

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL  
CENTRO DEL PERU**

**FACULTAD DE INGENIERIA METALÚGICA Y  
DE MATERIALES**

**CATEDRA: TERMODINÁMICA**

**TEMA : CORROSIÓN DE METALES**

**PAITAN QUISPE Alvaro**

24/05/2009

INGENIERIA METALURGICA



# CORROSIÓN



24/05/2009

INGENIERIA METALURGICA

# CONCEPTO:

- Es el deterioro de los metales por un proceso electroquímico.
- El ejemplo típico de la corrosión es la formación de herrumbre u óxido de hierro.

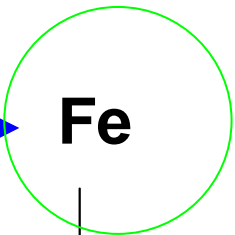


# ¿Porqué Ocorre la Corrosión?

- La fuerza motriz que causa que un metal se corroa es consecuencia **de su existencia natural** en forma combinada. **Para alcanzar el estado metálico se requiere una cantidad de energía.**
- Esta energía varía de un metal a otro. Es relativamente alta para el magnesio, el aluminio y el hierro y relativamente baja para el cobre, la plata y el oro.



Energia



Herrum bre

A diagram illustrating an endothermic reaction. A large black arrow points upwards and to the right, indicating the direction of the reaction. The text "Reacción endotérmica" is written in green, slanted letters, following the path of the arrow. The background is white with a blue rectangular area at the bottom left.



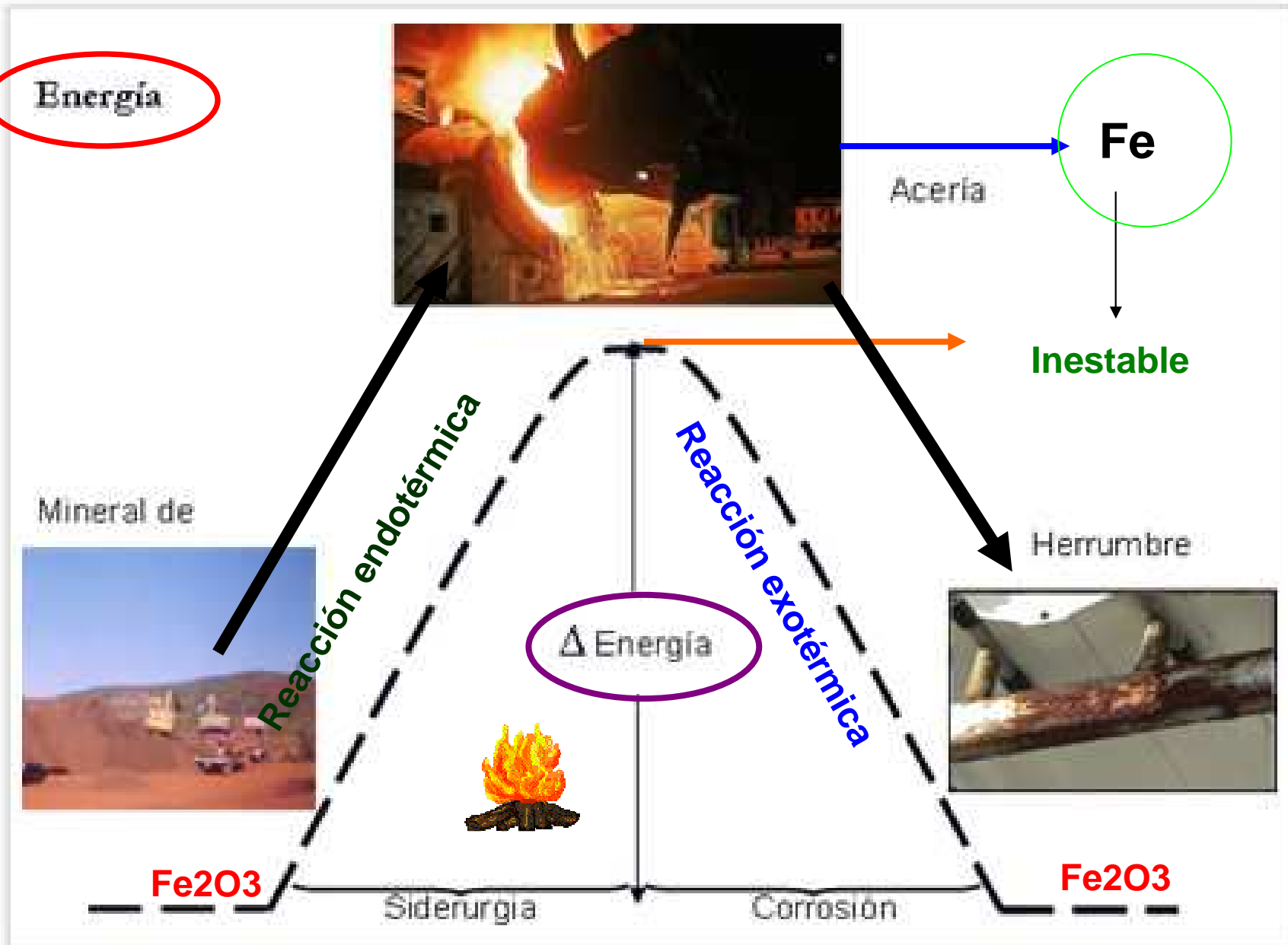
$\Delta$  Energia

**Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Siderurola**

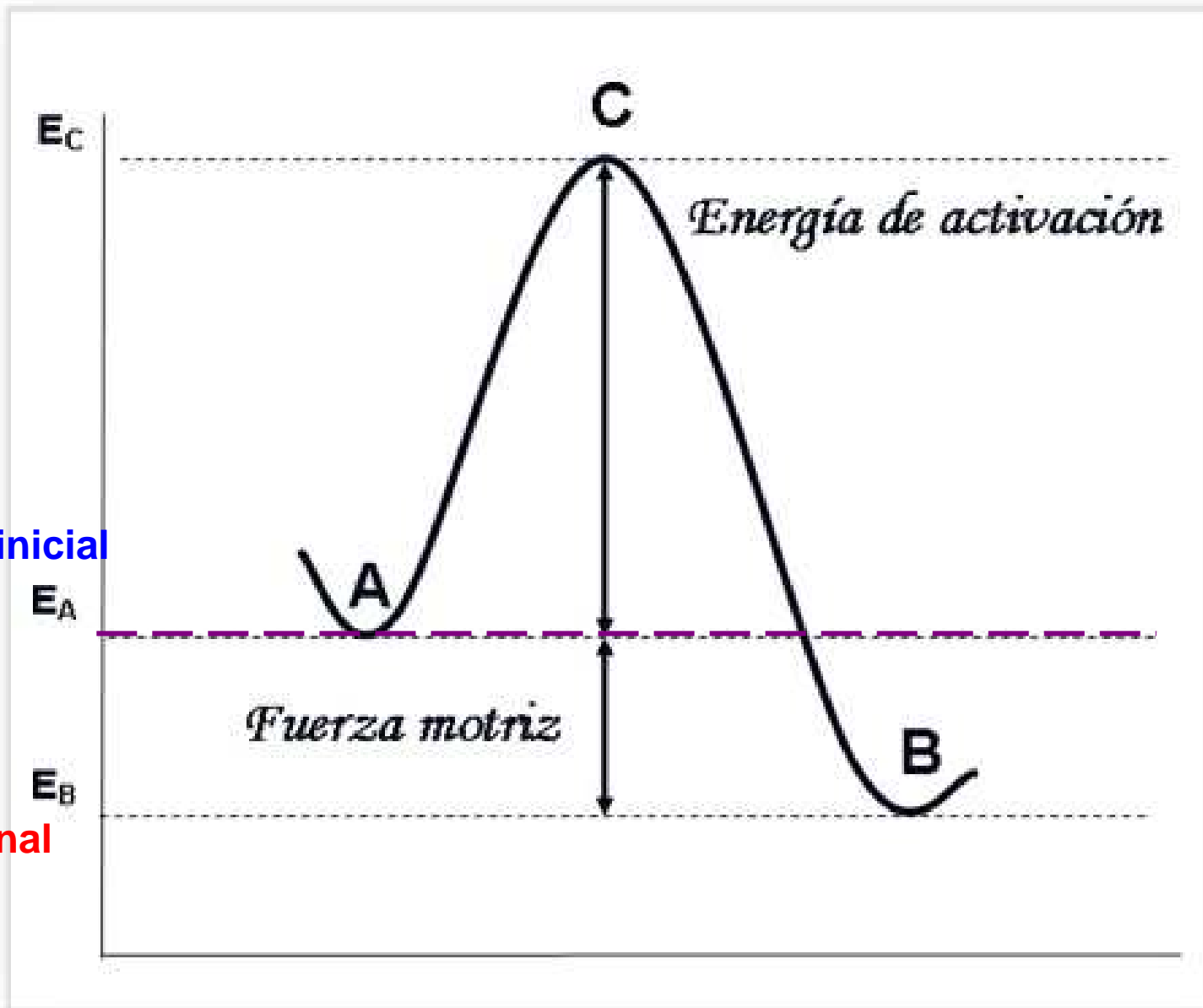
## Corrosion

## Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Energía inicial

Energía final



24/05/20



# ¿Cómo ocurre la Corrosión?

- Ocurre por la diferencia de potencial entre dos metales diferentes en contacto ...  
o por la diferencia de potencial entre diferentes áreas de un mismo metal, que forman una celda galvánica.
- En presencia de un electrolito
- Cada celda consiste de: un ánodo que produce electrones, de un cátodo y de un electrolito.
- El ánodo y el cátodo deben estar en contacto eléctrico para que ocurra la corrosión.

- "La corrosión puede ser definida como la reacción de un material con su entorno".
- "La corrosión consiste en una oxidación del metal y, si el óxido no es adherente y es poroso, puede dar lugar a la destrucción de todo el metal"
- "Corrosión: ataque de un material por el medio que le rodea con la consiguiente pérdida de masa y deterioro de sus propiedades"
- "Corrosión es la destrucción de un cuerpo sólido causada por un ataque no provocado, de naturaleza química o electroquímica que se inicia en la superficie"



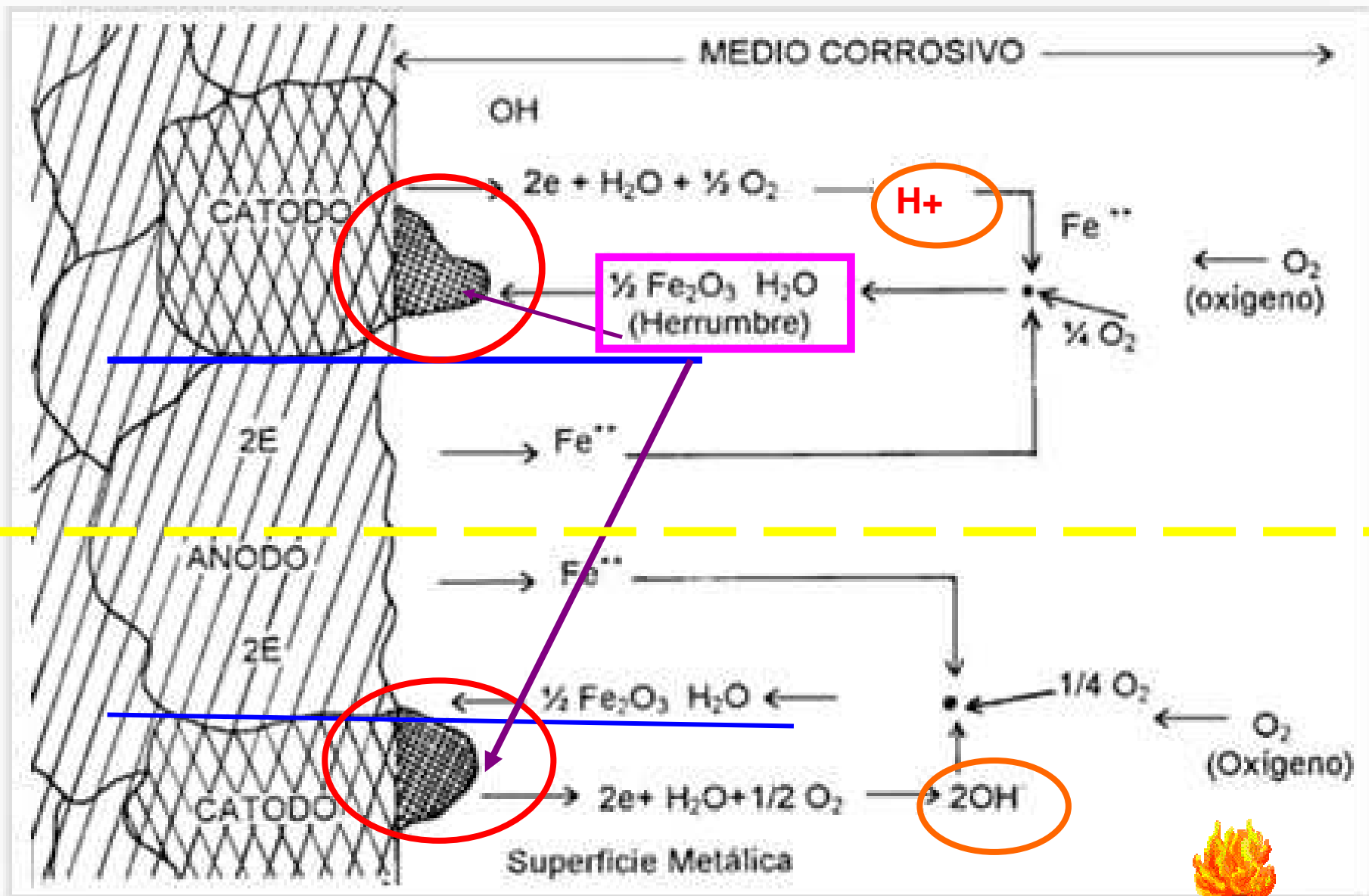
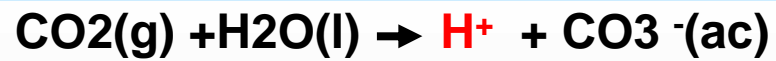
## CONCIDERACIONES ELECTROQUÍMICAS

- En los materiales metálicos, el proceso de corrosión es normalmente electroquímico; es decir, una reacción química en la cual hay una transferencia de electrones de una especie a otra. Una característica de los átomos metálicos es la pérdida o ganancia de electrones en una reacción denominada OXIDACIÓN.

- La superficie del metal se comporta como ánodo donde se realiza la oxidación.
- $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2}(\text{ac}) + 2\text{e}^-$ .
- Los electrones donados por el hierro reducen al oxígeno atmosférico en agua en el cátodo que es a su vez, otra superficie del mismo metal.
- $\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{ac}) + 4\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ .

- La reacción redox es :
- $2\text{Fe(s)} + \text{O}_2\text{(g)} + 4\text{H}^+\text{(ac)} \rightarrow 2\text{Fe}^{+2}\text{(ac)} + \text{H}_2\text{O(l)}$ .  $E^0 = 1.67\text{V}$ .
- Observe que esta reacción se realiza en medio Ácido. “ $\text{H}^+$ ”
- El “ $\text{H}^+$ ” proviene de la formación:  
 $\text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3\text{(ac)}$





- **Ejemplo:** la oxidación del hierro en agua que contiene oxígeno disuelto. El proceso transcurre en dos etapas. En la primera, el Fe se oxida a Fe<sup>2+</sup> como Fe(OH)<sub>2</sub>,
- $\text{Fe} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe(OH)}_2$
- En la segunda etapa el Fe<sup>2+</sup> se oxida a Fe<sup>3+</sup> como Fe(OH)<sub>3</sub>,
- $2\text{Fe(OH)}_2 + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe(OH)}_3$  El compuesto Fe(OH)<sub>3</sub> es el tan popular óxido.

Relación de los diferentes productos resultantes de la oxidación del hierro y sus respectivos colores:

**Fe (II):**

- $\text{Fe}(\text{OH})_2$  → verde
- $\text{FeO}$  Negro
- $\text{Fe}_2\text{C}_2\text{O}_4$  amarillo
- $\text{FeCO}_3$  verde
- $\text{Fe}_2(\text{CN})_6\text{Fe}$  blanco
- $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  azul
- $\text{SFe}$  negro

**Fe (III):**

- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  rojo
- $\text{Fe}(\text{OH})_3$  pardo
- $(\text{Ac})_2\text{Fe}(\text{OH})$  pardo
- $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  azul
- $\text{FePO}_4$  amarillo



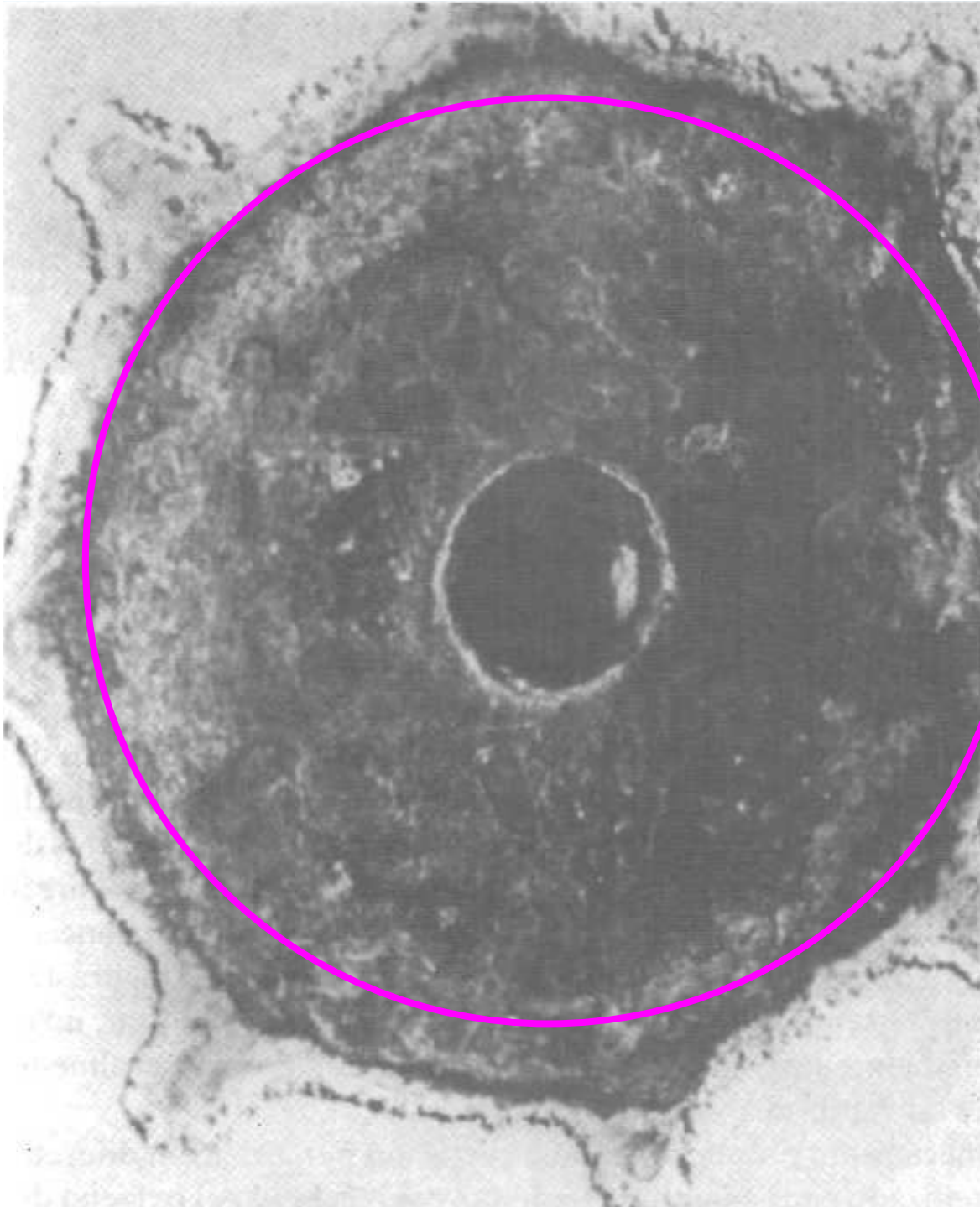
# TIPOS DE CORROSIÓN

- - CORROSIÓN UNIFORME
- La corrosión uniforme puede ser descrita como una reacción de corrosión que ocurre por igual en toda la superficie del material, causando una pérdida general del metal.



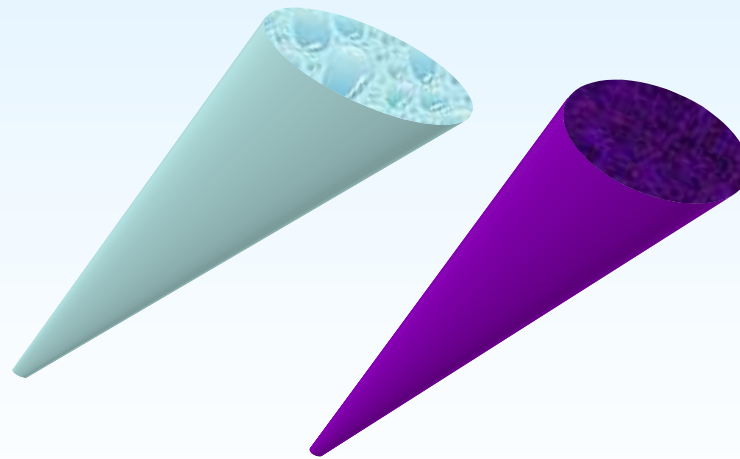
- **CORROSIÓN GALVÁNICA::**
- Definición: corrosión acelerada que puede ocurrir cuando metales distintos (con distinto par redox) se unen eléctricamente en presencia de un electrolito .
- **El ataque galvánico puede ser uniforme o localizado en la unión entre aleaciones, dependiendo de las condiciones. La corrosión galvánica puede ser particularmente severa cuando las películas protectoras de corrosión no se forman o son eliminadas por erosión.**
- **ocurre cuando metales diferentes se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la aparición de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con más activo será el ánodo.**

- La velocidad del ataque galvánico depende de la relación de las áreas del ánodo y del cátodo expuestas al electrolito, y es directamente proporcional a dicha relación de áreas; esto es, para una determinada área catódica, un ánodo muy pequeño se corroe más rápidamente que un ánodo grande ya que **la velocidad de corrosión depende más de la densidad de corriente** que de la simple intensidad.



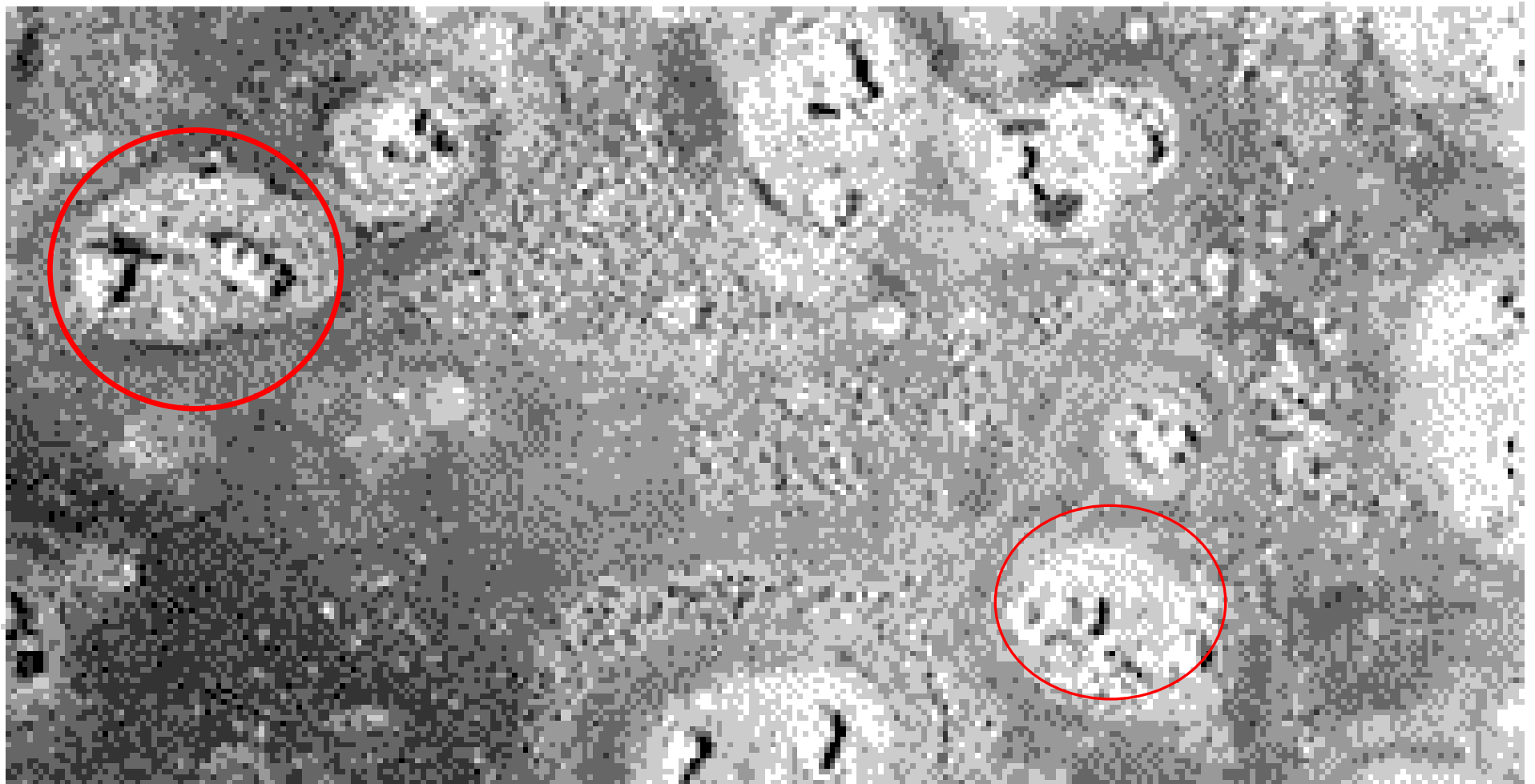
**Figura** Corrosión galvánica del  
magnesio moldeado  
alrededor de un núcleo  
de acero.  
(Fotografía cedida por  
Center of  
Corrosión Technology, Inc.)

- tubo de cobre se une con un tubo de acero en un calentador de agua doméstico, el acero se corroe en la vecindad de la unión



## CORROSIÓN POR PICADURA O “Pitting”

- Las picaduras ocurren como un proceso de disolución local anódica donde la pérdida de metal es aumentada por la presencia de un **ánodo pequeño** y un **cátodo grande**. Las picaduras suelen ser de pequeño diámetro (décimas de milímetro).



24/05/2009

INGENIERIA METALURGICA



24/05/20



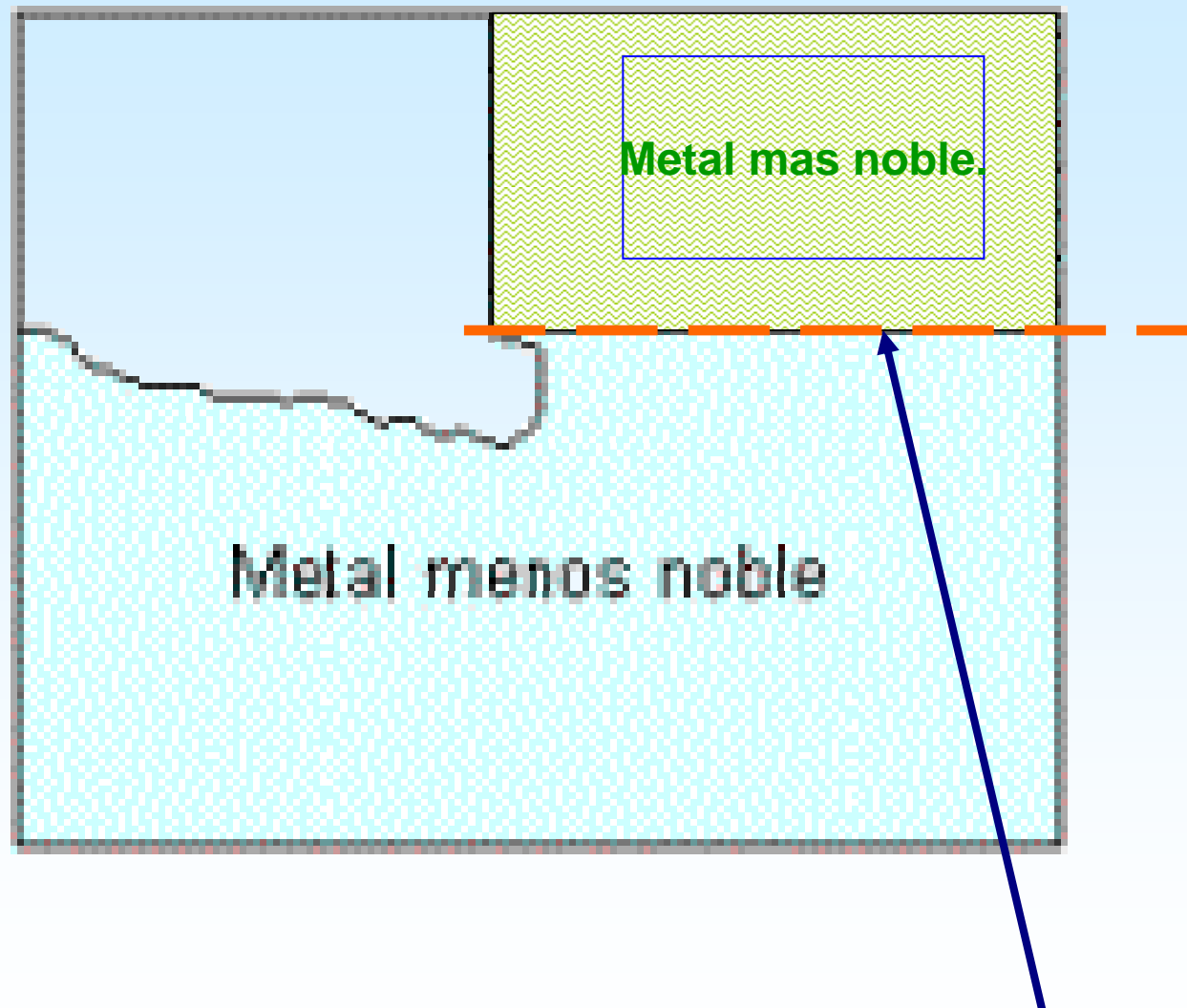
24/0

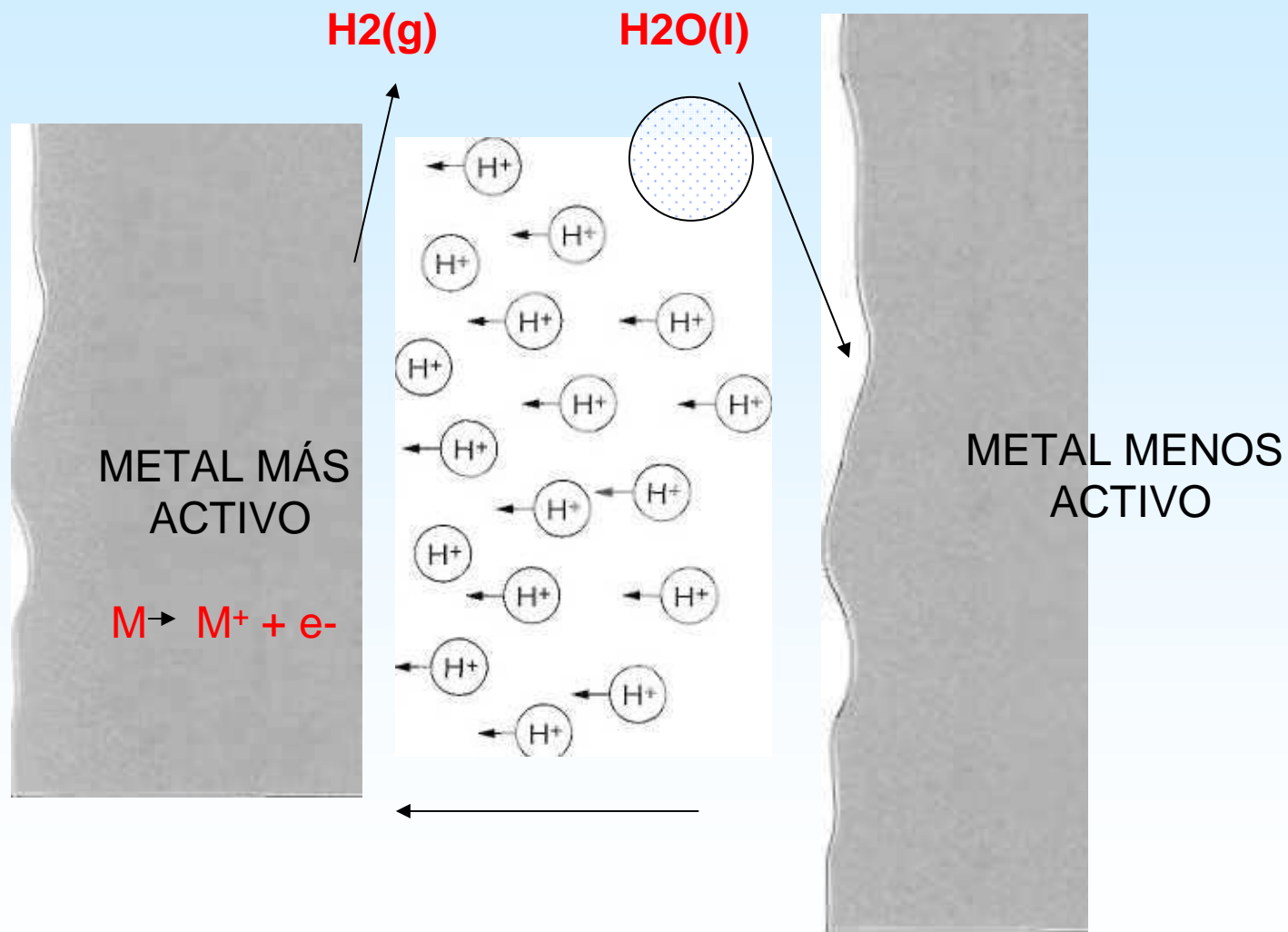


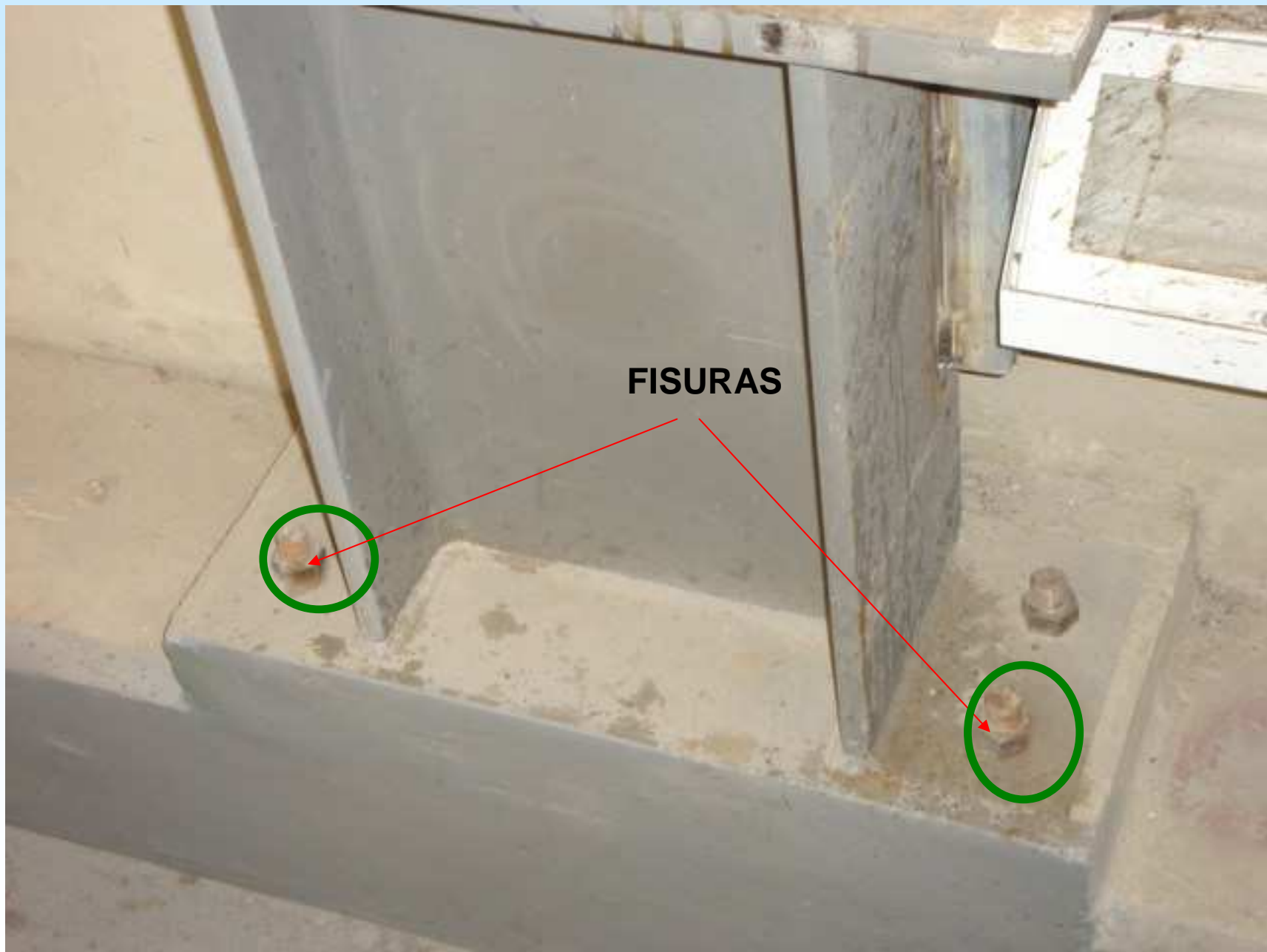


## CORROSIÓN POR FISURAS O “Crevice”:

- Alrededor del hueco formado por contacto con otra pieza de metal igual o diferente a la primera o con un elemento no metálico.
- El proceso de pitting y el crevice tienen en común que el agresivo químico está semi-estancado, situación de ánodo localizado.







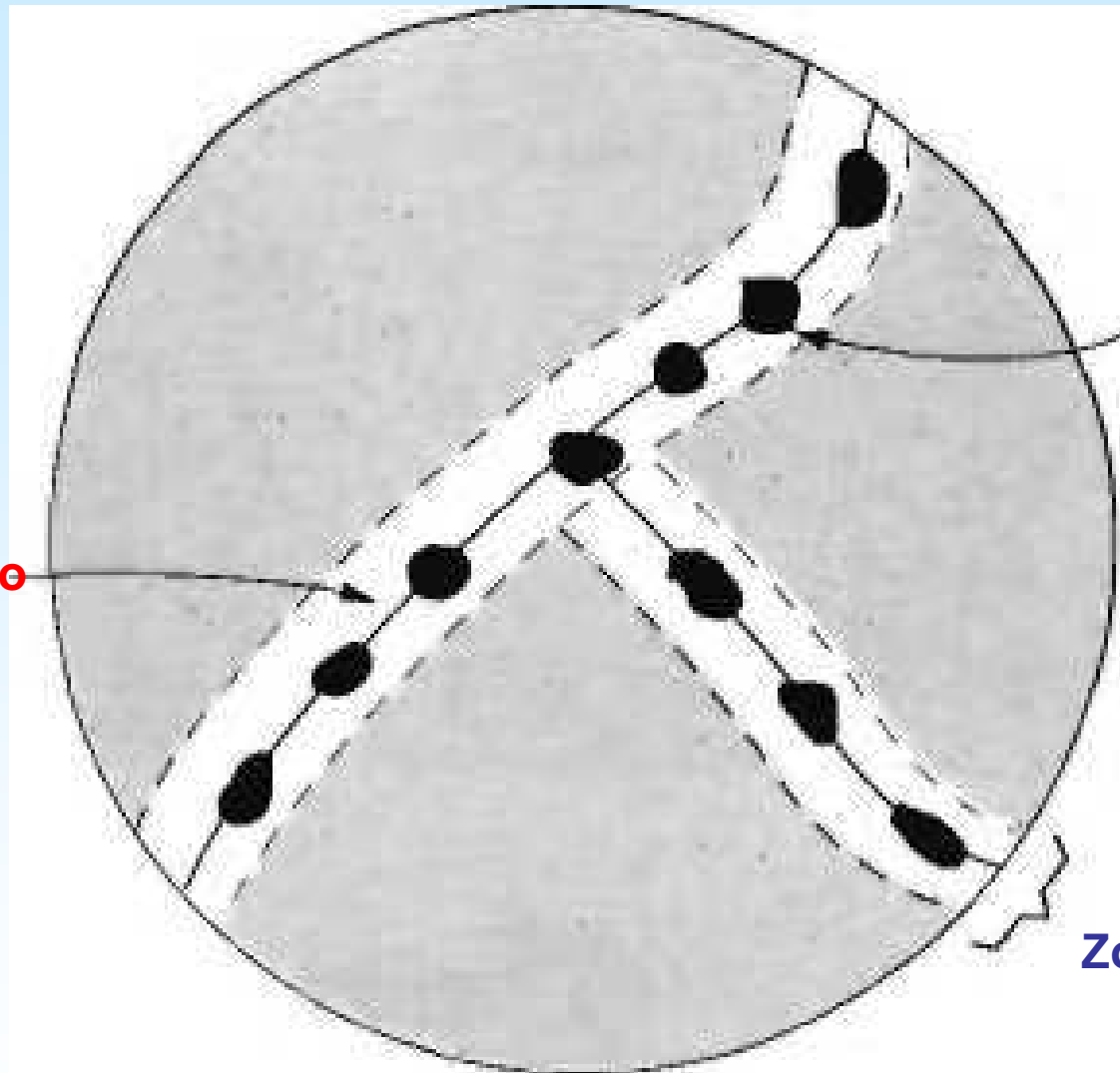
24/05/2009

INGENIERIA METALURGICA

# CORROSIÓN INTERGRANULAR:

- Como su nombre indica, la **corrosión intergranular** ocurre preferentemente a lo largo de los límites de grano de algunas aleaciones en ambientes específicos y, como consecuencia, la muestra se desintegra a lo largo de los límites de grano. Este tipo de corrosión predomina en algunos aceros inoxidable, que, cuando se calientan a temperaturas comprendidas entre los 500 y los 800°C durante periodos de tiempo suficientemente largos, se sensibilizan para el ataque intergranular. Se cree que este tratamiento térmico permite la formación de pequeñas partículas de precipitados de carburo de cromo ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_2$ ) por reacción entre el cromo y el carbono en el acero inoxidable. Estas partículas, como ilustra la Figura , se forman a lo largo de los límites de grano. El cromo y el carbono difunden hacia los límites de grano para formar los precipitados y dejan regiones vecinas al límite de grano empobrecidas en cromo; es decir, regiones altamente susceptibles de corroerse.

Límite de grano



Partícula  
precipitada  
 $\text{Cr}_{23}\text{C}_2$

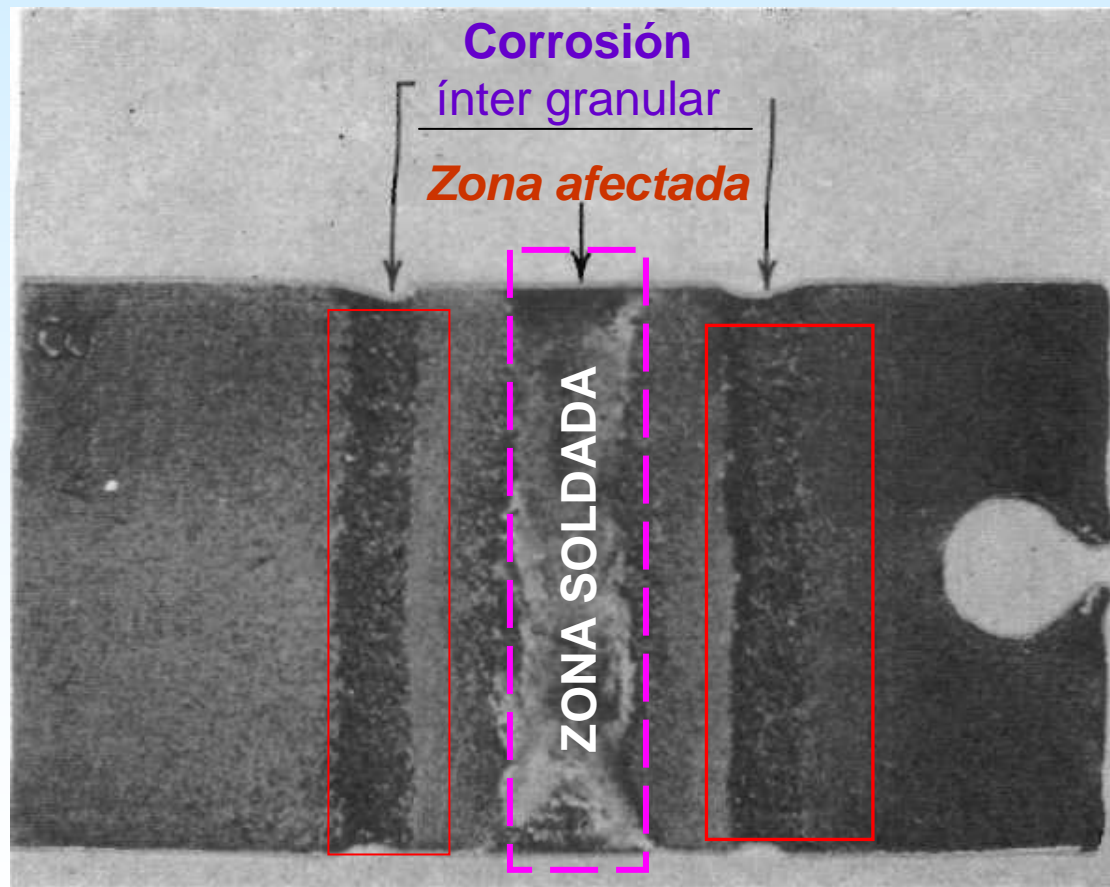
Zona descromada

24/05/2009

INGENIERIA METALURGICA



En la soldadura del acero inoxidable, la corrosión intergranular se convierte en un problema grave, denominado **sensibilización por soldadura**. La Figura



La prevención de la corrosión intergranular del acero inoxidable se realiza con las siguientes medidas:

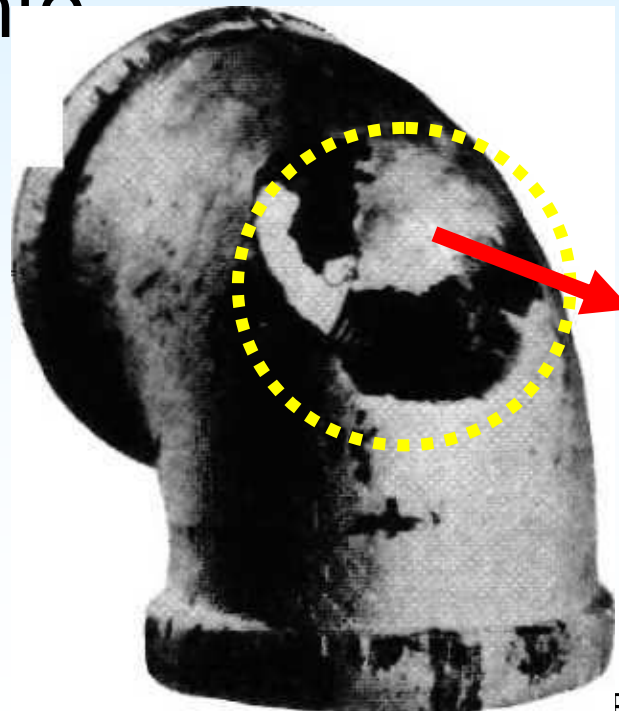
- (1) sometiendo el material sensibilizado a un tratamiento térmico a elevada temperatura con el fin de redissolver el cromo,
- (2) bajando el contenido de carbono por debajo del 0,03% en peso para minimizar la formación del carburo
- (3) aleando el acero inoxidable con elementos, tales como el niobio o el titanio, que tengan mayor tendencia a formar carburos que el cromo, de modo que el Cr permanezca en disolución sólida.



# CORROSIÓN POR EROSIÓN:

- Al combinar la acción del ataque químico y la abrasión mecánica o desgaste, como consecuencia del movimiento de un fluido, se origina la **corrosión por erosión**.
- Potencialmente, todas las aleaciones metálicas son susceptibles de experimentar corrosión por erosión en mayor o menor grado. Este tipo de corrosión perjudica especialmente a las aleaciones que se pasivan formando una película superficial protectora; la acción abrasiva puede erosionar la película dejando al descubierto la superficie metálica.
- Si la película protectora no es capaz de autogenerarse continua y rápidamente, la corrosión puede ser severa.

- La corrosión por erosión se suele presentar en tuberías, especialmente en codos, ángulos y cambios bruscos de diámetro: posiciones donde el fluido cambia de dirección y suele convertirse en turbulento

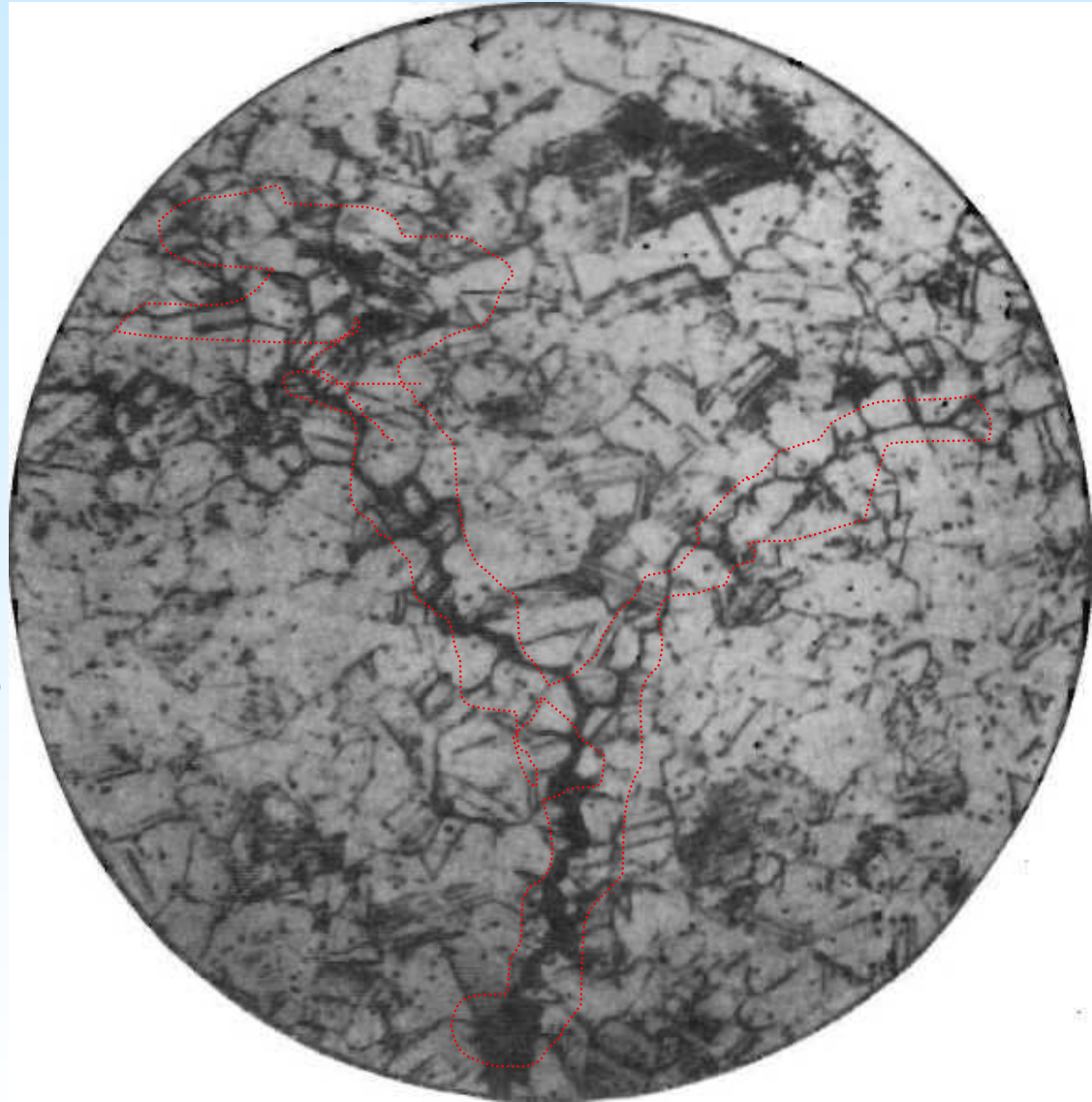


**Fallo por erosión en un codo  
que formaba parte de un  
sistema de condensación  
de vapor.**

# CORROSIÓN BAJO TENSIONES:

- La acción combinada de un esfuerzo de tracción aplicado y de un ambiente corrosivo produce **corrosión bajo tensiones**; ambos factores son necesarios.
- Algunos materiales potencialmente inertes en un medio corrosivo particular son susceptibles a este tipo de corrosión al aplicarles un esfuerzo. Se forman pequeñas grietas que luego se propagan en dirección perpendicular al esfuerzo y, como consecuencia puede aparecer un fallo

**La Figura 8.21 muestra una corrosión bajo tensiones intergranular de un latón. El esfuerzo que genera la corrosión bajo tensiones no necesita ser aplicado externamente, sino que puede ser una tensión residual, resultado de un cambio súbito de temperatura y su posterior contracción o, en el caso de aleaciones bifásicas, resultado de distintos coeficientes de dilatación.**



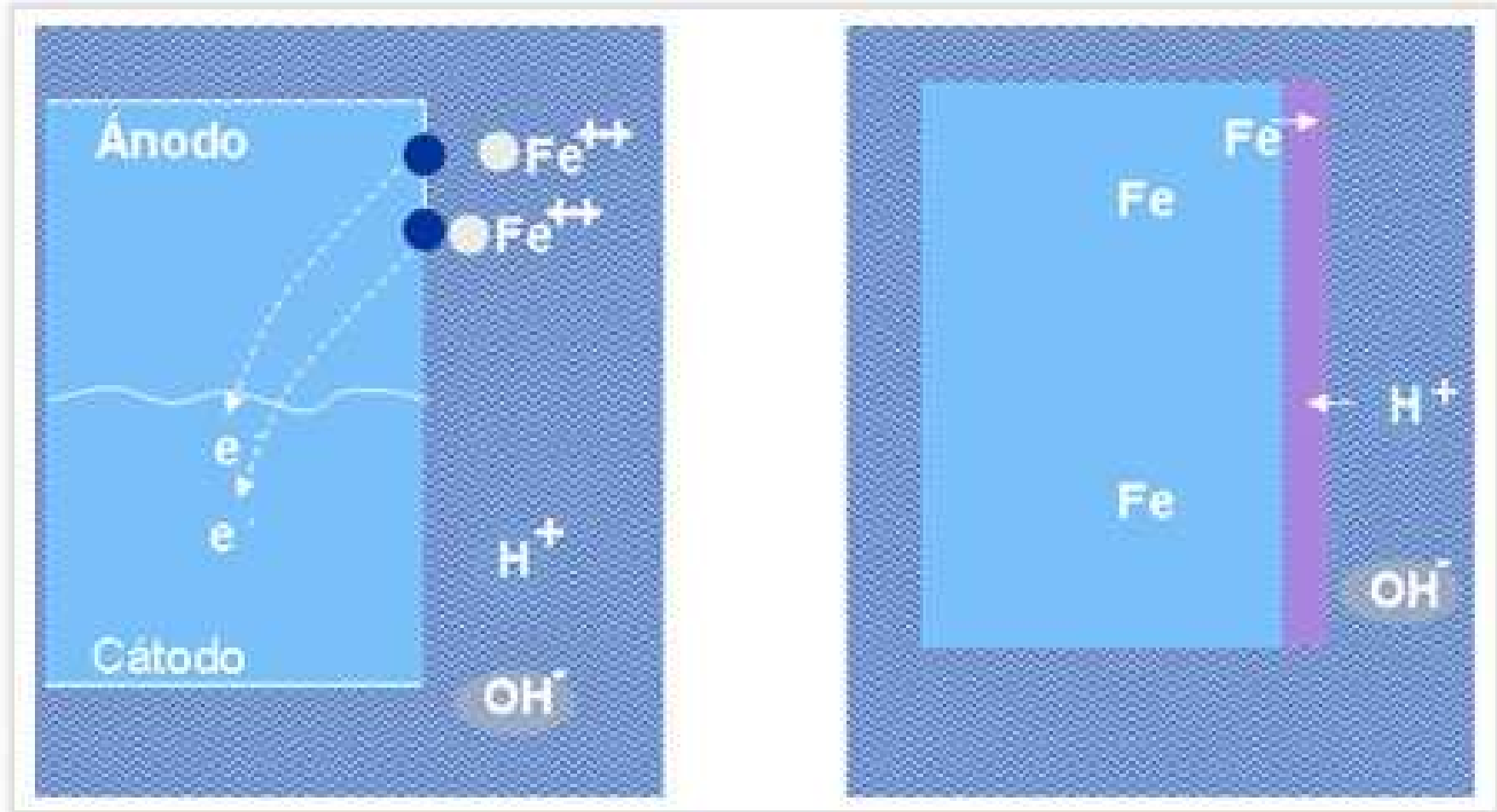
# MÉTODOS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

# GALVANIZADO EN CALIENTE.

## PROTECCIÓN CATÓDICA

- Protección del acero mediante el establecimiento intencional de una celda galvánica, donde el acero se convierte en cátodo.
- Se basa en la aplicación de un metal anódico respecto al acero.
- Se comporta como metal de sacrificio y se corroe preferencialmente.
- En la serie galvánica el Zn el Al y el Mg, son anódicos respecto del hierro y del acero.

**Al modificar la superficie del metal la velocidad de corrosión disminuye porque los iones deben difundir a través de la barrera.**



# GALVANIZADO DEL ACERO:

- El zinc se funde a 419 °C, y para galvanizar el acero éste se sumerge en un baño de zinc metálico fundido que se encuentra a 445-450 °C. A esta temperatura, el acero y el zinc muestra gran afinidad y, por difusión, forman aleaciones Fe-Zn. El producto final es un acero protegido por un revestimiento de zinc.



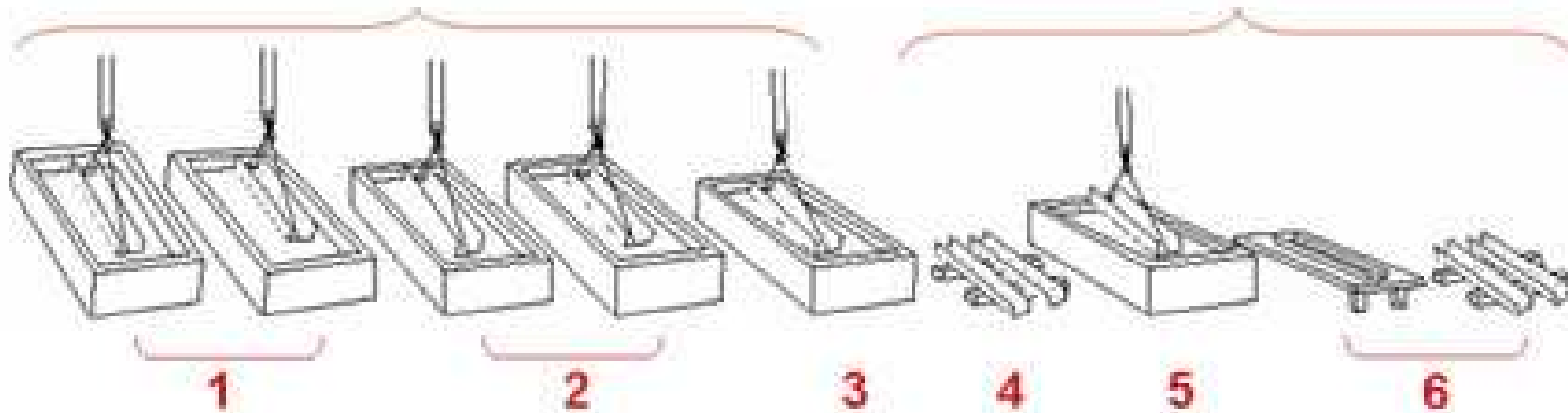
# PASOS:

## *Pre-tratamiento:*

- 1 Lavado cáustico
- 2 Decapado
- 3 Fundente (flux)

## *Recubrimiento:*

- 4 Secado
- 5 Galvanizado
- 6 Secado e inspección



- **Lavado cáustico:** se utiliza una solución de soda cáustica caliente para remover contaminantes orgánicos como sucio, grasas y aceites, de la superficie del acero.
- **Decapado:** el óxido y la herrumbre se eliminan de la superficie utilizando una solución diluida de ácido sulfúrico caliente o de ácido clorhídrico a temperatura ambiente.

- **Fundente (flux):** Que consiste en una solución de sales de cloruros amoniacaes de zinc. El fundente elimina el óxido y previene la oxidación posterior de la superficie para asegurar que el zinc fundido pueda mojar completamente al acero.

- **Secado y Galvanizado:** El recubrimiento o galvanizado la pieza es completamente sumergida en un baño de al menos 98% de zinc fundido, que se mantiene a 454 °C durante el tiempo suficiente para que la pieza alcance la temperatura del baño. Luego la pieza es sacada lentamente del baño para escurrir completamente el exceso de zinc.

- **Secado e Inspección:** De inmediato las piezas son enfriadas con agua o al aire y luego sometidas a inspección. En esta etapa se verifica el espesor del recubrimiento y la apariencia de la superficie .

## Galvanizado por Lote



24/05/2009

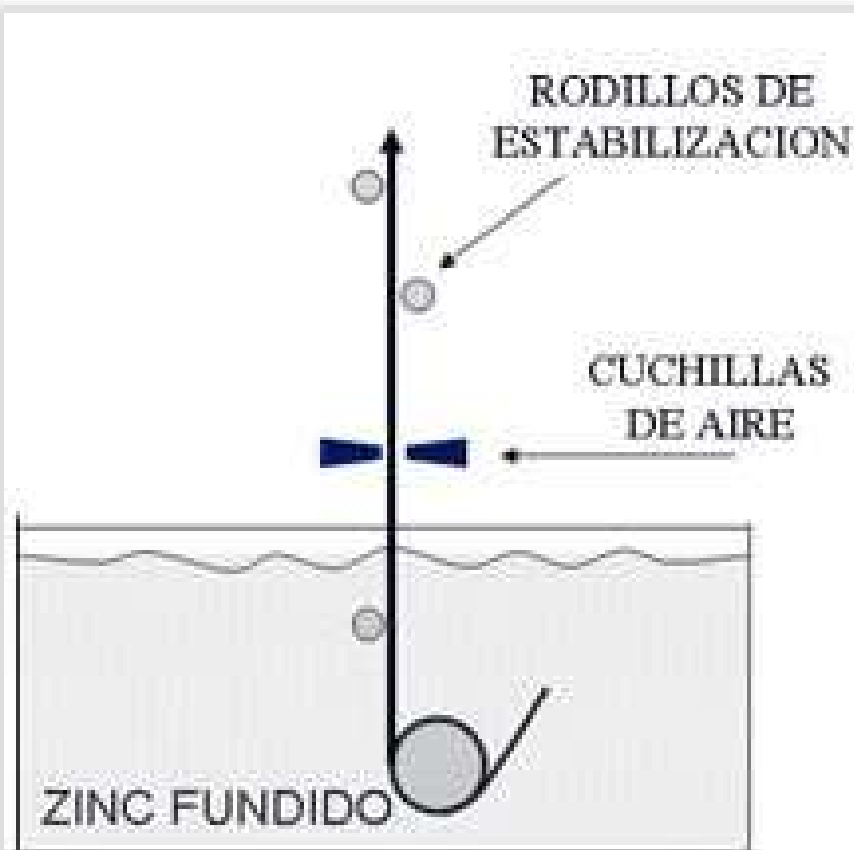
INGENIERIA METALURGICA

## Galvanizado Continuo



24/05/2009

# ESQUEMA EN GALVANIZADO CONTINUO.



## Pre-tratamiento

- Lavado cáustico
- Decapado y recocido en un horno con atmósfera reductora

Velocidad típica de alimentación  
170 - 200 m/min.

Las cuchillas de aire mantienen el espesor del recubrimiento.





24/05/2009

INGENIERIA METALURGICA