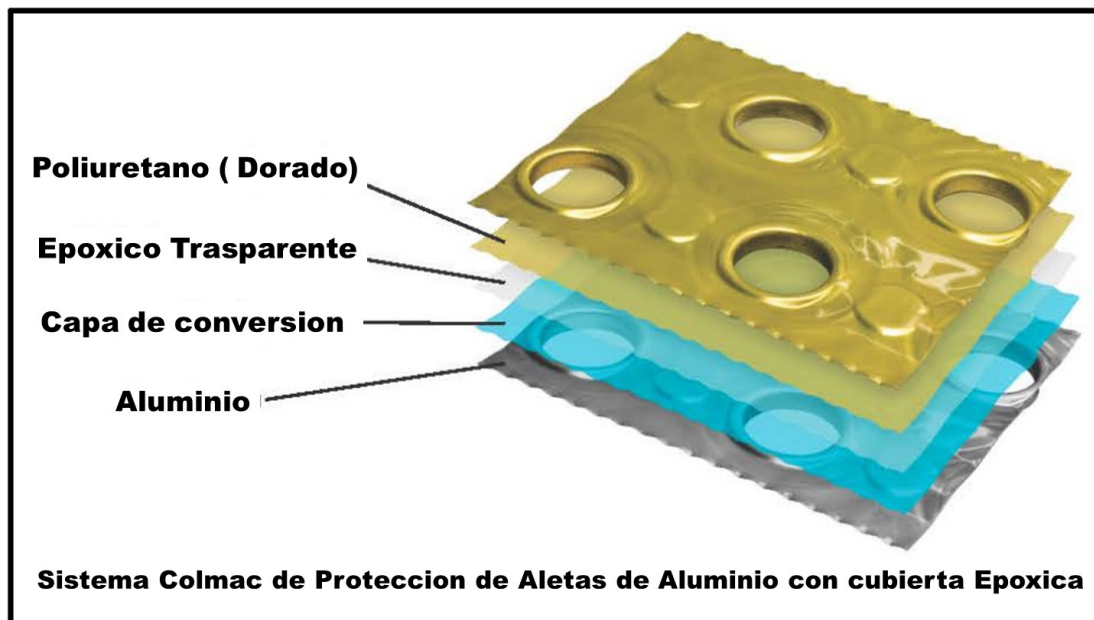
En el pasado los evaporadores industriales de amoniaco tradicionalmente eran hechos de acero al carbón con galvanizado en caliente (aplicación de zinc fundido) de tubos y aletas después de fabricación. La capa de óxido de zinc se forma rápidamente en la superficie del serpentín y es estable dentro de un rango de  $7.0 < \text{pH} < 12.0$ .

La construcción de acero galvanizado se corroe rápidamente cuando es expuesto a soluciones acidas, incluso soluciones medianamente acidas tales como hipoclorito de sodio. Consecuentemente, este tipo de construcción es muy difícil de desinfectar y por lo tanto ha quedado abandonado en los últimos años con el aumento en la concentración del control de patógenos.

Sin embargo, debido a la resistencia a la corrosión del acero galvanizado a limpiadores altamente alcalinos tales como hidróxido de sodio (sosa caustica) este tipo de construcción es aún muy popular en algunas instalaciones de procesamiento de carne donde grandes acumulaciones de grasa y aceites tienen que ser removidos durante la limpieza.

### Aluminio con Cubierta Epoxica

Colmac Coil ofrece aletas hechas de aluminio con recubrimiento epoxico como opción para todos los evaporadores y enfriadores.



El recubrimiento de aletas ofrece los siguientes beneficios:

- Mas de 300% resistencia a la corrosión que las aletas de aluminio común.
- Alta conductividad térmica con una penalidad despreciable en la transferencia de calor.
- Flexible – no se quebrará y agrietará.
- Altamente resistente a la abrasión.
- El recubrimiento no promueve la expansión de microorganismos.

El Sistema de recubrimiento (EPPU) consiste en una base de aluminio preparada con una capa de conversión química recubierta con una capa epóxica incolora y un recubrimiento superior de poliuretano al final.



## Technical Bulletin

Las pruebas del recubrimiento han mostrado los siguientes resultados.

- Resistencia Calorífica: 200 grados C/5 min
- Resistencia a solventes: Tricloroetileno (85 Grados C/5 min), Percloroetileno (120 Grados C/30 min)
- Prueba de Sal Espreada (ASTM B117): >1,000 h
- Prueba Kesternich (ISO 3231): > 15 ciclos
- Prueba de Humedad (DIN 50017): Sin degradación ni corrosión
- Resistencia UV (ASTM G154): OK

### Limpiadores y Desinfectantes Químicos

Dos grupos generales de químicos para limpieza, alcalinos y ácidos, son usados para remover suciedad de las superficies del evaporador. Limpiadores alcalinos son efectivos para eliminar grasas mientras que los limpiadores ácidos son usados para remover minerales e incrustaciones.

Cuando se limpian las superficies del evaporador usualmente estos limpiadores son suministrados comúnmente en forma de espuma que causa que los químicos se adhieran y se peguen a superficies verticales para mantener mayor tiempo en contacto.

La cantidad y concentración de los productos químicos de limpieza utilizados es importante junto con la temperatura de la solución. Un tiempo de remojo más largo requiere una menor concentración de la sustancia química. Las temperaturas más cálidas del agua / solución también requieren una menor concentración de la sustancia química. El enjuague con agua limpia es crítico después de limpiar y desinfectar para evitar la acumulación y las altas concentraciones de la sustancia química que se deposita en las grietas e inicia los ciclos de corrosión. A pesar de que los productos químicos se aplican en la concentración correcta con un pH en el rango aceptable, un enjuague negligente después de limpiar y desinfectar completamente puede aumentar la concentración de productos químicos en las grietas, ya que las superficies de los serpentines se secan y pueden provocar corrosión en las grietas. ¡El enjuague adecuado es crítico!

El hipoclorito de sodio (blanqueador con cloro) se usa ampliamente como un químico desinfectante y es efectivo para matar patógenos en superficies metálicas. Desafortunadamente, las altas concentraciones de hipoclorito de sodio causarán corrosión por picadura en las superficies de acero inoxidable. Además, si se deja que el pH de la solución de hipoclorito de sodio caiga por debajo de 4.0, el óxido de aluminio comenzará a disolverse y las superficies de aluminio se corroerán. Por lo tanto, no se recomienda el uso de hipoclorito de sodio en ningún serpentín de evaporador Colmac Coil.

Afortunadamente, hay numerosos productos químicos de limpieza y desinfección disponibles que son compatibles con los diversos tipos de construcción de los serpentines de evaporadores mencionados anteriormente. Algunos se enumeran a continuación de acuerdo con la superficie metálica que se limpia y desinfecta. **ADVERTENCIA:** El proveedor de los productos químicos de limpieza y desinfección que se utilizarán debe ser consultado y sus pautas de aplicación deben seguirse cuidadosamente con respecto a los productos químicos y procedimientos utilizados para un tipo dado de construcción de serpentines. Es responsabilidad del proveedor de productos químicos y del usuario final seleccionar y aplicar correctamente los productos químicos de limpieza y desinfección para evitar daños en las superficies de los serpentines debido a la corrosión.



## Technical Bulletin

### Limpiadores y Desinfectantes Recomendados

1. Tubos de Aluminio o Acero Inoxidable con Aletas de Aluminio planas o con tratamiento epoxico
  - a. Limpieza
    - i. De suelo orgánico (Grasas y Aceites)
      1. Use un limpiador alcalino espumoso con  $\text{pH} < 9.0$
      2. Ejemplo: ZEP FS Strike Three (A base de Hidróxido de Potasio)
    - ii. De suelo mineral (Minerales y Sarro)
      1. Use un limpiador espumoso ligeramente ácido  $\text{pH} > 4.0$
      2. Ejemplo: ZEP FS Strike Three (A base de Hidróxido de Potasio)
  - b. Desinfección
    - i. Aplicación por esparado
      1. Use Acido Peracetico o Cuaternario de Amonio con  $\text{pH} > 4.0$
      2. Ejemplo: ZEP FS Amine A, FS Amine Z
      3. Nota: NO UTILIZE Blanqueadores de Cloro a base de Hipoclorito de Sodio para la limpieza o desinfección en superficies de acero inoxidable o de aluminio.
2. Tubos de Acero Inoxidable con Aletas de Acero Inoxidable o Anti-Microbial
  - a. Limpieza
    - i. De suelo orgánico (Grasas y Aceites)
      1. Use un limpiador alcalino espumoso con  $\text{pH} < 12.0$
      2. Ejemplo: ZEP FS Strike Three (A base de Hidróxido de Potasio) o Hidróxido de Sodio (Sosa Caustica)
    - ii. De suelo mineral (Minerales y Sarro)
      1. Use un limpiador espumoso ligeramente ácido  $\text{pH} > 4.0$
      2. Ejemplo: ZEP Formula 7961 (A base de Ácido Fosfórico)
  - b. Desinfección
    - i. Aplicación por esparado
      1. Use Cuaternarios de Amonio con  $\text{pH} > 4.0$
      2. Ejemplo: ZEP FS Amine Z
      3. Nota: NO UTILIZE Blanqueadores de Cloro a base de Hipoclorito de Sodio para la limpieza o desinfección en superficies de acero inoxidable y alteas anti-bacteriales.
3. Acero Galvanizado
  - a. Limpieza
    - i. De suelo orgánico (Grasas y Aceites)
      1. Use un limpiador alcalino espumoso con  $\text{pH} < 12.0$
      2. Ejemplo: ZEP FS Strike Three (A base de Hidróxido de Potasio) o Hidróxido de Sodio (Sosa Caustica)
    - ii. De suelo mineral (Minerales y Sarro)
      1. Muy difícil de remover en superficies de acero galvanizado
      2. ¡NO UTILIZE productos ácidos químicos de limpieza!
  - b. Desinfección
    - i. Muy difícil de desinfectar superficies de acero galvanizado
    - ii. ¡NO UTILIZE productos desinfectantes a base de ácidos químicos!



## Technical Bulletin

### Conclusión

Los serpentines evaporadores utilizados por los fabricantes originales de túneles de congelación y en enfriadores de aire instalados en plantas de procesamiento de alimentos, a menudo entran en contacto con alimentos, aditivos alimentarios y condimentos alimenticios, algunos de los cuales pueden ser bastante corrosivos para ciertos metales. Los serpentines también se exponen regularmente a agresivos productos químicos de limpieza y desinfección utilizados para controlar los patógenos, que también pueden provocar condiciones corrosivas. La selección de los materiales adecuados para la construcción de los serpentines idóneos para el entorno operativo ha sido el tema de este artículo. Es particularmente importante comprender el efecto de la limpieza y desinfección de productos químicos en las superficies metálicas, y trabajar en estrecha colaboración con los proveedores de productos químicos para seleccionar y aplicar adecuadamente estos productos químicos. Seguir las pautas presentadas anteriormente ayudará a prevenir daños a los serpentines del evaporador debido a la corrosión, mientras que controla con éxito los patógenos.

For more information contact Colmac Coil Manufacturing, Inc.  
[www.colmaccoil.com](http://www.colmaccoil.com) | P: 800.845.6778 or 509.684.2595  
PO Box 571 | Colville WA. 99114-0571  
Copyright© 2020 Colmac Coil Manufacturing, Inc.