

# Inhibidores de corrosión VCI durante periodos de hibernación y paradas

**Jesús Orte Crespo**

Director técnico Quimilock S.A.

El presente escrito muestra diferentes sistemas de protección anticorrosiva mediante el uso de inhibidores de corrosión en fase vapor (VCI), durante periodos de parada y de hibernación en elementos industriales.

#### PALABRAS CLAVE

Monomolecular, Almacenaje, Inertización

The present paper shows different systems of anticorrosive protection through the use of vapor phase corrosion inhibitors (VCI) during periods of shutdown and hibernation in industrial elements.

#### KEYWORDS

Monomolecular, Storage, Inertization

En el pasado la necesidad de llevar a cabo una protección anti-corrosiva temporal de equipos o circuitos dentro de una planta durante una parada no era muy habitual; en la actualidad, la realidad es totalmente distinta: las variaciones en la producción pueden pasar del 80 % al 50 %, para luego mejorar hasta un 90 % en periodos cortos o largos, y, aunque a veces podemos anticiparnos a estas variaciones en nuestra producción, existen fluctuaciones incontrolables.

Ante este tipo de situaciones, no tiene ningún sentido el trasladar un equipo a un entorno en el cual podamos controlar su almacenaje para luego retornarlo y volverlo a poner en servicio, siendo aún más complejo cuando se trata de líneas de producción o de plantas completas.

El acometer este tipo de protecciones anticorrosivas implica una cantidad significativa de investigación, ya que debe de ser, en primer lugar, efectiva, a veces en una enorme horquilla de tiempo (podemos tener equipos que necesiten ser protegidos durante periodos inciertos de tiempo); en segundo lugar, sencillos de aplicar y eliminar (siendo preferible no tener que eliminarlos para la posterior puesta en servicio), y, en tercer lugar seguros en su aplicación y medioambientalmente aceptables.

En el presente documento pasaremos revista a los sistemas de protección basados en el uso de inhibidores de la corrosión en fase vapor para esta tarea en cuestión, agrupando en función del tipo de inhibidor de corrosión en fase vapor (VCI) usado y explicando sus aplicaciones más comunes.

## LOS INHIBIDORES DE CORROSIÓN EN FASE VAPOR

Un inhibidor de corrosión en fase vapor (VCI) tiene, a diferencia de los inhibidores de corrosión tradicionales por contacto, una elevada presión de vapor, y consigue, además de mediante el contacto directo, proteger zonas inaccesibles gracias a su fase vapor.

Básicamente, este tipo de inhibidores se presentan en un portador que desprende vapor en el interior de un espacio cerrado en el que se encuentra el material metálico a proteger. Este vapor se deposita sobre la superficie metálica, adsorbiéndose sobre la misma y formando una capa mono-molecular sobre las áreas anódica y catódica (se trata de un inhibidor de corrosión mixto), impidiendo el acceso de atacantes externos y la transferencia electrónica. Cualquier factor que de lugar a una alteración de la capa de inhibidor formada no representará problemática alguna, debido a que el film se renueva automáticamente, manteniendo una protección continua mientras exista producto en el portador (Figura 1)

La adsorción en este tipo de inhibidores tiene lugar gracias a su grupo funcional polar que se fija sobre el metal, mientras que el grupo no polar o hidrofóbico se orienta perpendicularmente a la superficie metálica. Esta parte hidrofóbica no solamente repele los fluidos acuosos corrosivos, también reaccionan entre sí formando agregados que generan una capa aun más impermeable. La unión física mediante adsorción sobre diferentes metales se puede calcular mediante la ecuación de adsorción de Langmuir (ecuación 1), donde la entalpía de adsorción se encuentra entre -10 a -16 KJ/mol para este tipo de compuestos.

$$\theta = \frac{\alpha * P}{1 + \alpha * P} \quad (1)$$

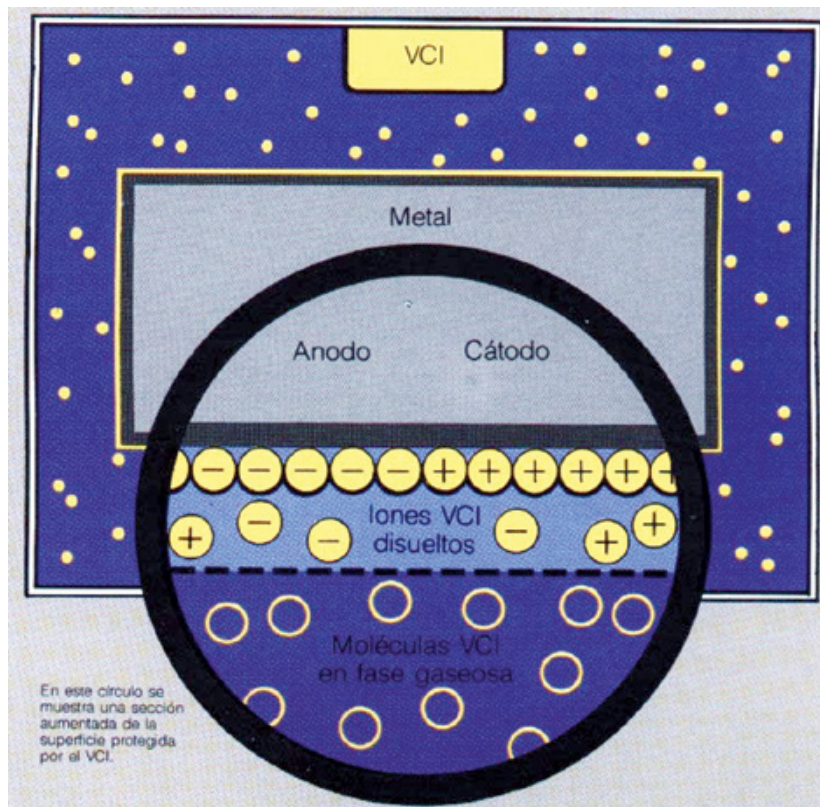
Donde:

$\theta$ : Fracción de superficie cubierta

$\alpha$ : constante

$P$ : presión del gas

**FIGURA 1.** Esquema que muestra de un modo gráfico el mecanismo de actuación de las moléculas de VCI sobre la superficie metálica. Se detalla la ordenación, a modo de capa monomolecular, en la cual se disponen cada una de las moléculas de VCI que han condensado sobre la superficie



Existen varios grupos de inhibidores de corrosión en fase vapor. En este caso, en lugar de los peligrosos inhibidores de corrosión basados en nitritos o aminas secundarias, la tecnología actual utiliza aminocarboxilatos. Se trata de sales con un pH cercano a la neutralidad, y relativamente baja presión vapor, haciendo de ellos un sistema seguro para el medioambiente, fáciles de manejar y no inflamables (Figura 2).

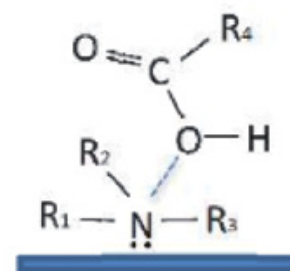
Entre las grandes ventajas que presentan este tipo de inhibidores de corrosión cabe destacar:

1°.- **Accesibilidad.** En la mayoría de los casos no es preciso aplicarlo sobre el metal a proteger: el mismo vapor llega hasta el metal y lo protege.

2°.- **Autoregenerable.** En caso de apertura del lugar donde se encuentra el compuesto o alteración de la

» Podemos tener equipos que necesiten ser protegidos durante periodos inciertos de tiempo

**FIGURA 2.** Ilustración de las interacciones moleculares de un inhibidor tipo aminocarboxilato.  $R_{1,2,3}$  Son grupos alquílicos y  $R_4$  es la parte hidrofóbica



capa hidrofóbica por otra razón, el mismo vuelve a regenerar esta al alcanzar de nuevo el equilibrio.

3°.- **Multimetalo.** Es muy importante en equipos donde existen diferentes metales que el inhibidor de corrosión usado actúe con la misma eficacia en todos los casos y, sobre todo, que no ataque a ningún material.

4°.- **Mantenimiento.** Existen métodos de hibernación y parada que necesitan de un seguimiento continuo; los VCI son sistemas bastante cómodos en este aspecto.

### CLASIFICACIÓN DE PORTADORES VCI

La siguiente clasificación tiene como

objetivo el ser una breve guía para entender la variedad de portadores existentes con inhibidores de corrosión en fase vapor VCI y sus aplicaciones más habituales en paradas y almacenajes en plantas industriales.

#### CLASE I: VCI FILM FINO

Descripción: VCI suministrado en un portador en solución usando un solvente o agua como medio portador. Tras la aplicación del producto, por mojado de la superficie, el solvente se evapora dejando un film fino. Este film puede o no ser necesario eliminarlo para poner el equipo en uso.

Método de aplicación: Mediante brocha, rodillo o spray.

Limitación ambiente: Almacenaje interior.

Periodo de protección: Mayor de 20 meses.

Ejemplos de aplicación: Los inhibidores de corrosión VCI de este tipo, base agua, son usados generalmente para, mediante el mojado del interior de equipos metálicos de gran tamaño y de acceso sencillo, como, por ejemplo, depósitos, realizar su función protectora. Esto se lleva a cabo en una dosificación determinada por el tiempo de protección requerido; generalmente son eliminados posteriormente durante las pruebas hidráulicas.

En el caso de inhibidores en base solvente, el uso habitual es el mojado y protección de componentes que no puedan estar en contacto con agua o que necesiten una rápida evaporación; un caso habitual es la protección, mediante un spray, de tarjetas electrónicas en cuadros eléctricos ventilados.

#### CLASE II: GRASA

Descripción: El VCI se suministra en el interior de una grasa.

Método de aplicación: Pistola de grasa o manual.

Limitación ambiente: Interior y exterior bajo techo.

Periodo de protección: Mayor a 24 meses.

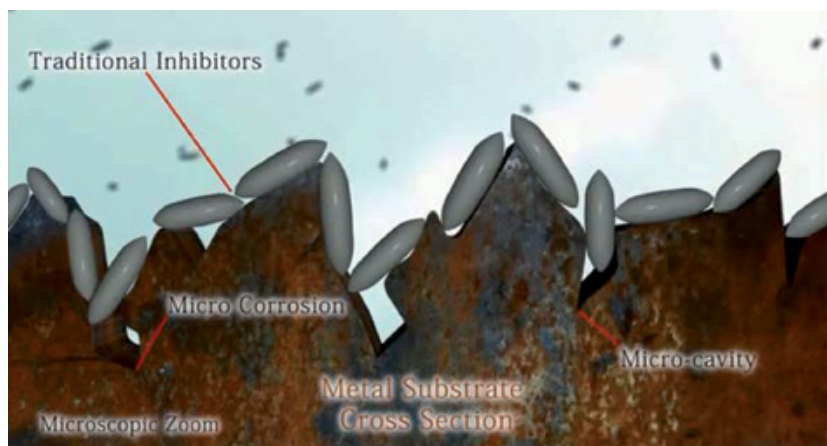
Ejemplos de aplicación: Se usa en rodamientos, almohadillas y cojinetes.

FIGURA 3. Protección temporal en una válvula



» Los VCI son sistemas bastante cómodos en cuanto a mantenimiento

FIGURA 4. Ejemplo de disposición de un inhibidor tradicional sobre un metal. El tamaño del inhibidor impide el acceso completo a toda la superficie del metal



En ausencia de humedad y de decoloración, no es necesario eliminarlo para el uso de las piezas protegidas, y el mismo portador realiza la función de lubricación.

### CLASE III: BASE PETRÓLEO

Descripción: Material base petróleo conteniendo VCI. Proporciona la protección en exteriores y mantiene las propiedades de autocurado del film portador. El recubrimiento se elimina fácilmente.

Método de aplicación: Brocha, rotillo, inmersión o spray.

Limitación ambiente: Interiores, exteriores bajo techado y exteriores.

Periodo de protección: Mayor de 36 meses.

Ejemplos de aplicación: Este tipo de producto se usa para la protección, sobre todo a la intemperie, de equipamiento en el que posteriormente necesitamos eliminar fácilmente la protección aplicada. La película que generalmente nos proporciona el portador es seca, quedando dura al tacto y manteniendo una alta resistencia; sin embargo, puede ser eliminada fácilmente con un detergente adecuado para luego poner de nuevo en marcha (Figura 3).

### CLASE IV: RECUBRIMIENTO SECO

Descripción: Este tipo de portadores combinan inhibidores VCI con inhibidores de contacto, se presentan como pinturas o en concentrados para ser disueltos en un solvente. Tras la evaporación del solvente deja un film seco al tacto. La protección depende del espesor del film y de la integridad de la pintura.

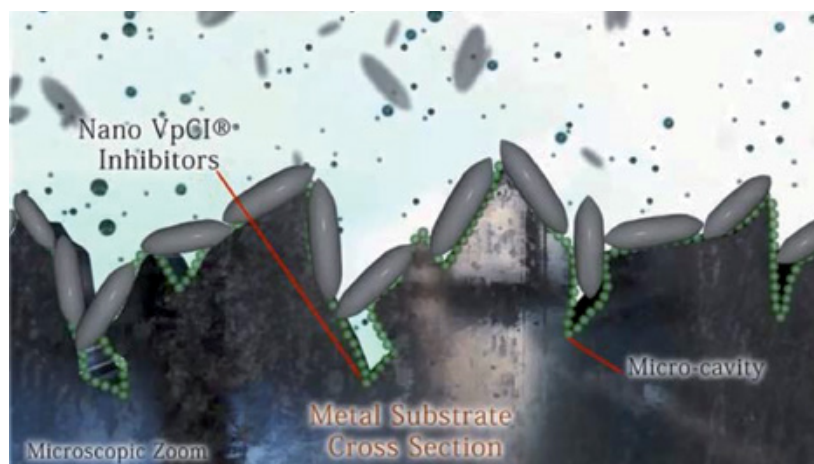
Método de aplicación: Brocha, rodillo, inmersión o spray.

Limitación ambiente: Interiores, exteriores bajo techado, exteriores.

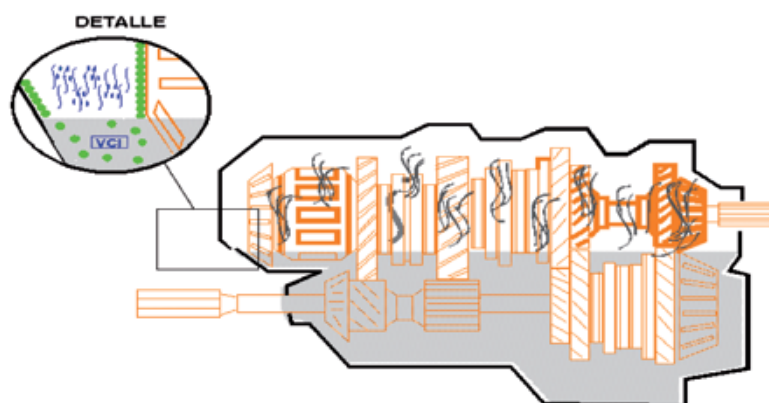
Periodo de protección: Mayor de 48 meses.

Ejemplos de aplicación: En este caso estamos hablando de pinturas, por lo que existen diferentes portadores que proporcionan más o menos durabilidad. Los recubrimientos más usados

**FIGURA 5.** Ejemplo de disposición de un inhibidor tradicional junto con un inhibidor VCI. El inhibidor VCI rellena los "huecos" inaccesibles



**FIGURA 6.** Esquema que muestra la protección mediante VCI en la fase vapor y en la interfase de un motor en parada



» En intercambiadores de calor y equipos de gran volumen, el producto se usa puro

son los que se aplican en zonas que luego necesito eliminar fácilmente mediante sistemas sencillos o, incluso, que la misma pintura sea pelable para una mayor comodidad.

El uso de recubrimientos con VCI permite aumentar considerablemente su tiempo de protección para espesores de film seco similares. Esto se

debe a la presencia del inhibidor de corrosión en fase vapor. Además de los inhibidores habituales, este tipo de inhibidores genera un film monomolecular que accede fácilmente a todos los resquicios y hendiduras a los que no accede el inhibidor de contacto, evitando la existencia de zonas sin protección (Figuras 4 y 5).

### CLASE V: DESTILADOS DE PETRÓLEO

Descripción: Se trata de destilados de petróleo con VCI. Son usados para proteger superficies internas de sistemas hidráulicos, sistemas con aceite en circulación, turbinas, bombas, compresores, cajas de cambio, depósitos y equipos similares.

Método de aplicación: Se diluye el VCI en el aceite existente en una

proporción determinada, poniéndose en marcha el circuito para reparar adecuadamente el VCI. Se puede mantener así o, si se prefiere, vaciarlo; en todo caso, hay que sellar todas las entradas.

Limitación ambiente: Depende únicamente de la integridad del sellado; se usa en interiores, bajo techado en exteriores y en exteriores.

Periodo de protección: Indefinido con un completo sellado.

Ejemplos de aplicación: Usado junto con el aceite hidráulico, permite proteger circuitos ante la posibilidad de aparición de corrosiones, especialmente en la fase aérea y la interfase en el fluido de circuitos de este tipo. Los aceites en sí cubren con una capa protectora los metales del circuito, pero, durante las paradas, existen zonas que sin una circulación quedan expuestas. El uso de los VCI subsana este problema (Figura 6).

FIGURA 7. Aplicación del inhibidor en polvo en el interior de un equipo



FIGURA 8. Emisor VCI para cuadros eléctricos



### CLASE VI: POLVOS

Descripción: El formato de VCI es un polvo que, al vaporizarse y posteriormente condensar, forma un film monomolecular sobre las superficies metálicas. Su uso habitual es la protección de la superficie interior de intercambiadores de calor, depósitos, válvulas, tanques y equipos similares, y se presenta en formato encapsulado para cuadros eléctricos.

Método de aplicación: El polvo se dispersa dentro del espacio a proteger. El VCI accede a todas las superficies a ser protegidas con facilidad. Debemos asegurar una repartición uniforme. Puede, para ello, ser aplicado mediante máquinas de *sandblasting* o cualquier sistema similar sellando posteriormente las bocas de entrada. Otro método de aplicación es mediante la dilución en agua, en alcohol, o en mezclas de ambos; en este caso hay que mojar adecuadamente la superficie interna durante un tiempo de contacto suficiente, por ejemplo, durante una prueba hidráulica. En el caso de un portador encapsulado, el producto se instala en una zona del cuadro eléctrico a proteger.

Limitación ambiente: Depende únicamente de la integridad del sellado: interior, exterior bajo techado y exteriores.

Periodo de protección: Depende de la integridad del sistema de sellado, normalmente un mínimo de dos años.

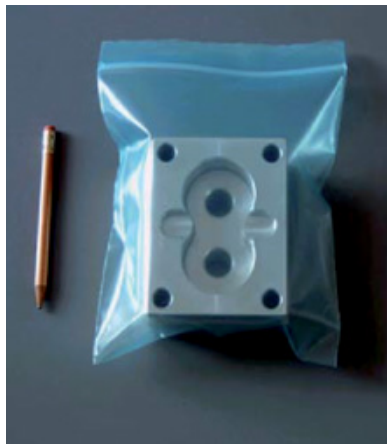
Ejemplos de aplicación: El portador habitualmente usado en este caso es polvo, aunque puede ir, a su vez, pre-

» Los inhibidores de la corrosión en fase vapor son una solución completa y sencilla para la protección de equipos y circuitos

FIGURA 9. Aplicación de film VCI en equipo de grandes dimensiones



**FIGURA 10.** Aplicación de film VCI en pieza de pequeño tamaño en pieza de pequeño tamaño



sentado en diferentes envases para realizar mejor su función.

En intercambiadores de calor y equipos de gran volumen, el producto se usa puro, nebulizándolo en el interior y calculando en función del volumen la cantidad necesaria de inhibidor a utilizar (Figura 7).

En el caso de cuadros eléctricos no ventilados como portador, se usa generalmente un recipiente plástico en cuyo interior está el inhibidor en polvo y que, mediante una membrana porosa tipo Tyvek, permite que el producto realice su función. Estos portadores, denominados emisores, llevan un soporte adhesivo para ser pegado en el interior del cuadro, y son seleccionados en función del volumen de protección previsto (Figura 8).

#### CLASE VII PLÁSTICO

Descripción: El VCI se encuentra co-extrusionado con film de polietileno.

Método de aplicación: Una vez introducido el material que se desea proteger en el interior del film, es necesario sellar adecuadamente el embalaje.

Limitación ambiental: Interiores, bajo techo exterior y exterior.

Tiempo de protección: Mayor a 30 meses, dependiendo de la integridad del sellado y del espesor del film.

Ejemplos de aplicación: Los pequeños componentes metálicos pueden

**FIGURA 11.** Aplicación de film VCI en equipo de grandes dimensiones



» Los pequeños componentes metálicos pueden ser guardados en bolsas, y los equipos de gran tamaño envueltos mediante rollos de film

ser guardados en bolsas, y los equipos de gran tamaño envueltos mediante rollos de film (Figuras 9, 10 y 11).

#### CLASE VIII TRATAMIENTO DE AGUAS

Descripción: Se trata de productos base agua con una mezcla sinérgica de inhibidores de contacto y VCI. Proporcionan protección al adicionarse al agua/agua anticongelante durante el funcionamiento y, posteriormente, al vaciar, al haber estado en contacto con el metal.

Método de aplicación: Se adicionan al agua en una dosificación recomendada, que es distinta en función de si se trata de proteger un circuito lleno o vacío.

Limitación ambiental: Interior, interior bajo techo y exterior.

Tiempo de protección: Mayor de 24 meses.

Ejemplos de aplicación: Protección en parada llenos o vacíos de circuitos de agua de refrigeración con o sin anticongelante, protección de circuitos

de agua marina y de salmuera, protección de equipos durante y posteriormente a pruebas hidráulicas, etc.

#### CONCLUSIÓN

Los inhibidores de la corrosión en fase vapor son una solución completa y sencilla para la protección de equipos y circuitos durante las paradas o periodos de hibernación frente a la corrosión, siendo capaces de proteger de forma práctica todos y cada uno de los equipos de una planta con una solución común y compatible de sencilla aplicación y eliminación cuando es necesario. Además, la capacidad de acceso del producto sin necesidad, en muchos casos, de tener que llegar a la superficie a proteger, los hace muy prácticos.

#### Referencias

[1] Miksic, B.A., 2013, Preservation, Lay-up and mothballing handbook

[2] Miksic, B.A., 1983, Use of vapor phase inhibitors for corrosion protection of metal products, NACE

[3] Orte, J., 2000, Inhibidores de corrosión en fase vapor, V Congreso Nacional de Corrosión. 