

Índice anexos

A. PFC1	3
B. FIGURAS Y TABLAS COMPLEMENTARIAS	43
B.1. Figuras y tablas complementarias del Capítulo 4	43
B.1.1. Corrosión electroquímica	43
B.1.2. Cinética de la corrosión	46
B.1.3. Tipos de corrosión	51
B.2. Figuras y tablas complementarias del Capítulo 6	54
B.2.1. Pinturas	54
B.2.2. Propiedades de la película de pintura seca	57
B.3. Figuras y tablas complementarias del Capítulo 8.	58
B.3.1. Probador de adherencia	58
B.3.2. Valores OCP.	59
B.3.3. Gráficos Tafel.	60
C. FICHAS TÉCNICAS Y DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS	68
C.1. Acetona	68
C.2. Ácido clorhídrico 37%	72
C.3. Cloroformo	77
C.4. Cloruro de sodio	81
C.5. Endurecedor	85
C.6. Hidróxido de sodio	89
C.7. Xileno	93
C.8. Imprimación sintética AT807	97
D. MÉTODOS INSTRUMENTALES	99
D.1. Espectroscopia de infrarrojo	99
D.1.1. Modos de vibración	99
D.1.2. Regiones espectrales	100
D.1.3. Tipos de medidas en infrarrojo	100
D.1.3.1. Absorción / Transmisión	101
D.1.3.2. Reflectancia total atenuada	101

D.1.3.3. Reflectancia difusa	101
D.1.4. Interpretación de espectros	102
D.1.5. Espectrofotómetro de transformada de Fourier (FT IR)	102
D.2. Microscopía electrónica de barrido (SEM)	103
D.2.1. Introducción	103
D.2.2. Microscopio electrónico de barrido	104
D.2.3. Interacciones de los haces de electrones con los sólidos	109
D.2.4. Aplicaciones de la microscopía electrónica	114
D.3. Cálculo de la velocidad de corrosión	115
D.4. Microscopía digital.....	119
E. NORMAS _____	120
E.1. ASTM	120
E.1.1. Designation: D714.....	120
E.1.2. Designation: D1654	123
E.1.3. Designation: G59.....	130
E.2. UNE-EN-ISO 8504	132
Parte 1: Principios generales	133
Parte 2: Limpieza por chorreado abrasivo	138
Parte 3: Limpieza manual y con herramientas motorizadas	149
E.3. UNE-EN-ISO 4624:2002.....	153
F. EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL _____	162
G. PRESUPUESTO _____	159

A. PFC1

1. PREFACIO

1.1. Origen del proyecto

El avance en la investigación de la corrosión se debe a que este problema acarrea un coste elevado. Esta preocupación provoca inversiones para evitarla y un porcentaje muy elevado de las superficies metálicas se protegen con pinturas, acordes con su ambiente corrosivo.

El esfuerzo por evitar la corrosión y mejorar la protección contra la misma lleva a la búsqueda de sustancias que impidan la degradación o bien la ralenticen de manera considerable.

En este proyecto se estudiarán como sustancias inhibidoras un grupo concreto de polímeros que combinan en un único material las buenas propiedades mecánicas de los polímeros tradicionales con algunas de las propiedades de los metales, como es la conductividad eléctrica; son los denominados polímeros conductores.

Pese a que algunos de estos polímeros se conocen desde hace tiempo, su conductividad no fue estudiada hasta más adelante; los profesores Heeger, MacDiarmid y Shirakawa, quienes los descubrieron y desarrollaron, obtuvieron el Premio Nóbel de Química en el año 2000 en reconocimiento al gran potencial que hasta ahora tienen y que en el futuro pueden llegar a tener este tipo de polímeros.

Hoy en día los esfuerzos de la química orgánica se centran en la obtención de estructuras poliméricas capaces de conducir la electricidad, de forma que puedan ser adicionadas en recubrimientos orgánicos para evitar la corrosión.

El objeto del presente proyecto es el de ampliar conocimientos en este campo y continuar con su línea de investigación, centrándose en el comportamiento de polímeros conductores aplicados a pinturas para evitar la corrosión.

1.2. Motivación

En el mercado existen pinturas que incluyen aditivos anticorrosivos, pero algunos de ellos son perjudiciales para el medioambiente o no tienen la efectividad deseada.

Se ha estudiado con anterioridad que los polímeros conductores pueden actuar, en determinadas condiciones, como sustancias anticorrosivas.

Como el mecanismo que provoca este comportamiento no está ampliamente desarrollado, este proyecto pretende estudiarlo en diferentes pinturas y así clasificarlo ante la corrosión en relación a sus propiedades y naturaleza de pintura. Así se determinarán los factores que influyen que el polímero actúe como protección.

2. INTRODUCCIÓN

Los metales son unos materiales de enorme interés dado a que encuentran muchas aplicaciones en la industria. Esto se debe a sus excelentes propiedades de resistencia y conductividad, lo cual los hace de gran utilidad en la construcción de máquinas, estructuras, mecanismos, circuitos y herramientas.

Sin embargo, se trata también de materiales muy propensos a cualquier ataque, lo cual obliga a protegerlos contra la corrosión, utilizando distintos métodos lo más eficaces posible. Esto supone una inversión de capital importante, pero puede evitar pérdidas de tipo económico, humanas o medioambientales. El mayor problema es que estas medidas preventivas no hacen más que paliar el problema sin suprimirlo, pues al fin y al cabo, que aparezca la corrosión es cuestión de tiempo.

De las diversas formas de protección de metales que existen, la más comúnmente empleada es la aplicación de recubrimientos orgánicos denominados pinturas. Muchas veces esta protección se pierde en poco tiempo, por lo que es necesario añadir a las pinturas aditivos que refuerzan la acción anticorrosiva y que alargan la vida útil de la misma. Este es el caso de los polímeros conductores, que añadidos a los recubrimientos orgánicos ayudan a disminuir la corrosión.

2.1. Objetivos y alcance del proyecto

La finalidad de este proyecto es encontrar la mejor combinación pintura-polímero para evitar o disminuir la corrosión en sustratos de acero al carbono (empleado en la construcción de los cascos de barcos) en condiciones marinas (se utilizará agua con diferente salinidad).

En primer lugar, el trabajo se centrará en la caracterización físico-química de las pinturas mediante técnicas de espectroscopia IR, microscopía óptica, ensayos de tracción-deformación y demás posibles técnicas que sean convenientes y nos ayuden a ampliar más el estudio del proyecto.

A continuación se realizarán ensayos de corrosión acelerados sobre pequeñas placas de acero al carbono recubiertas con pinturas (en nuestro caso epoxi y alquídicas) de diferentes naturalezas y modificadas con polímeros conductores, simulando la exposición a un medio marino a diferentes concentraciones.

3. CORROSIÓN: CARACTERÍSTICAS Y TIPOS

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. La característica fundamental de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrolito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Los enlaces metálicos tienden a convertirse en enlaces iónicos, lo favorece que el metal puede en cierto momento transferir y recibir electrones, creando zonas catódicas y zonas anódicas en su estructura. La velocidad a que un material se corroe es lenta y continua todo dependiendo del ambiente donde se encuentre, a medida que pasa el tiempo se va creando una capa fina de material en la superficie, que van formándose inicialmente como manchas hasta que llegan a aparecer imperfecciones en la superficie del metal.

Este mecanismo indica que el metal tiende a retornar al estado primitivo o de mínima carga, siendo la corrosión por tanto la causante de grandes perjuicios económicos en instalaciones enterradas o en superficie. Por esta razón es necesario la utilización de la técnica de protección catódica.

La protección catódica es un método electroquímico cada vez más utilizado hoy en día, el cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión, transportando un gran cátodo a una estructura metálica. Para este fin será necesario la utilización de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos, que difunden la corriente suministrada por un transformador-rectificador de corriente.

El mecanismo implicará una migración de electrones hacia el metal a proteger, los mismos que viajarán desde ánodos externos que estarán ubicados en sitios plenamente identificados, cumpliendo así su función.

A esta protección se debe añadir la ofrecida por los revestimientos, por ejemplo las pinturas, casi la totalidad de los revestimientos utilizados en

instalaciones sometidas a una posible corrosión, son pinturas industriales de origen orgánico, pues el diseño mediante ánodo galvánico requiere el cálculo de algunos parámetros, que son importantes para proteger estos materiales, como son: la corriente eléctrica de protección necesaria, la resistividad eléctrica del medio electrolítico, la densidad de corriente, el número de ánodos y la resistencia eléctrica que finalmente ejercen influencia en los resultados.

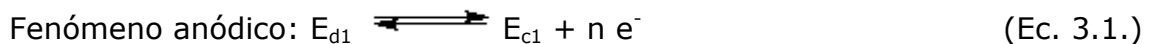
3.1. Corrosión electroquímica

La corrosión es un proceso electroquímico en el cual un metal reacciona con su medio ambiente para formar óxido o algún otro compuesto. La celda que causa este proceso está compuesta esencialmente por tres componentes: un ánodo, un cátodo y un electrolito (la solución conductora de electricidad). El ánodo es el lugar donde el metal es corroído: el electrolito es el medio corrosivo; y el cátodo, que puede ser parte de la misma superficie metálica o de otra superficie metálica que esté en contacto, forma el otro electrodo en la celda y no es consumido por el proceso de corrosión. En el ánodo el metal corroído pasa a través del electrolito como iones cargados positivamente, liberando electrones que participan en la reacción catódica. Es por ello que la corriente de corrosión entre el ánodo y el cátodo consiste en electrones fluyendo dentro del metal y de iones fluyendo dentro del electrolito.

Aunque el aire atmosférico es el medio más común, las soluciones acuosas son los ambientes que con mayor frecuencia se asocian a los problemas de corrosión. En el término solución acuosa se incluyen aguas naturales, suelos, humedad atmosférica, lluvia y soluciones creadas por el hombre. Debido a la conductividad iónica de estos medios, el ataque corrosivo es generalmente electroquímico.

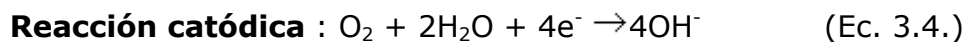
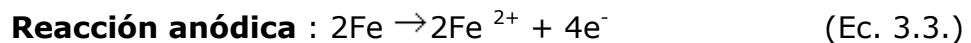
La definición más aceptada entiende por corrosión electroquímica "el paso de electrones e iones de una fase a otra limítrofe constituyendo un fenómeno electródico, es decir, transformaciones materiales con la cooperación fundamental, activa o pasiva, de un campo eléctrico macroscópico, entendiéndose por macroscópico aquel campo eléctrico que tiene dimensiones superiores a las atómicas en dos direcciones del espacio".

En los procesos de corrosión electroquímica de los metales se tiene simultáneamente un paso de electrones libres entre los espacios anódicos y catódicos vecinos, separados entre sí, según el esquema siguiente:



Lo que entraña una corriente electrónica a través de la superficie límite de las fases. En el proceso anódico, el dador de electrones, E_{d1} , los cede a un potencial galvánico más negativo, y dichos electrones son captados en el proceso catódico por un aceptor de electrones, E_{c2} , con potencial más positivo.

Como vemos la corrosión electroquímica involucra dos reacciones de media celda, una reacción de oxidación en el ánodo y una reacción de reducción en el cátodo. Por ejemplo para la corrosión del hierro en el agua con un pH cercano a neutralidad, estas semireacciones pueden representarse de la siguiente manera:



Por supuesto que existen diferentes reacciones anódicas y catódicas para los diferentes tipos de aleaciones expuestas en distintos medios.

3.1.1. Aspectos termodinámicos

Las diferencias de potencial electroquímico son el origen de que las regiones actúen como ánodos o cátodos. Por lo tanto, el conocimiento del potencial electroquímico permite averiguar el mecanismo de corrosión y decidir quién actuará como ánodo y como cátodo.

La ley de Faraday relaciona la velocidad de disolución de un metal a cualquier potencial, v_M , y la densidad de corriente parcial anódica para la disolución del metal, i_{aM} , mediante la ecuación:

$$v_M = \frac{i_{aM}}{nF} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

En la expresión anterior, n es el número de carga, el cual indica el número de electrones intercambiados en la relación de disolución; F es la constante de Faraday, $1F=96485$ C/mol, que indica la carga que transporta un mol de electrones.

Si no existe polarización externa, un metal en un medio oxidante adquiere espontáneamente un cierto potencial, denominado potencial de corrosión, E_{corr} . La densidad de corriente parcial anódica en el potencial de corrosión es igual a la densidad de corriente de corrosión i_{cor} :

$$V_{M(E=E_{cor})} = V_{cor} = \frac{i_{cor}}{nF} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

El cambio de energía libre ΔG para una reacción química, en general, puede expresarse en función del cambio de energía libre en condiciones estándar ΔG^0 , de la constante de los gases R , de la temperatura T y de la constante Q , a través de la ecuación:

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q \quad (\text{Ec. 3.7.})$$

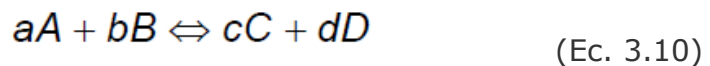
De esta forma para una sustancia s y siendo a_s su actividad se tiene:

$$G_s = G_s^0 + RT \ln a_s \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Para una reacción electroquímica, que no deja de ser un tipo de reacción química, el cambio de energía libre también se puede expresar en función de la constante de Faraday F , del número de electrones intercambiados n y del potencial al que tiene lugar el proceso E , de acuerdo con la expresión:

$$\Delta G = -nFE \quad (\text{Ec. 3.9})$$

En una reacción cualquiera del tipo:



La energía libre es la diferencia entre la energía libre molal de productos y reactivos:

$$\Delta G = cG_c + dG_d - aG_a - bG_b \quad (\text{Ec. 3.11})$$

Sustituyendo la Ec.3.8 en la Ec. 3.11 se obtiene:

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln \frac{a_c^c \cdot a_d^d}{a_a^a \cdot a_b^b} \quad (\text{Ec. 3.12})$$

y teniendo en cuenta la Ec. 3.9 se deduce que:

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_C^c \cdot a_D^d}{a_A^a \cdot a_B^b} \quad (\text{Ec. 3.13})$$

Esta ecuación se conoce con el nombre de *ecuación de Nernst* y expresa el potencial de un electrodo en función de las actividades de los iones y de la temperatura. E° representa el cambio de energía libre estándar para la reacción electroquímica y se denomina potencial normal o estándar.

Cabe destacar que en la mayoría de casos es habitual manejar concentraciones en lugar de actividades, puesto que las primeras son más fáciles de conocer, es decir, en la práctica se considera que el factor de actividad es igual a la unidad para disoluciones diluidas. Siguiendo el mismo criterio, cuando se trata de gases se utilizan presiones parciales en vez de fugacidades.

3.1.2. Series electroquímicas y galvánicas

Al introducir un metal en una disolución, algunos de sus átomos pierden sus electrones y pasan a la disolución en forma de ión, dando lugar a una diferencia de potencial en la interfase metal-electrolito, que se opone a la entrada en solución de más iones. Para una diferencia específica para cada sistema metal-solución, se alcanza un equilibrio en el cual el intercambio entre átomos metálicos y sus iones se realiza a igual velocidad en ambos sentidos. En este punto, la variación de energía libre es cero, por lo que, atendiendo a la ecuación 3.9, el potencial también lo será y por tanto:

$$E^{\circ} = - \frac{RT}{nF} \ln Me^{n+} \quad (\text{Ec. 3.14})$$

En condiciones estándar se puede obtener un valor de potencial para cada sistema de este tipo, de manera que pueden establecerse series de potenciales ordenando los distintos equilibrios en función de los valores que toma E° .

Los potenciales normales o estándar se refieren al semielemento H^+/H_2 constituido por una lámina de platino cubierta con negro de platino sumergida en una disolución ácida de actividad igual a 1 y saturada con gas hidrógeno a la presión de 1 atmósfera. Este potencial se toma como cero arbitrario de potenciales. El otro semielemento lo forman los diversos metales frente a soluciones de sus iones de actividad la unidad. De este modo es posible disponer los potenciales normales de los metales, de reducción u oxidación,

de una forma ordenada. A estas disposiciones se las denomina series electroquímicas.

Esta serie aparece ordenada respecto al proceso de reducción, de modo que los metales que tienen un potencial de reducción positivo se oxidan con mayor dificultad que los de potencial de reducción negativo.

Puesto que el potencial depende directamente de las actividades, el valor del mismo se puede ver muy afectado por el medio en que se encuentre el metal, hasta el punto de invertir la secuencia de la serie electroquímica. Esto da lugar a las series galvánicas, que son disposiciones de metales y aleaciones de acuerdo con los potenciales reales medidos en un determinado medio.

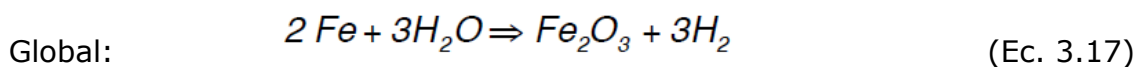
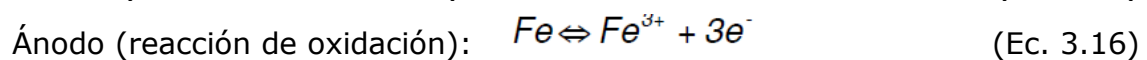
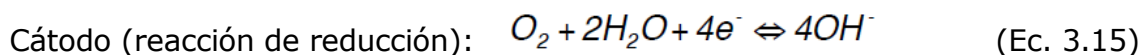
3.2. Corrosión del acero

El acero es una aleación de hierro y de carbono (entre 0.05% y 2%), que se constituye como uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil y más adaptable gracias a combinar la resistencia y la posibilidad de ser trabajado con un precio asequible.

El acero es pues, hierro altamente refinado (más del 98%) y su fabricación comienza con la reducción de hierro (producción de arrabio). El hierro puro no se encuentra en la naturaleza, pues reacciona fácilmente con el oxígeno del aire para formar óxido de hierro o herrumbre, dado a que posee un estado energético más elevado que sus óxidos o sales.

Esta facilidad del hierro para volver a su estado natural como óxido es el principal inconveniente del acero y es lo que produce su corrosión.

Las reacciones implicadas en este proceso de corrosión son:



3.3. Cinética de la corrosión

Un aspecto importante a considerar es la velocidad con la que tiene lugar la corrosión y los factores que afectan a la misma.

La corrosión es un fenómeno donde interviene una reacción anódica y otra catódica. En el instante que se produce la corrosión, la velocidad de oxidación anódica tiene que ser igual a la velocidad de reducción catódica. En el caso de trazar las curvas de polarización anódica y catódica nos dará un punto de intersección, que corresponde al potencial de corrosión y a la

densidad de corrosión o mixto, que será proporcional a la velocidad de corrosión.

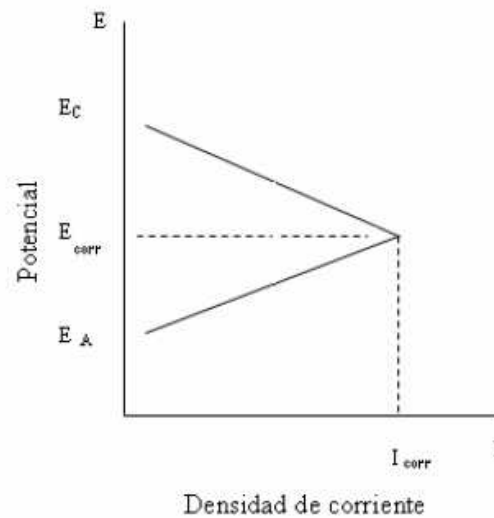


Figura 3.1 Diagrama de Evans.

3.3.1. Polarización

Se entiende como polarización a la disminución de la diferencia de potencial entre los electrodos que tiene lugar al cerrarse el circuito. El potencial cuando circula corriente es distinto al potencial en circuito abierto.

Los mecanismos que originan la polarización pueden ser de tres tipos diferentes:

- La polarización por activación está relacionada con la energía de activación que se necesita para que la reacción tenga lugar en un electrodo. Para superar la energía de activación es necesaria una sobretensión, para la reacción anódica o catódica.

La polarización por activación se puede calcular según Tafel como:

$$\eta = \beta \cdot \log \frac{i}{i_0} \quad (\text{Ec. 3.18})$$

Siendo i_0 la densidad de corriente de intercambio. En el caso de tener polarización catódica, $\beta < 0$. En cambio, en la polarización anódica $\beta > 0$.

- La polarización por resistencia tiene lugar por la modificación del equilibrio por la presencia de una resistencia de valor elevado en el electrolito o el electrodo. Su valor se calcula de la forma siguiente:

$$\beta_R = I \cdot R \quad (\text{Ec. 3.19})$$

R es la resistencia del electrolito situado en las proximidades del electrodo e I es la intensidad de corriente.

- La polarización por concentración es debida a los cambios de concentración en las proximidades del electrodo durante el proceso de difusión de los iones hacia el electrodo, creándose una zona de agotamiento. Se puede calcular así:

$$\eta_c = \frac{RT}{nF} \ln\left(1 - \frac{i}{i_L}\right) \quad (\text{Ec. 3.20})$$

Siendo i_L la densidad de corriente límite.

En la mayoría de los procesos de corrosión la contribución mayor corresponde a la polarización por activación.

3.4. Tipos de corrosión

La corrosión se puede clasificar atendiendo al medio que la produce (por ácidos, atmosférica, por suelos, etc.), al mecanismo o la morfología del ataque (uniforme, localizado, etc.) o a las condiciones físicas que la motivan (cavitación, corrientes vagabundas, etc.)

Según el medio agresivo

- Corrosión ambiental: es la que produce mayor cantidad de daños en un material y en mayor intensidad. Está influenciada por la humedad, temperatura, impurezas y la naturaleza del metal.

- Corrosión por suelos: se trata de procesos de degradación observados en estructuras enterradas, y cuya intensidad depende de factores como la humedad, composición o pH.
- Corrosión por aguas: es de tipo electroquímica, por reacción entre el acero y cantidades elevadas de electrolito, que forma un óxido rojizo sobre la superficie.
- Corrosión microbiológica: es causada por los procesos biológicos y químicos que provocan los microorganismos adheridos a la superficie de los metales a través de biofilms.
- Corrosión por corrientes vagabundas: aparece por el efecto combinado de las condiciones naturales y la actuación humana, proveniente de vías férreas electrificadas, estaciones de alta y baja tensión, equipos de soldadura, etc.

Según la morfología del ataque

- Corrosión uniforme, homogénea o generalizada: se manifiesta en forma de agresión progresiva y a velocidad constante en el tiempo sobre toda la superficie expuesta, de manera que la penetración media es aproximadamente la misma en todos los puntos.
- Corrosión galvánica o por contacto: aparece cuando dos elementos metálicos están unidos entre sí con continuidad eléctrica, en presencia de un electrolito, formando una pila.
- Corrosión por picadura: se localiza en zonas aisladas de la superficie. Es agresiva y peligrosa pues actúa en profundidad en pequeñas áreas, que no suelen superar los dos milímetros cuadrados, y se propagan hacia el interior del metal formando pequeños túneles que avanzan rápidamente.
- Corrosión selectiva o en placas: es un caso intermedio entre la corrosión uniforme y la corrosión por picadura, puesto que se produce un ataque localizado en determinadas zonas de la superficie metálica.
- Corrosión intergranular: el ataque se localiza en los límites de grano del metal, provocando una pérdida de coherencia entre los mismos y alterando las propiedades mecánicas del material.

- Corrosión en resquicio: se presenta en uniones, intersticios, zonas de solape, zonas roscadas, y en general, en aquellas regiones mal aireadas o en las cuales la renovación del medio corrosivo está condicionada por mecanismos de difusión.

Según las condiciones físicas

- Corrosión bajo tensión o fisurante: se da cuando una aleación está sometida a tensión mecánica de tracción y se encuentra en un medio agresivo. Se caracteriza por la aparición de grietas o fisuras que avanzan en la dirección normal a la de aplicación de la tensión.
- Corrosión por fatiga: se debe a la acción conjunta de un medio corrosivo y una tensión cíclica, que pueden producir la fractura del material.
- Corrosión por erosión: se origina por el ataque de un fluido que contiene partículas sólidas capaces de causar un desgaste mecánico sobre la capa pasiva superficial de un metal.
- Corrosión por cavitación: tiene lugar por el paso a gran velocidad de un fluido sobre la superficie metálica por causas puramente fluido-dinámicas. Se crean áreas de baja presión generando burbujas en el fluido que explotan con rapidez dando ondas de choque, que destruyen la capa pasiva. Puede aparecer en bombas, turbinas, hélices y órganos en rotación o sometidos a vibración en un fluido.

4. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

4.1. Introducción

Un control eficaz de la corrosión radica en un buen diseño tanto de la forma de una pieza, como de su colocación o del material de construcción, teniendo en cuenta las condiciones que debe soportar y el ataque que puede sufrir con más posibilidad.

Sin embargo, el diseño está a veces limitado por factores económicos, de disponibilidad u otros, que hacen imprescindible proteger el material por algún medio.

Los distintos métodos de protección se pueden clasificar según sigue:

- Protección con revestimientos:
 - Revestimientos metálicos
 - Revestimientos inorgánicos (no metálicos)
 - Revestimientos orgánicos
 - Revestimientos con planchas
 - Revestimientos con pinturas
- Protección catódica
- Protección con inhibidores

Puesto que este proyecto se basa en el estudio de distintas pinturas, este capítulo centrará la atención en este tipo de revestimiento.

4.2. Revestimientos orgánicos con pinturas

Los revestimientos orgánicos, ya sean planchas o pinturas, tienen la doble función de establecer una barrera entre el sustrato a proteger y el medio agresivo, y aumentar la resistencia eléctrica del medio gracias a sus bajas constantes dieléctricas.

La mayoría de los problemas de los recubrimientos son de adherencia y están ligados al estado de la superficie, porque lo que su preparación es la clave del éxito en la aplicación del revestimiento.

El método más empleado en la protección contra la corrosión metálica es la aplicación de revestimientos con pinturas, debido a que existen una gran variedad de ellas en el mercado que cubren todas las necesidades y a que es una técnica sencilla y de coste asequible.

Los principales problemas de estos revestimientos son la dificultad de aplicación uniforme, la porosidad y la baja resistencia ante cambios de temperatura extremos y ciertos efectos de erosión-abrasión. En condiciones en que se trabaje con agentes muy agresivos, temperaturas elevadas, abrasión-erosión, o bien sea necesaria una cierta resistencia mecánica o una durabilidad de más de 15 años, no es recomendable la utilización de pinturas.

5. DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS

5.1. Composición

La pintura es un fluido pigmentado que puede extenderse sobre una superficie y que por un proceso físico o físico-químico solidifica, resultando una película adherida a la superficie tratada.

Las pinturas están formadas por un vehículo, constituido por un ligante y un disolvente, un pigmento en forma de polvo insoluble que se dispersa en el vehículo y diferentes tipos de pequeñas proporciones.

5.1.1. Vehículo

El vehículo es la parte líquida de la pintura. El ligante, llamado también resina, constituye la parte no volátil del vehículo y es el responsable de la adherencia de la pintura al sustrato. Generalmente está formado por un polímero de alto peso molecular y proporciona la resistencia química de la pintura. El disolvente mantiene en disolución las resinas y transformarlas en líquidos de viscosidad adecuada. Es la parte volátil del vehículo, el cual se evapora durante la aplicación de una pintura y la posterior formación de la película seca. Por lo tanto, los disolventes tienen gran influencia en las propiedades de aplicación, en el tiempo de secado de una pintura y el punto de inflamación.

Dada la toxicidad elevada de determinados disolventes orgánicos, así como el riesgo de inflamación que conllevan en su utilización, existe una tendencia a su abandono progresivo. El desarrollo de alternativas ha llevado a la utilización de resinas líquidas de baja viscosidad que no precisen disolventes, curan por la acción de los rayos ultravioleta, y a la utilización de agua en resinas emulsionables en este medio.

5.1.2. Pigmento

El pigmento es la parte sólida de la pintura, distribuida en pequeñas partículas insolubles en suspensión en el vehículo. Su función es dar color y opacidad a la pintura, así como disminuir la permeabilidad de la película y contribuir a la protección anticorrosiva.

Los pigmentos se pueden clasificar según su función o su naturaleza química.

Pigmentos según su función:

- *Pigmentos anticorrosivos*: impiden o inhiben la corrosión metálica.

- *Pigmentos barrera*: actúan como separador entre el medio y el metal y son químicamente inertes.
- *Pigmentos pasivadores*: actúan mediante pasivación anódica o catódica.
- *Pigmentos que generan una protección catódica*.

Tanto a los pasivadores como a los de protección catódica se los engloba dentro del grupo de los *pigmentos anticorrosivos activos*.

- *Pigmentos cubrientes y colorantes*.
- *Pigmentos de extensión o refuerzo*: también conocidos como cargas. Como ya se ha comentado con anterioridad, suelen ser pigmentos de coste menor que mejoran, generalmente, las propiedades mecánicas de la pintura.
- *Pigmentos antiincrustantes*: impiden el crecimiento de microorganismos, especialmente en cascos de buques y circuitos de refrigeración.
- *Pigmentos fungicidas*: impiden el crecimiento de hongos.
- *Pigmentos ignífugos*: aumentan la resistencia de la pintura al fuego.

Pigmentos según su naturaleza química:

- *Pigmentos naturales y sintéticos*: Los pigmentos orgánicos, en su forma natural, no se utilizan ya industrialmente. Sin embargo, muchos pigmentos inorgánicos extraídos de la tierra, molidos, lavados y clasificados por tamaño, se siguen utilizando. Frecuentemente, existe un equivalente sintético, es decir, un pigmento hecho a partir de otros componentes por un proceso químico. Éste es aparentemente igual desde el punto de vista químico, pero presenta a veces otras propiedades. Las diferencias surgen porque el pigmento natural se encuentra disponible en una forma cristalina determinada y el sintético se puede manipular hasta obtener una forma más adecuada. También existe la posibilidad que el producto natural esté contaminado con alguna impureza, o bien que tenga una gama de tamaños de partícula muy amplia que provoque que los métodos de clasificación normales sean insuficientes.
- *Pigmentos orgánicos e inorgánicos*: En la actualidad hay más pigmentos orgánicos que inorgánicos. En la mayoría de casos se

podría optar por los pigmentos inorgánicos, pero el brillo y la claridad que aportan los orgánicos provocan que su utilización prevalezca sobre los inorgánicos en la mayoría de los casos.

5.1.3. Aditivos

Los aditivos son sustancias que se añaden en pequeñas cantidades a la pintura para mejorar determinadas propiedades puntuales de las pinturas. Algunos ejemplos son la mejora y facilidad de la producción, mejora de la estabilidad y la vida en almacén de las mismas, reducción del tiempo de secado y disminución de la tendencia al lagrimeo.

5.2. Aplicación

Las formas de aplicación de la pintura son muy variadas, desde brocha, rodillo, pistola con aire comprimido y pistola electrostática. También se puede pintar por inmersión, sumergiendo el objeto en la pintura y dejando escurrir el sobrante.

Con cada técnica se requiere una consistencia de pintura distinta y su contenido en sólidos suele determinar los procedimientos más recomendados en cada caso.

El método de inmersión tiene la ventaja del bajo coste, ya que no requiere equipos especiales. Además, es capaz de cubrir con pintura las zonas de difícil acceso. Pero por otro lado, el escurrido no es uniforme y el gasto de pintura es mayor que con otras técnicas.

El pintado con brocha también es un método de bajo coste porque no se requieren equipos especiales. Como inconveniente, las posibles imperfecciones en la superficie debido al desprendimiento de cerdas y el gasto de pintura.

Pintar mediante rodillo tampoco implica un gran coste y se reduce el tiempo de pintado cuando las superficies son grandes. Pero no hay una buena cobertura en los bordes o esquinas y se crean imperfecciones en la superficie por el dibujo que deja el propio rodillo.

La aplicación con pistola es uniforme, el tiempo de aplicación es corto y casi no existe desperdicio de pintura. Por el contrario, requiere un coste mayor que en las técnicas anteriores ya que se precisan un compresor de aire, filtros, pistola y una instalación acondicionada.

5.3. Tipos de pinturas

Existen diferentes formas de clasificar las pinturas:

- *Según el medio dispersante:* dispersas en agua, dispersas en disolventes orgánicos (aglutinante disuelto en el disolvente, aglutinante dispersado en el disolvente).
- *Según la cantidad de medio dispersante:* bajo contenido en sólidos, alto contenido en sólidos, en polvo.
- *Según el proceso en que se basa el secado de la película de pintura:* por evaporación del disolvente, por reacción química (de dos componentes-la reacción se produce al mezcla los dos componentes-, de un componente-la reacción tiene lugar con el oxígeno del aire o la humedad-), por radiación.
- *Según su función:* imprimación, de fondo, de acabado.
- *Según la naturaleza química del aglutinante:* alquídicas, clorocauchos, epoxídicas, poliuretanos, vinílicas, acrílicas, siliconadas.

6. POLÍMEROS CONDUCTORES COMO PROTECTORES CONTRA LA CORROSIÓN

6.1. Introducción

Los polímeros conductores pertenecen al grupo de conductores eléctricos orgánicos e inorgánicos.

Todo comenzó a principios de los años setenta, cuando un estudiante de Hideki Shirakawa se encontraba realizando una síntesis de poliacetileno a partir de gas acetileno. Como resultado no obtuvo un polvo negro oscuro y opaco, sino una película con apariencia de aluminio y pegadiza. Esto fue por una equivocación, se le agregó unas mil veces más catalizador que el requerido. Aunque la función del catalizador es favorecer la reacción de polimerización, una cantidad excesiva provocó importantes cambios en la estructura del polímero.

A partir de entonces, tanto Shirakawa como otros dos investigadores, Heeger y Mac Diarmid, se centraron en el estudio de los polímeros conductores. Fue entonces cuando decidieron dopar mediante la adición de pequeñas cantidades de ciertos átomos para modificar sus propiedades físicas. Probaron

dopar el poliacetileno con vapor de yodo. Con esto, consiguieron aumentar su conductividad en mil millones de veces. Este tratamiento con halógenos se denominó dopado, debido a su analogía con el dopado de semiconductores.

Después de muchos años dedicados al estudio de los polímeros conductores, los profesores Heeger, MacDiarmid y Shirakawa fueron galardonados con el Premio Nobel de Química en el año 2000 por el descubrimiento y desarrollo de los polímeros conductores.

6.2. Estructura de los polímeros conductores

Un polímero está formado por moléculas que repiten su estructura en forma periódica, dando como resultado una cadena muy larga. Los principales componentes de dichas moléculas son átomos de carbono e hidrógeno, además de otros elementos como el nitrógeno, el azufre y el oxígeno, ninguno de los cuales destaca como buen conductor de la electricidad.

Para que haya electricidad se necesita un flujo eléctrico proveniente del movimiento de electrones en un conductor, los cuales pueden moverse dentro y a través de estados discretos de energía, conocidos como bandas. Cada banda tiene una capacidad finita de ser ocupada por electrones y las bandas también pueden estar vacías. El movimiento de los electrones ocurre únicamente entre bandas parcialmente llenas y la conducción de electricidad no puede llevarse a cabo ni en bandas completamente llenas ni en bandas vacías, como es el caso de los aislantes o de los semiconductores.

Los metales poseen bandas parcialmente llenas. Existen dos tipos de bandas que determinan las propiedades de conducción de electricidad. Por una parte, la banda que tiene el mayor grado de ocupación es llamada banda de valencia, mientras que la banda superior a ésta es conocida como banda de conducción.

Los polímeros ordinarios se comportan como aislantes, ya que tienen una banda de valencia llena y una banda de conducción vacía. En el caso de materiales aislantes existe una importante separación energética entre estas dos bandas, mientras que en el caso de los semiconductores esta separación es algo menor. Por otra parte, los polímeros conductores se diferencian de los polímeros aislantes debido, principalmente, a la presencia de agentes dopantes que modifican la cantidad de electrones en las distintas bandas. Los dopantes conocidos como tipo p remueven electrones de la banda de valencia, dejando a la molécula cargada positivamente. Los dopantes tipo n agregan electrones a la banda de conducción. De esta manera, la carga de la molécula resultará de signo negativo. Esta carga agregada al esqueleto del polímero produce un cambio pequeño, pero significativo en la posición de los átomos.

El polímero se convierte así en conductor de electricidad. Dependiendo de la molécula empleada como dopante y de su concentración, la conductividad del polímero puede variar en varios órdenes de magnitud. La conductividad

puede ser maximizada si las cadenas de polímero se encuentran alineadas en la dirección del flujo eléctrico. Este alineamiento puede lograrse simplemente mediante el estiramiento de la película polimérica. La pureza del polímero también afecta su conductividad.

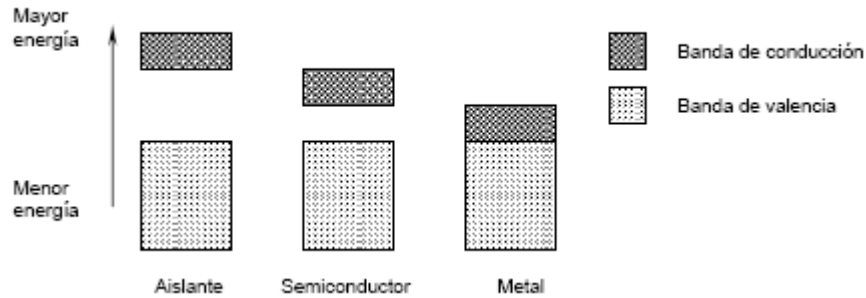


Figura 6.1. Esquema de bandas para los diferentes tipos de materiales.

6.3. La conductividad eléctrica

La *conductividad* está definida por la ley de Ohm:

$$E = \Omega \cdot I \quad (\text{Ec. 6.1})$$

donde I es la intensidad de corriente (en Amperios) a través de un medio resistente y E es la caída de potencial (en Voltios) a través suyo. La constante proporcional Ω se denomina *resistencia*, medida en Ohmios (Ω). La inversa de la resistencia (Ω^{-1}) se conoce como *conductancia*. La ley de Ohm es empírica, relacionada con procesos termodinámicos irreversibles, el flujo I , como resultado de un gradiente de potencial, conduce la energía a ser disipada.

No todos los materiales obedecen a la ley de Ohm. Tubos en los que se ha hecho el vacío, semiconductores o conductores en una sola dirección, como es el caso de una cadena lineal de polímero, suelen desviarse de esta ley.

En los materiales Óhmicos la resistencia es proporcional a la longitud (l) de la muestra e inversamente proporcional a la sección (A) de la misma:

$$\Omega = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

(Ec. 6.2)

donde ρ es la resistividad medida en $\Omega \cdot m$. Su inversa $\sigma = \Omega^{-1}$ es la *conductividad*. La unidad de la conductancia es el Siemens ($S = \Omega^{-1}$). La unidad de la conductividad es S/m.

La conductividad depende de la densidad de portadores de carga (n , número de electrones) y de la rapidez con que se pueden mover en el material (μ , movilidad):

$$\Sigma = n \cdot \mu \cdot e \quad (\text{Ec. 6.3})$$

donde e es la carga del electrón.

La conductividad depende de la temperatura. Normalmente, para el caso de materiales metálicos u otros materiales que imitan su comportamiento, como es el caso de los polímeros conductores, la conductividad aumenta con la disminución de temperatura. En cambio, para semiconductores y aislantes el comportamiento es el contrario y generalmente la conductividad disminuye a temperaturas bajas.

En la figura 6.2 se compara la conductividad de los polímeros conductores respecto a otros materiales.

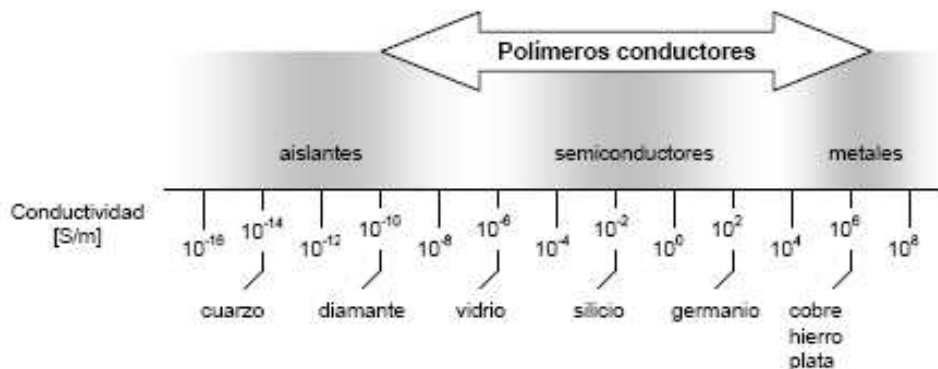


Figura 6.2 Conductividad de los polímeros conductores respecto a otros materiales, desde el cuarzo (aislante) hasta el cobre (conductor).

6.4. Aplicaciones de los polímeros conductores

Las potenciales aplicaciones de estos polímeros son todas aquellas en que puedan reemplazar a los metales, ya sea para obtener mejores resultados por sus características particulares o propiedades superiores, o bien porque ciertos metales son tóxicos o dañan al medio ambiente.

Entre las aplicaciones que actualmente se están estudiando, desarrollando o mejorando están:

- Baterías más respetuosas con el medio ambiente y de mayor duración

- Sensores y dispositivos electromecánicos
- Celdas electrocrómicas
- Radars
- Aplicaciones biomédicas: músculos o nervios artificiales
- Aplicaciones analíticas: detección y separación de iones específicos
- Protección contra la corrosión

La aplicación de mayor interés es aquella en la que se basa el presente proyecto, la protección contra la corrosión.

Las propiedades inhibidoras de la corrosión de los polímeros conductores fueron analizadas por MacDiarmid en 1985. Desde entonces, se han propuesto distintos mecanismos que pueden provocar esta protección, aunque la naturaleza de ninguno de ellos ha sido suficientemente probada.

El primero de ellos es un proceso galvánico por el cual el polímero, al tener un potencial de oxidación más bajo, se oxida formando una capa densa y muy adherente, de baja porosidad y generalmente insoluble, que protege el revestimiento y el metal.

Otro mecanismo propuesto es que el polímero reacciona con la superficie del metal y contribuye a la formación de una capa de pasivación que protege al metal mediante un efecto barrera o mediante un cambio de potencial, o bien mediante los dos.

El tercer mecanismo consistiría en la formación de un campo eléctrico en la superficie del metal que restringiría el flujo de electrones de éste a las sustancias oxidantes, evitando así la corrosión del mismo.

7. RESINAS EPOXI

7.1. Introducción

Las resinas epoxídicas se produjeron por primera vez en 1947, están constituidas por moléculas de mayor o menor peso molecular que contienen en su estructura grupos reactivos epoxi, como el que se muestra en la Fig. 7.1, susceptibles de reaccionar con hidrógenos activos de otras moléculas, polimerizando con ellas y formando estructuras reticulares tridimensionales de propiedades muy estimables en el mundo de las pinturas o recubrimientos orgánicos. Además, la mayoría de estas resinas contienen también grupos –OH susceptibles de tomar parte en las reacciones de polimerización formando enlaces cruzados que refuerzan la retícula.



Figura 7.1 Grupo epoxi.

En general, los tipos de moléculas que se emplean para polimerizar con resinas epoxi son aminas, amidas, ácidos orgánicos, anhídridos, resinas fenólicas, etc.

Las propiedades generales de una pintura formulada con resinas epoxi dependen del peso molecular y de la reactividad de la resina empleada, así como de la naturaleza del agente de curado o endurecedor utilizado para polimerizar con ella. El proceso de polimerización entre las dos resinas recibe habitualmente el nombre de curado.

Según el tipo de agente de curado empleado, la reacción puede producirse a temperatura ambiente o bien a temperatura del orden de 170-200°C en el interior de hornos adecuados. Las pinturas epoxi de curado a temperatura ambiente se presentan en dos envases, uno con la resina epoxi y otro con el endurecedor, constituyendo un producto de dos componentes que hay que mezclar íntimamente antes de proceder a su aplicación. La mayoría de productos de curado a temperatura ambiente precisan de una temperatura mínima para desarrollar correctamente las reacciones de reticulación, que se sitúa en unos 5-10°C, aunque en la actualidad es posible encontrar productos que curan a 0°C e incluso a bajo cero.

Según el grado de reactividad del sistema a veces es necesario esperar un cierto período de tiempo entre la mezcla y la aplicación (de 15 a 30 minutos), denominado período de inducción, para que la reacción entre ambas resinas se inicie. Esto no es necesario en sistemas muy reactivos formulados a base de resinas epoxi de bajo peso molecular.

Dado que la reacción se inicia y va avanzando una vez realizada la mezcla, cada tipo de producto posee una vida limitada de mezcla (*pot-life*) transcurrido el cual la viscosidad ha aumentado de tal manera que el producto es inaplicable. Los fabricantes facilitan en sus fichas técnicas el valor del *pot-life*, dentro del cual debe efectuarse la aplicación. Además, la reacción suele ser exotérmica por lo que la pintura se calienta de forma más o menos apreciable según la reactividad del sistema, lo que va acelerando la reacción.

Es frecuente que el componente que contiene la resina epoxi vaya pigmentado y el otro no, aunque a veces sucede al revés e incluso en algunas ocasiones se pigmentan ambos componentes.

Las pinturas formuladas con resina epoxi tienen una serie de propiedades generales muy estimables:

- Muy buena adherencia a la mayoría de los sustratos.
- Gran tenacidad.
- Elevada dureza superficial y en profundidad.
- Elevada resistencia química a polucionantes atmosféricos y a la inmersión en gran número de productos químicos.
- Gran impermeabilidad y resistencia a la penetración de agua dulce y de mar.

Sin embargo, su principal limitación consiste en la baja retención de color y brillo, mostrando una marcada tendencia a amarillear y a motear a la intemperie.

7.2. Obtención y propiedades

Las resinas epoxi se obtienen a partir de la reacción entre la epiclorhidrina y un compuesto polihidroxilado, normalmente el difenol propano o Bisfenol A, aunque también pueden emplearse monómeros de fenol-formaldehido como el Bisfenol F.

En la reacción entre el Bisfenol A y la epiclorhidrina en presencia de hidróxido sódico se obtiene en primer lugar el diglicidil éter del Bisfenol A, con dos grupos epoxi reactivos en cada molécula, que constituye la resina epoxi de menor peso molecular y menor viscosidad existente. Esta reacción se muestra a continuación, en la Fig. 7.2:

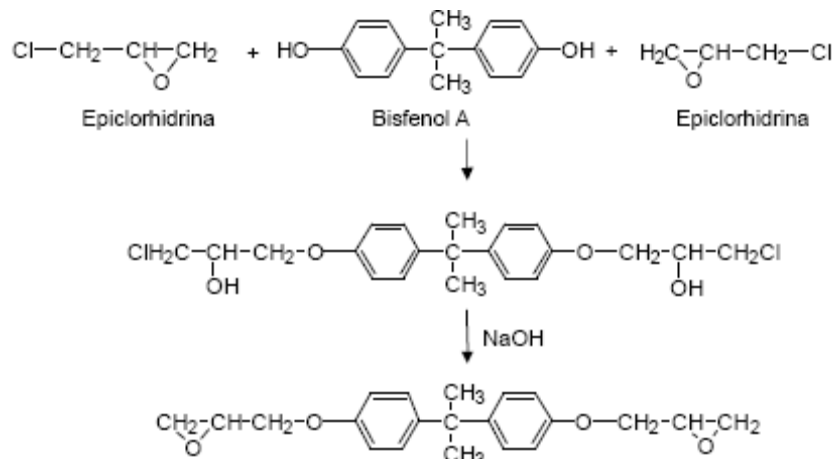


Figura 7.2 Reacción entre el Bisfenol A y la epiclorhidrina para formar una resina epoxi.

Prosiguiendo la reacción se obtienen resinas epoxi de cadenas cada vez más largas y de pesos moleculares mayores, según el número de veces que se repite la unidad funcional (entre corchetes), como se muestra en la Fig. 7.3:

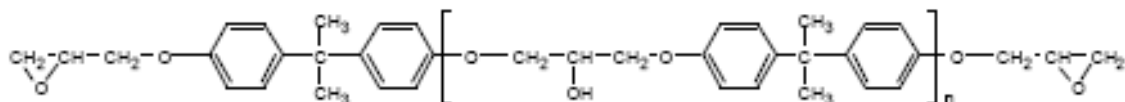


Figura 7.3 Resina epoxi de cadena larga y peso molecular elevado.

Para valores de n comprendidos aproximadamente entre 0 y 1.5-2 las resinas epoxi son líquidas de viscosidad más o menos elevada, mientras que a medida que aumenta el valor de n las resinas epoxi son sólidas de punto de fusión cada vez más elevado, como se ve en la Tabla 7.1:

Tabla 7.1 Relación entre el peso molecular, el peso equivalente, el punto de fusión y n .

Valor de n	Peso molecular	Peso equivalente de epoxi	Punto de fusión (°C)
0 - 1	340 - 624	170 - 312	< 40
1 - 2	624 - 900	312 - 475	40 - 70
2 - 4	900 - 1400	475 - 900	70 - 100
4 - 9	1400 - 2900	900 - 1750	100 - 130
9 - 12	2900 - 3750	1750 - 3200	130 - 150

Las resinas obtenidas en la práctica raramente tienen un valor de n entero sino que, al no ser nunca completas las reacciones químicas entre la epíclorhidrina y el Bisfenol A, se obtienen números fraccionarios. Además, algunas de las moléculas no terminan con un grupo epoxi en cada extremo, sino con uno sólo, lo cual altera también la funcionalidad. En la práctica se encuentran resinas con 1.3-1.5 grupos epoxi por molécula, en lugar de los 2 teóricos.

Las resinas de Bisfenol A se encuentran en el mercado en una gama muy extensa de pesos moleculares, pesos equivalentes de epoxi y viscosidades, que van desde líquidas de baja viscosidad hasta sólidas difíciles de disolver en los disolventes adecuados.

Las resinas formuladas a base de Bisfenol F, mucho menos habituales, se obtienen por la reacción de núcleos teóricos de difenil-metano (Fig. 7.4) dando resinas que, para un mismo número de grupos epoxi (normalmente

dos por molécula), tienen menor peso molecular, viscosidad, peso equivalente de epoxi y una mayor reactividad.

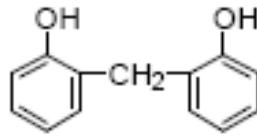


Figura 7.4 Difenil-metano.

Para resinas de peso molecular medio pueden utilizarse hidrocarburos aromáticos (xileno y tolueno) como disolventes, mezclados o no con alcoholes superiores, mientras que para resinas de peso molecular elevado hay que recurrir a mezclas de hidrocarburos aromáticos con cetonas, ésteres y éteres de glicol.

Las resinas epoxi líquidas de bajo peso molecular se utilizan principalmente para la fabricación de recubrimientos exentos de disolventes con buena fluidez y penetración en el sustrato, cuando se requiere además una buena capacidad de nivelación, o bien para el pintado de interior de depósitos que deban contener productos alimenticios (aceite, agua, vino, etc.). Su capacidad de reticulación es elevada por lo que dan recubrimientos de alta resistencia mecánica y química que curan con relativa facilidad, pero que en contrapartida tienen una vida de mezcla y un intervalo máximo de repintado bastante cortos.

Por su parte, la utilización de las resinas sólidas de alto peso molecular se centra preferentemente en recubrimientos de alta impermeabilidad para la protección anticorrosiva del acero a la intemperie, en inmersión o enterrado. Éstas presentan un curado y un intervalo máximo de repintado más largo y unas excelentes prestaciones mecánicas en cuanto a dureza y resistencia a la abrasión.

Las resinas epoxi pueden combinarse con breas o con resinas de hidrocarburos, proporcionando así recubrimientos de una gran impermeabilidad, hidrófobos y de gran utilidad en la protección de superficies sumergidas en agua dulce y de mar.

7.3. El peso equivalente de epoxi

El peso equivalente de epoxi (Epoxy Equivalent Weight, EEW) se define como el peso de resina que contiene un equivalente-gramo de epoxi, es decir, el peso de resina que contiene un grupo epoxi.

Si se conoce la composición de la resina, el EEW es fácil de calcular dividiendo el peso molecular de la resina por el número de grupos epoxídicos. Por

ejemplo, la resina epoxi más sencilla, el diglicidil éter del Bisfenol A, tiene un peso molecular de 340 y dos grupos epoxi, con lo que el EEW será 170.

Al no conocer exactamente la composición real de las resinas epoxi comerciales, ya que se trata de mezclas de distintos pesos moleculares y distinta funcionalidad, el EEW de una resina debe determinarse experimentalmente por métodos analíticos. Por ellos, los catálogos de los fabricantes de resinas indican un intervalo de valores para acotarlo.

Otro dato de interés es el índice de epoxi (Epoxy Value), que se define como el número de grupos epoxi en 100 g de resina y que se calcula fácilmente dividiendo 100 por el EEW. Así, si el EEW de una resina es 312, el índice de epoxi será $100/312=0.32$: cada 100 g de resina contendrán 0.32 equivalentes de grupo epoxi.

Todos estos valores son importantes a la hora de realizar cálculos estequiométricos a fin de determinar la relación de mezcla entre una resina epoxi dada y un endurecedor determinado, como se verá más adelante.

Los fabricantes de resinas epoxi las clasifican en diferentes grupos según su EEW, índice epoxi medio y reactividad, tal como se muestra en la Tabla 7.2:

Tabla 7.2 Tipos de resinas epoxi.

RESINA	EEW	Índice epoxi medio	Reactividad
A	172 – 176	0.57	Muy alta
B	192 – 197	0.51	Muy alta
C	230 – 250	0.42	Media
D	500 – 575	0.12	Baja
E	875 - 975	0.11	Baja
F	1600 - 2000	0.055	Muy baja

A medida que crece el peso molecular de la resina aumenta también el EEW y descende el índice de epoxi, lo cual quiere decir que descende la funcionalidad, y por tanto la reactividad, al ser menor el número de equivalentes epoxi por 100 gramos de resina.

Las aminas primarias reaccionan a temperatura ambiente con el grupo epoxi formando aminas secundarias, que a su vez reaccionan con más grupos epoxi formando enlaces entre parejas de moléculas de resina epoxi, tal como se muestra en la Fig. 7.7:

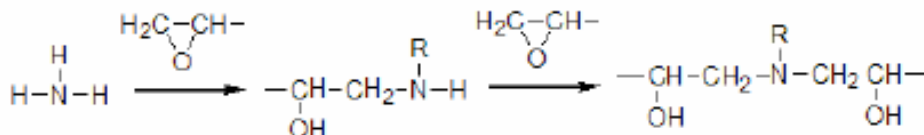


Figura 7.7 Reacciones entre el grupo epoxi y aminas primarias y secundarias

Dado que las aminas primarias son difuncionales con respecto a las resinas epoxi, su empleo proporciona un grado muy elevado de reticulación. Las poliaminas alifáticas más típicamente utilizadas son la dietilén-triamina, la trietilén-tetramina y la tetraetilén-pentamina, así como aductos de estas aminas con resinas y diluyentes epoxi. También se emplean aminas aromáticas tales como la metilén-dianilina, la metafenilén-diamina y la diamino-difenil-sulfona.

En cuanto a las poliamidas, pueden ser consideradas como aminas alifáticas polifuncionales modificadas. Las más empleadas son productos de condensación obtenidos a partir de ácidos grasos diméricos y aminas difuncionales como la etilendiamina. Su fórmula general se muestra en la Fig. 7.8:

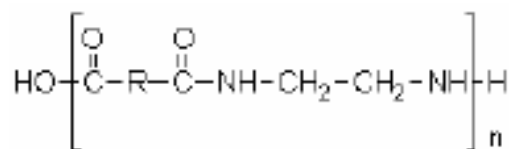


Figura 7.8 Poliamida

La reactividad de las poliamidas con las resinas epoxi es similar a la de las aminas, ya que reaccionan a través de los grupos amínicos libres en cadena. Al tratarse de polímeros relativamente grandes, la proporción entre la poliamida y la resina epoxi es menos crítica que en el caso de las aminas de bajo peso molecular. El curado con poliamidas es más lento que con aminas, mientras que la vida de la mezcla y el intervalo máximo de repintado son más largos.

Las poliamidas suelen ser consideradas como resinas modificantes, además de agentes de curado, ya que confieren al recubrimiento algunas de sus propiedades intrínsecas, dándoles una mayor flexibilidad y adherencia.

El peso equivalente de amina se define como el número de gramos de producto que contiene un grupo amínico activo. Cuando se conoce el peso molecular y la funcionalidad de la amina o poliamida, su cálculo es muy fácil: basta con dividir el peso molecular por el número de grupos amínicos. Por ejemplo, para una amina cuyo peso molecular es 103.2 y que tiene 5 hidrógenos activos, el peso equivalente de amina será $103.2/5=20.6$, lo cual significa que por cada 20.6 gramos de amina o poliamida habrá un hidrógeno activo capaz de reaccionar con un grupo epoxi.

Dado que en la mayoría de los casos los productos comerciales no tienen composiciones definidas, no es posible calcular el peso equivalente de amina, debiendo entonces determinarlo analíticamente.

Conociendo el peso equivalente de epoxi y el de amina es posible calcular estequiométricamente la relación de mezcla entre cualquier resina epoxi y cualquier agente de curado amínico o poliamídico:

$$\text{Partes de amina por partes de epoxi} = \frac{\text{Peso equivalente de amina} \times 100}{\text{Peso equivalente de epoxi}}$$

7.4.2. Otros agentes de curado

Anhídridos

Los anhídridos reaccionan con los grupos hidroxílicos de la resina epoxi para formar grupos carboxílicos, que a su vez reaccionan con los grupos epoxi para formar hidroxidiésteres, los cuales pueden reaccionar con otro grupo anhídrido o con otro grupo epoxi formando un enlace éter. Esta reacción, que se efectúa a 200°C de temperatura y debe ser catalizada por productos, da lugar a un recubrimiento con una resistencia química y mecánica superior a los curados con aminas y poliamidas a temperatura ambiente. En la Fig. 7.9 puede verse dicha reacción:

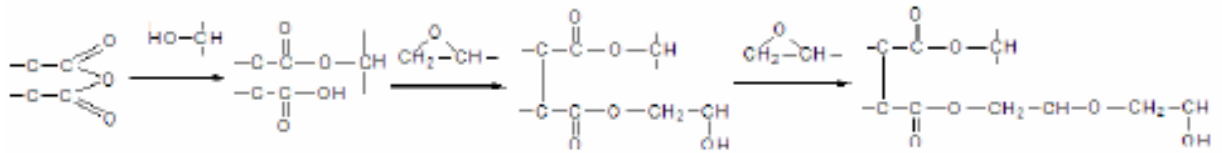


Figura 7.9 Reacciones entre anhídridos y grupos hidroxílicos de la resina epoxi

Resinas fenólicas

Las resinas fenólicas reaccionan con los grupos epoxi cuando se secan en horno a temperaturas de 150-190°C para producir una polimerización de enlaces cruzados, como se ve en la Fig. 7.10:

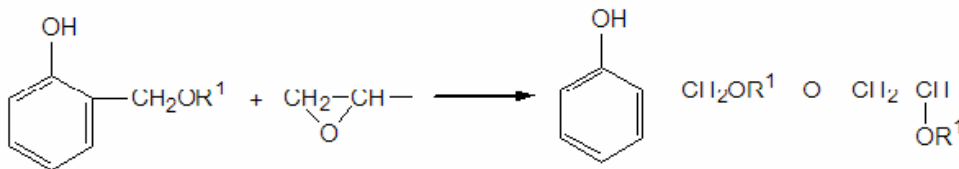


Figura 7.10 Reacción entre resinas fenólicas y grupos epoxi

Los grupos metilol en resina fenólicas pueden reaccionar también con los hidroxilos de las resinas epoxídicas fortaleciendo la reticulación, según se ve en la siguiente Fig. 7.11:

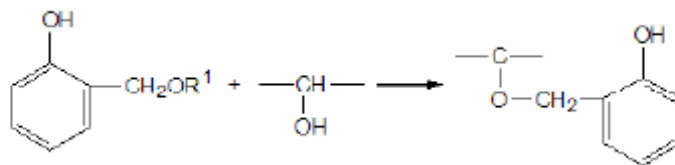


Figura 7.11 Reacción entre los grupos metilol de resinas fenólicas y los grupos hidroxilo

Los recubrimientos epoxi-fenólicos termo-endurecidos presentan una excelente adherencia, dureza, resistencia a la abrasión y resistencia química a ácidos, disolventes y detergentes.

Resinas de urea-formaldehído y de melamina

El mecanismo de curado de estos productos con las resinas epoxi es similar a los epoxifenólicos: reacción entre los grupos hidroxilo a lo largo de la cadena de la resina epoxídica y los grupos de metilol butilado, presentes en las resinas amínicas, en hornos a elevadas temperaturas.

Las características de los recubrimientos así obtenidos son similares a las de los epoxi fenólicos por lo que se refiere a las propiedades mecánicas y químicas, pero con menor retención de color, por lo que sólo se formulan en colores oscuros.

Isocianatos

Las resinas epoxi que contienen grandes cantidades de grupos hidroxilo (las de alto peso molecular) son susceptibles de reticular a temperatura ambiente con isocianatos a través de la reacción típica del grupo $-CNO$ con grupos OH , dando películas con buena adherencia y elevada resistencia a productos químicos agresivos tales como ácidos, álcalis y disolventes. Si el isocianato es alifático se obtiene además una buena retención de color y brillo.

7.4.3. Acelerantes de curado

Cuando interesa acelerar el curado de una formulación determinada es posible emplear ciertos compuestos que catalizan las reacciones entre las resinas epoxi, las aminas y poliamidas y algunos otros de los agentes de curado. Como ejemplo de estos productos pueden mencionarse:

- Tris (dimetil-aminometil-fenol)
- Nonil-fenol
- Venció-dimetilamina
- Ácido paratoluen-sulfónico
- Ácido salicílico (especialmente para aminas cicloalifáticas y aromáticas)

7.5. Diluyentes reactivos

Las resinas epoxi de elevado peso molecular necesitan apreciables cantidades de disolventes para formar soluciones de una viscosidad adecuada para que puedan emplearse en la fabricación de pinturas y en la aplicación de las mismas. Pero una vez aplicada la pintura, estos disolventes se evaporan de la película con dos consecuencias indeseables: la contaminación ambiental y la pérdida económica.

Para minimizar este problema suelen utilizarse los llamados diluyentes reactivos, que pueden reemplazar parte del disolvente empleado en la formulación de pintura epoxi y que, al tener también grupos epoxi en su molécula, toman parte en las reacciones de reticulación, quedando como parte integrante de la película seca.

Para ser eficaces, los diluyentes reactivos deben reaccionar con el agente de curado aproximadamente a la misma velocidad que la resina epoxi, deben proporcionar una reducción sustancial de la viscosidad a bajas concentraciones y no deben reaccionar con la resina epoxi en condiciones normales de almacenaje.

Los diluyentes reactivos más utilizados son derivados de glicidil éter con un grupo epoxi por molécula, como los ejemplos que se ven en la Fig. 7.12, aunque también hay algunos con dos grupos epoxi por molécula (1,6 hexanodiol glicidil éter).

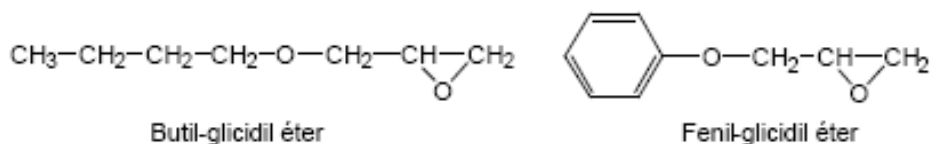


Figura 7.12 Ejemplos de diluyentes reactivos

Cada tipo de diluyente reactivo se emplea para aplicaciones determinadas, combinados con la resina epoxi adecuada. En general puede decirse que los diluyentes reactivos tienen tendencia a reducir algo la resistencia química de la película, por lo que su empleo debe realizarse con precaución y obedecer siempre a un criterio adecuado.

7.6. Tipos de resinas epoxi

7.6.1. Novolacas

Una novolaca es una resina de fenol-formaldehído no reactiva con una estructura similar a la que se indica en Fig. 7.13:

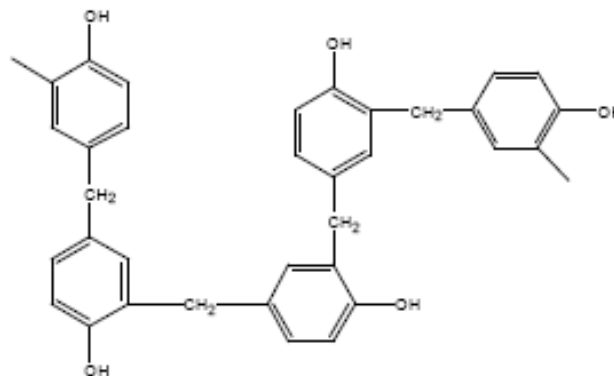


Figura 7.13 Resina de fenol-formaldehído

Sin embargo, a pesar de su no reactividad, ciertos tipos de novolacas, concretamente las de ortocresol-formaldehído, pueden hacerse reaccionar con epiclorhidrina y obtener así resinas epoxi polifuncionales de estructura distinta de las derivadas del Bisfenol A y con mayor número de grupos epoxi por molécula, con lo que a igualdad de peso molecular, poseen un menor peso equivalente epoxi y una mayor reactividad.

La estructura teórica de una resina epoxi novolacada es la de la Fig. 7.14:

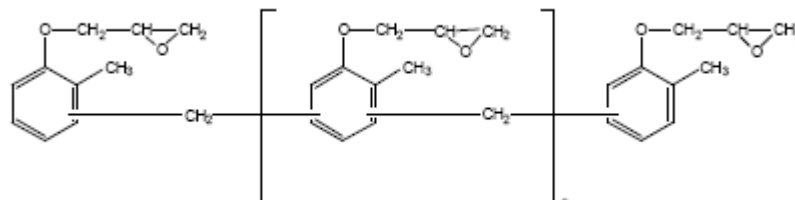


Figura 7.14 Resina novolacada

Según los tipos de resina, la funcionalidad puede variar de 2.5 a 5.5 grupos epoxi por molécula. Debido a esta elevada funcionalidad, las resinas epoxi novolacadas proporcionan una gran densidad de reticulación y son capaces, por tanto, de formar películas de gran resistencia mecánica y sobre todo química, superando a las resinas epoxi derivadas de Bisfenol A.

Aunque ya a temperatura ambiente desarrollan una densidad de retícula elevada, adquieren sus máximas propiedades cuando se calientan a temperaturas de alrededor de 60°C. En uno de los usos típicos de estas resinas, el recubrimiento del interior de depósitos que deban contener productos químicos, se suele requerir que una vez aplicada la pintura se insuffle aire caliente dentro del depósito o se llene con un líquido caliente con objeto de conseguir la máxima resistencia química del recubrimiento, necesaria en caso de tener que resistir la acción, por ejemplo, de productos de naturaleza considerablemente ácida.

Como agentes de curado se emplean poliaminas, poliamidas, anhídridos y resinas con grupos carboxílicos funcionales.

7.6.2. Resinas epoxi al agua

La tendencia actual en la investigación de resinas para pinturas va encaminada en buena parte al desarrollo de productos al agua con el fin de evitar o minimizar la utilización de disolventes orgánicos que producen contaminación medio-ambiental al ser emitidos a la atmósfera, además de los riesgos que su manipulación comporta para el personal que está en contacto con los mismos.

En el terreno de las resinas epoxi se está siguiendo también esta tendencia. En la actualidad es posible encontrar en el mercado resinas epoxi de bajo peso molecular emulsionadas en agua, ya sea con el auxilio de emulsionantes externos o bien a través de modificaciones internas de las resinas.

También algunos agentes de curado, como ciertas poliamidas, pueden encontrarse en emulsión acuosa, lo que permite formular pinturas epoxi en base acuosa para aplicación en zonas interiores donde la emisión de vapores de disolventes puede producir problemas.

Otros sistemas epoxi al agua están constituidos por suspensiones de resinas epoxi de alto peso molecular curadas con resinas de melamina al agua o con resinas fenólicas.

7.6.3. Sistemas epoxi en polvo

Otro de los métodos para evitar el empleo de disolventes lo constituyen las pinturas en polvo, a cuyo desarrollo tecnológico han contribuido en gran manera las resinas epoxi. De hecho, durante los últimos 10 años, las pinturas

en polvo han supuesto un gran factor de crecimiento para el uso de las resinas epoxi.

Para la obtención de pinturas epoxi en polvo se dispersan de forma rápida y con la maquinaria adecuada los pigmentos, los aditivos reológicos y los agentes de curado en la resina epoxi fundida. Esta mezcla se enfría lo más rápidamente posible para evitar la reacción completa del agente de curado con la resina, dando una masa sólida pigmentada estable a temperatura ambiente y que puede ser molturada hasta obtener un polvo fino.

Este polvo se aplica por proyección electrostática sobre el objeto que hay que pintar, que puede estar frío o caliente, o bien mediante un lecho fluidificado de polvo en el que se sumerge el objeto que hay que recubrir, previamente calentado.

El objeto, una vez recubierto, se introduce en un horno a una temperatura de 170-200°C; el polvo funde y se extiende formando un recubrimiento continuo y uniforme y cura a través de la reacción de reticulación entre la resina epoxi y el agente de curado, lo que se efectúa de modo muy complejo e intenso, dando a la película una gran resistencia mecánica y química y una muy buena adherencia al sustrato. De entre los agentes de curado empleados, la dicianamida es uno de los más utilizados.

En ocasiones se efectúan mezclas de resinas epoxi con poliésteres para dar recubrimientos con mejor retención de color y brillo que los epoxi solos. A menudo, este tipo de pinturas son curadas con triglicidil-isocianurato.

Los polvos de epoxi-poliéster también pueden suspenderse en agua y aplicarse por medio de técnicas convencionales.

7.7. Recubrimientos fabricados con resinas epoxi

- Barnices para el recubrimiento interior de latas de conserva, envases, etc.
- Barnices de baja viscosidad para impregnación, sellado y consolidación de sustratos porosos como madera, hormigón, etc.
- Barnices dieléctricos para cables y piezas electrónicas en general.
- Barnices protectores y peliculantes.
- Imprimaciones anticorrosivas con pigmentos inhibidores para la protección de acero a la intemperie.
- Pinturas con disolvente de alto espesor para esquemas epoxi de protección de acero a la intemperie.

- Recubrimientos de brea-epoxi y de alto espesor para la protección de superficies sumergidas y enterradas.
- Recubrimientos sin disolvente de muy alto espesor y gran resistencia a la abrasión para superficies sometidas a grandes esfuerzos de rozamiento.
- Recubrimientos sin disolvente autonivelantes para pavimentos.
- Pinturas con disolvente para pavimentos.
- Recubrimientos sin disolvente para el interior de depósitos que deban contener productos alimenticios.
- Recubrimientos de alta resistencia química para el interior de depósitos que deban contener disolventes y productos químicos.
- Recubrimientos de alta resistencia mecánica y química para interior de tuberías, plantas depuradoras de aguas residuales, etc.
- Pinturas de alta resistencia química para superficies expuestas a ambientes muy corrosivos.
- Recubrimientos en polvo para electrodomésticos, muebles metálicos, lámparas y pequeña maquinaria.

7.8. Epoxiésteres o ésteres de resinas epoxídicas

La transformación de las resinas epoxídicas puras en recubrimientos útiles por esterificación de los grupos epoxídicos e hidroxilos con los ácidos grasos de los aceites secantes, como linaza, soja y ricino deshidratado, es un método muy extendido.

La fórmula dada muestra una reacción entre un ácido graso y el grupo epóxido para producir un éster. Se trata de un simple enlace éster con el grupo epóxido abierto y dejando un hidroxilo en uno de sus átomos de carbono. Este hidroxilo, y los otros hidroxilos de la resina epoxídica, pueden reaccionar también con los ácidos grasos uniéndolos en la molécula con desprendimiento de agua. Esto se aprecia en las Fig. 7.15 y Fig. 7.16:

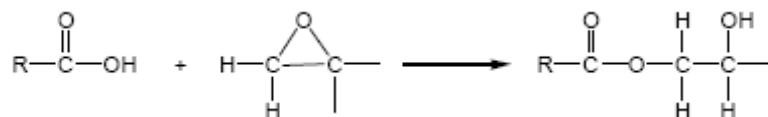


Figura 7.15 Reacción entre un ácido graso y un grupo epóxido para dar un éster

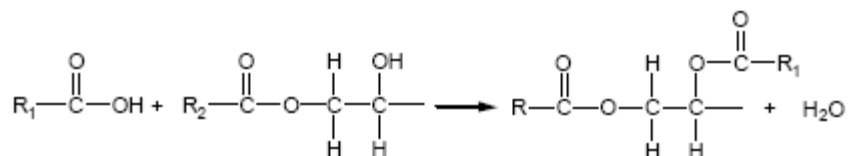


Figura 7.16 Reacción entre un ácido graso y un grupo hidroxilo

Estos ésteres epoxídicos se encuentran en el mercado en forma de solución, disueltos en hidrocarburos aromáticos y alifáticos con un 50-60% de sólidos. Son algo más baratos que las resinas epoxídicas puras porque los ácidos grasos de los aceites secantes cuestan menos que los componentes epoxídicos y porque se pueden usar disolventes más baratos.

El intervalo de contenido de ácidos grasos en ésteres epoxídicos es de un 30-60%. Para proporciones de ácido graso mayores del 60% queda algo sin esterificar, afectándose así gravemente a las propiedades de la película. Menos del 30% de ácidos grasos no es suficiente para afectar al poder de disolución y esterificación de los hidroxilos epoxídicos.

Estos ésteres epoxídicos se emplean para fabricar pintura de un solo componente y secan al aire con la adición de secantes metálicos por polimerización oxidativa en los enlaces dobles conjugados de los ácidos grasos, con un mecanismo de secado similar al de las resinas alquídicas.

Los ésteres epoxídicos ricos en aceite se pueden aplicar con brocha o pistola, y se pueden utilizar como película única en acabados de conservación para metal, madera y mampostería. Secan formando películas duras, tenaces y brillantes con una excelente adherencia cuando se aplican de manera adecuada y con mejor resistencia a la abrasión, humedad, detergentes, disolventes y agentes químicos que la mayoría de las resinas alquídicas, aunque generalmente son inferiores en estas propiedades a los recubrimientos, adecuadamente formulados y aplicados, que contienen ésteres bajos en aceite o resinas epoxídicas no esterificadas.

Los ésteres con un contenido de aceite bajo o medio son los mejores en los recubrimientos industriales sometidos a grandes tracciones, como las imprimaciones de automóviles, camiones y maquinaria en general, y se usan generalmente mezclados con otras resinas reactivas para entrelazar los hidroxilos no esterificados y los componentes epoxídicos.

La tendencia en la duración en exteriores depende del tipo de sustrato y del ácido graso empleado. En madera se prefieren los ésteres más flexibles, ricos en aceite, fabricados con linaza, soja y ricino deshidratado. Sobre metal dan mejores resultados los ésteres epoxídicos más duros con un contenido de aceite bajo o medio y con reactivos suplementarios.

Los ésteres epoxídicos se mezclan frecuentemente en acabados industriales con resinas amínicas, poliamidas o fenólicas, que reaccionan en el secado con cualquiera de los hidroxilos libres presentes, mejorando la resistencia al agua, aumentando la polimerización mediante enlaces cruzados y produciendo películas más duras, tenaces y resistentes a los agentes químicos.

8. RESINAS ALQUÍDICAS

Las resinas alquídicas o gliceroftálicas son productos de reacción entre la glicerina y el anhídrido ftálico a los que se han adicionado una cierta cantidad de ácidos grasos procedentes de aceites secantes (Fig 8.1).

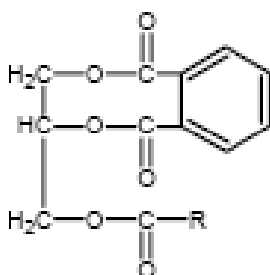


Figura 8.1 Estructura de una resina alquídica

Las moléculas de resinas alquídicas prepolimerizan unas con otras y con los demás compuestos durante la fabricación, lo que da lugar a una composición muy compleja.

En general, las pinturas alquídicas tienen una buena adherencia al sustrato y buena resistencia a la intemperie. Además el secado es rápido y tienen una buena conservación del color y brillo, aunque amarillean con el tiempo. Pero por otro lado, tienen una baja resistencia al agua y baja resistencia a los disolventes. Tampoco recomiendan aplicar en capas de un elevado espesor, ya que afecta a la adherencia.

Semanas <input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	■	■																	
B			■																
C				■															
D					■	■													
E							■												
F								■											
G									■	■									
H										■	■								
I												■	■						
J														■					
K															■				
L																■			
M																	■		
N				■											■				■

- A.- Recopilación bibliográfica sobre los términos básicos que intervienen en la teoría del proyecto.
- B.- Primer contacto con el laboratorio y aprendizaje del funcionamiento de los aparatos a utilizar.
- C.- Bibliografía específica de las resinas epoxi. Establecer conocimientos directos.
- D.- Realización del primer experimento de mezcla.
- E.- Primeros ensayos de propiedades mecánicas de las pinturas (dureza, etc.).
- F.- Primeros ensayos de propiedades estructurales de las pinturas (IR, etc.).
- G.- Aplicaciones de las pinturas.
- H.- Fabricaciones con aditivos.
- I.- Primeros ensayos de propiedades mecánicas y estructurales de las pinturas con aditivos.
- J.- Preparación de probetas.
- K.- Realización de ensayos acelerados de corrosión con probetas en blanco y con diferentes proporciones de aditivos.
- L.- Análisis y discusión de los resultados obtenidos en cada caso.
- M.- Búsqueda de un óptimo (proporción mínima de aditivo).
- N.- Redacción.

B. Figuras y tablas complementarias

B.1. Figuras y tablas complementarias del Capítulo 4

B.1.1. Corrosión electroquímica

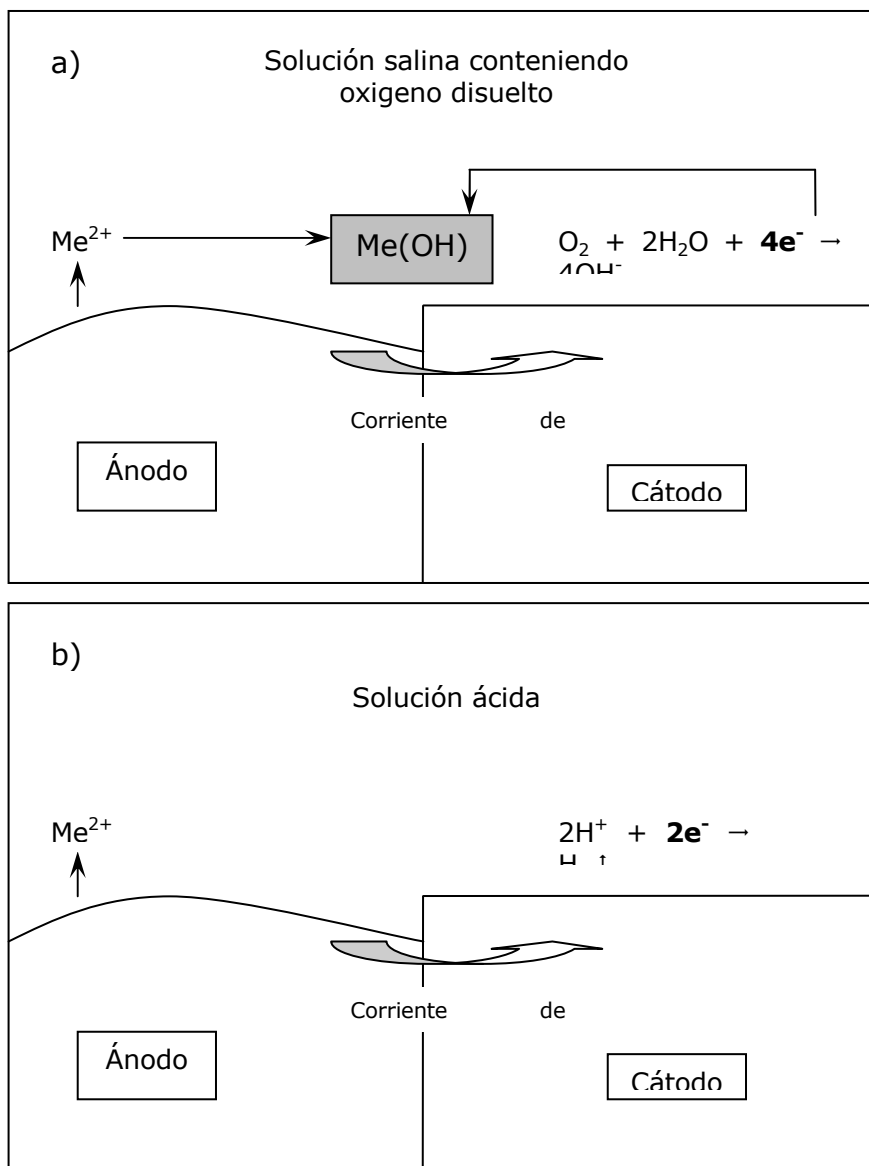


Figura B.1. Esquema de funcionamiento de una pila local de corrosión: a) Reacción catódica de reducción de oxígeno; b) Reacción catódica de reducción de protones

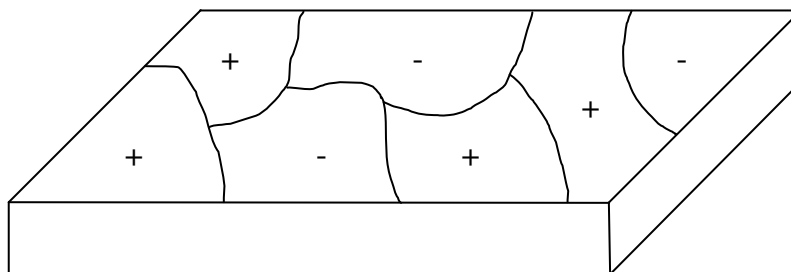


Figura B.2. Representación esquemática de la superficie de un material metálico mostrando zonas con distinto potencial electroquímico; (-) ánodos, (+) cátodos.

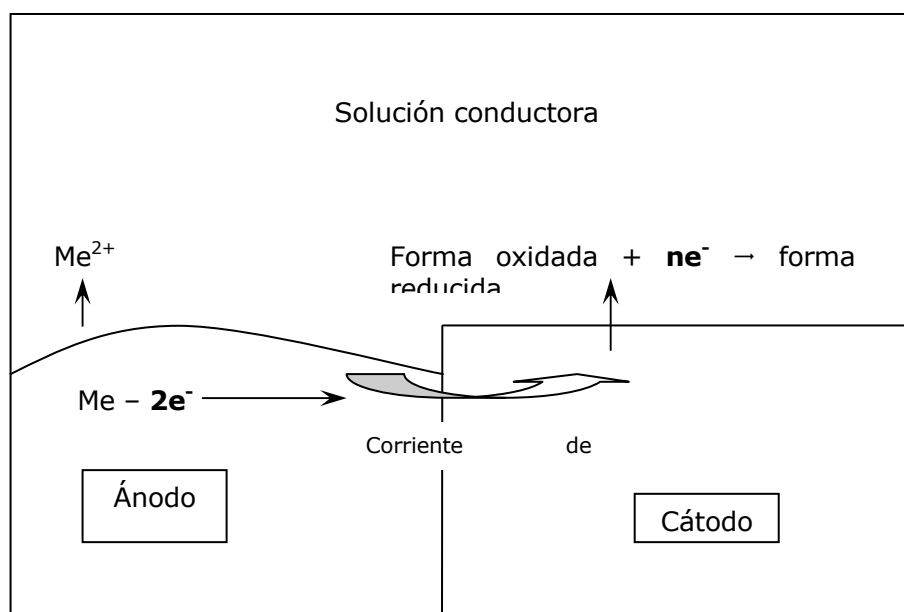


Figura B.3. Representación esquemática del proceso de corrosión electroquímica para un metal divalente.

Tabla B.1. Serie electroquímica (Potenciales electródicos de reducción normales o estándar* a 25°C).

Elemento	Electrodo	Reacción electródica	E⁰ (V)
Oro	Au ³⁺ /Au	Au ³⁺ + 3e ⁻ → Au	+1,50
Oxígeno	O ₂ /H ₂ O	O ₂ + 4H ⁺ + 4e ⁻ → H ₂ O	+1,23
Platino	Pt ²⁺ /Pt	Pt ²⁺ + 2e ⁻ → Pt	+1,20
Mercurio	Hg ₂ ²⁺ /Hg	Hg ₂ ²⁺ + 2e ⁻ → 2Hg	+0,80
Plata	Ag ⁺ /Ag	Ag ⁺ + e ⁻ → Ag	+0,80
Cobre	Cu ⁺ /Cu	Cu ⁺ + e ⁻ → Cu	+0,52
Oxígeno	O ₂ /OH ⁻	Au ³⁺ + 3e ⁻ → Au	+0,40
Cobre	Cu ²⁺ /Cu	Cu ²⁺ + 2e ⁻ → Cu	+0,34
HIDRÓGENO **	H⁺/H₂	H⁺ + e⁻ → 1/2 H₂	0,00
Hierro	Fe ³⁺ /Fe	Fe ³⁺ + 3e ⁻ → Fe	-0,05
Plomo	Pb ²⁺ /Pb	Pb ²⁺ + 2e ⁻ → Pb	-0,13
Estaño	Sn ²⁺ /Sn	Sn ²⁺ + 2e ⁻ → Sn	-0,14
Níquel	Ni ²⁺ /Ni	Ni ²⁺ + 2e ⁻ → Ni	-0,25
Cadmio	Cd ²⁺ /Cd	Cd ²⁺ + 2e ⁻ → Cd	-0,40
Hierro	Fe ²⁺ /Fe	Fe ²⁺ + 2e ⁻ → Fe	-0,44
Cromo	Cr ³⁺ /Cr	Cr ³⁺ + 3e ⁻ → Cr	-0,50
Cinc	Zn ²⁺ /Zn	Zn ²⁺ + 2e ⁻ → Zn	-0,76
Titanio	Ti ²⁺ /Ti	Ti ²⁺ + 2e ⁻ → Ti	-1,63
Aluminio	Al ³⁺ /Al	Al ³⁺ + 3e ⁻ → Al	-1,67
Berilio	Be ²⁺ /Be	Be ²⁺ + 2e ⁻ → Be	-1,85
Magnesio	Mg ²⁺ /Mg	Mg ²⁺ + 2e ⁻ → Mg	-2,34
Sodio	Na ⁺ /Na	Na ⁺ + e ⁻ → Na	-2,71
Calcio	Ca ²⁺ /Ca	Ca ²⁺ + 2e ⁻ → Ca	-2,76
Potasio	K ⁺ /K	K ⁺ + e ⁻ → K	-2,92
Rubidio	Rb ⁺ /Rb	Rb ⁺ + e ⁻ → Rb	-2,93
Cesio	Cs ⁺ /Cs	Cs ⁺ + e ⁻ → Cs	-2,94
Litio	Li ⁺ /Li	Li ⁺ + e ⁻ → Li	-3,02

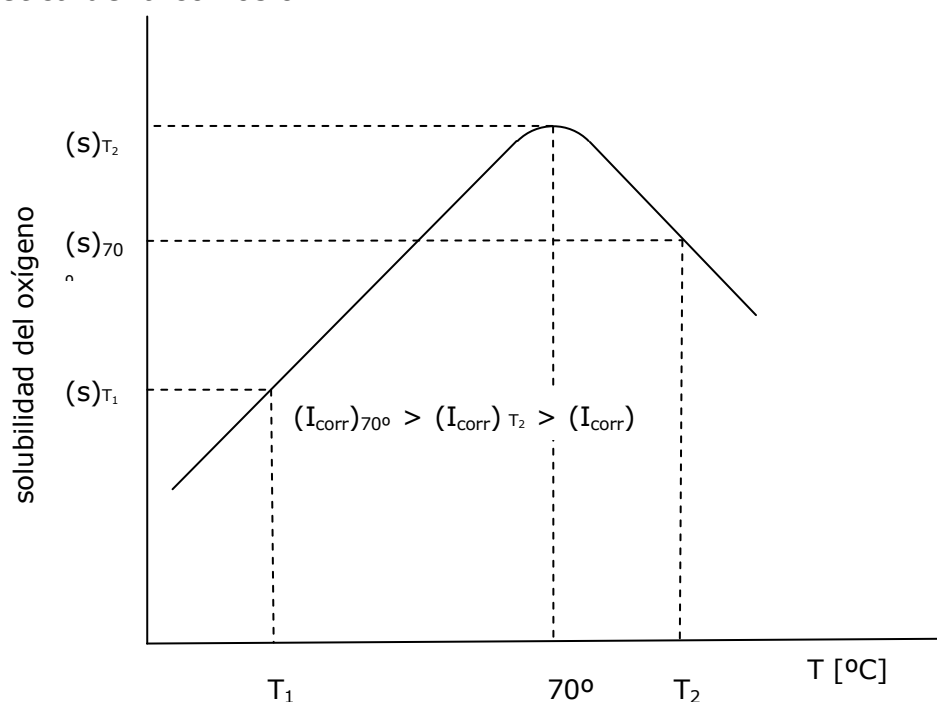
* Las concentraciones de las especies iónicas son 1 mol/dm³ y las presiones parciales de los gases 1 atm (≈ 10⁵ Pa).

**El potencial normal del electrodo de hidrógeno ([H⁺] = 1 mol/dm³ y p_{H₂} = 1 atm) se toma por convenio E⁰ = 0 V.

Tabla B.2. Serie galvánica (medio: agua de mar).

Platino	Hastelloy B (60 Ni, 30 Mo, 6 Fe, 1 Mn)
Oro	Inconel (activo)
Grafito	Níquel (activo)
Titanio	Estaño
Plata	Plomo
Chlorimet 3 (62 Ni, 18 Cr, 18 Mo)	Soldadura de Pb-Sn
Hastelloy C (62 Ni, 17 Cr, 15 Mo)	Acero inoxidable 18/8 (activo)
Acero inox 18/8 con 3% Mo (pasivo)	Fundición Ni-Resist (20% Ni + Cu)
Acero inoxidable 18/8 (pasivo)	Fundición Ni-Resist (30% Ni)
Acero inoxidable al cromo (pasivo)	Acero inox al cromo (13%) (activo)
Inconel (80 Ni, 17 Cr, 7 Fe) (pasivo)	Fundición Ni-Resist (20% Ni)
Ni (pasivo)	Acero inox al cromo (17%) (activo)
Monel (70 Ni, 30 Cu)	Fundición gris
Cuproníquel 60-90/40-10	Aleaciones de aluminio
Bronces (de Al y de Sn)	Cadmio
Latón rojo	Aluminio
Cobre	Cinc (hierro galvanizado)
Latón amarillo	Magnesio y aleaciones de Mg

B.1.2. Cinética de la corrosión

**Figura B.4.** Cambio en los valores de solubilidad del oxígeno con la temperatura.

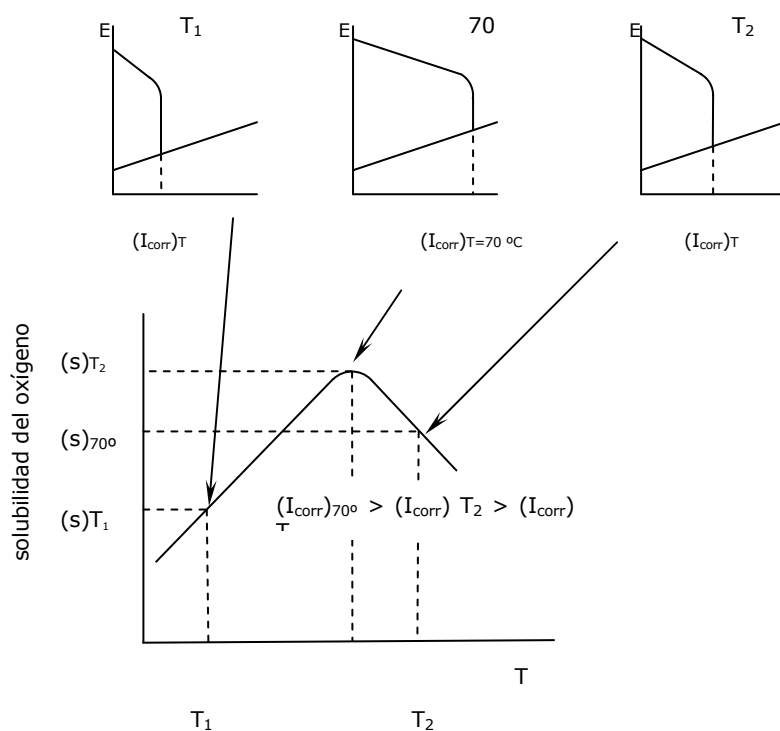


Figura B.5. Influencia de la solubilidad del oxígeno sobre el trazado de la curva de polarización catódica e indirectamente sobre la intensidad de corrosión (velocidad de corrosión) en medios aireados a pH neutro o alcalino.

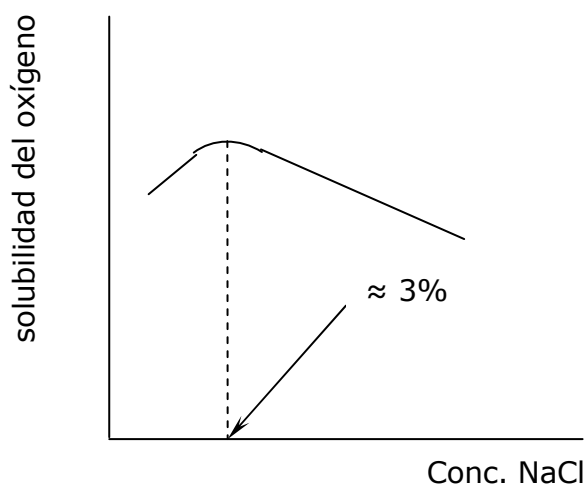


Figura B.6. Influencia de la concentración de NaCl sobre la solubilidad del oxígeno en agua.

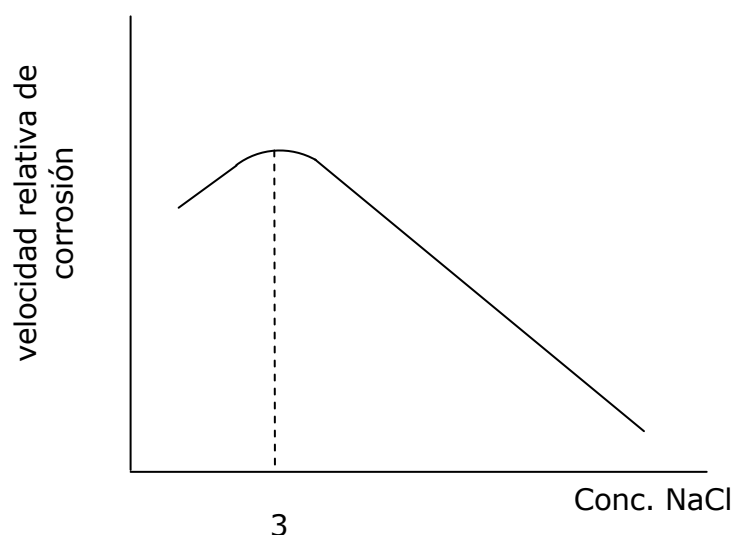


Figura B.7. Relación entre velocidad de corrosión y concentración de NaCl en el electrolito cuando la reacción catódica es la reducción del oxígeno.

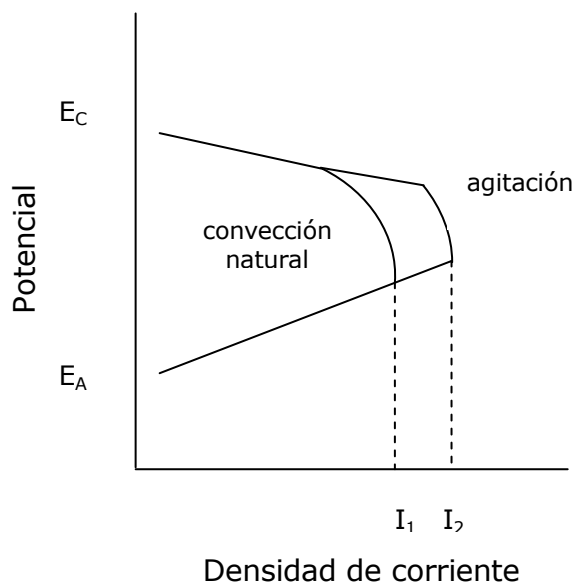


Figura B.8. Disminución de la polarización catódica por agitación (aumento de la velocidad de corrosión).

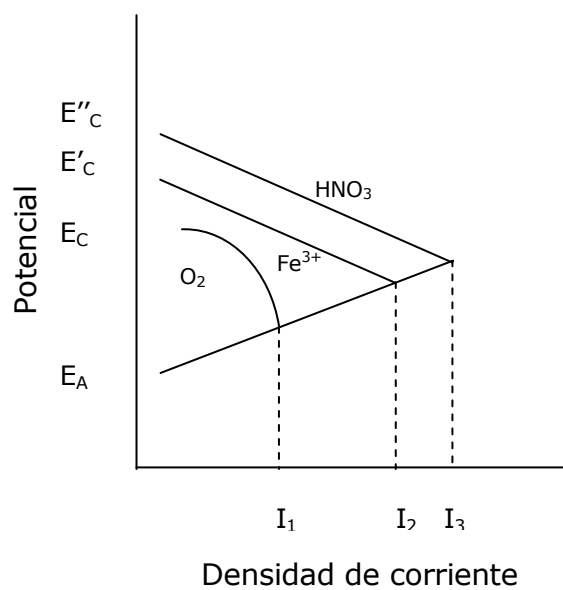


Figura B.9. Aumento de la intensidad de corrosión (velocidad de corrosión) como consecuencia de la despolarización catódica ejercida por oxidantes más fuertes que el oxígeno.

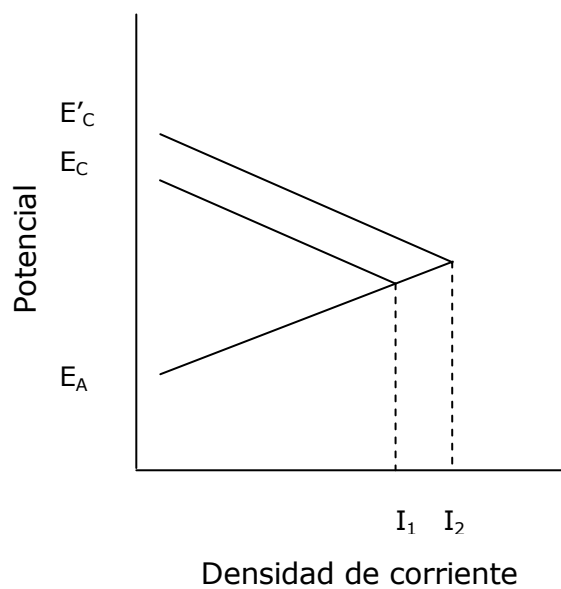


Figura B.10. Aumento de la intensidad de corrosión como consecuencia de la despolarización catódica ejercida por un aumento de la acidez.

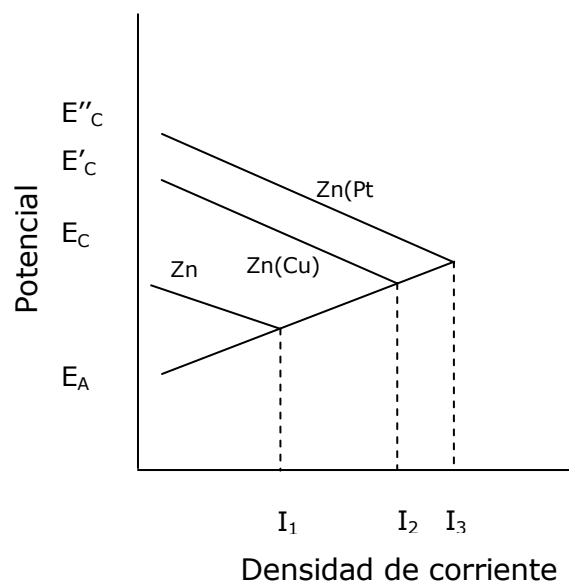


Figura B.11 Efecto de la sobretensión para la descarga de hidrógeno de un metal aleante o impureza de comportamiento catódico sobre la velocidad de corrosión.

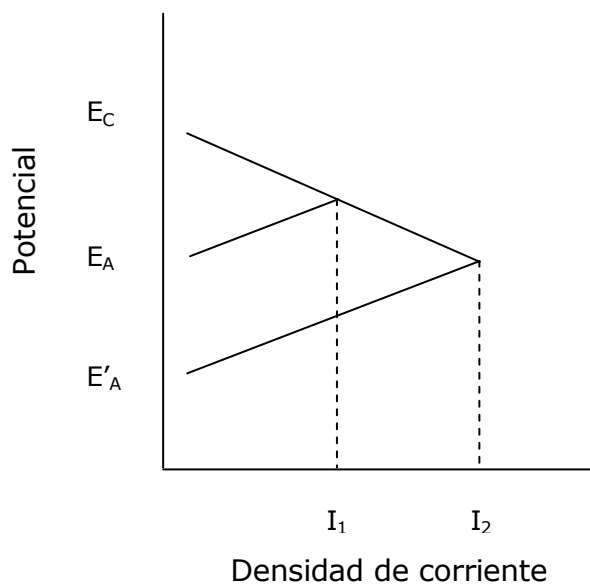


Figura B.12. Disminución de la polarización anódica derivada de la presencia de un acomplexante.

B.1.3. Tipos de corrosión

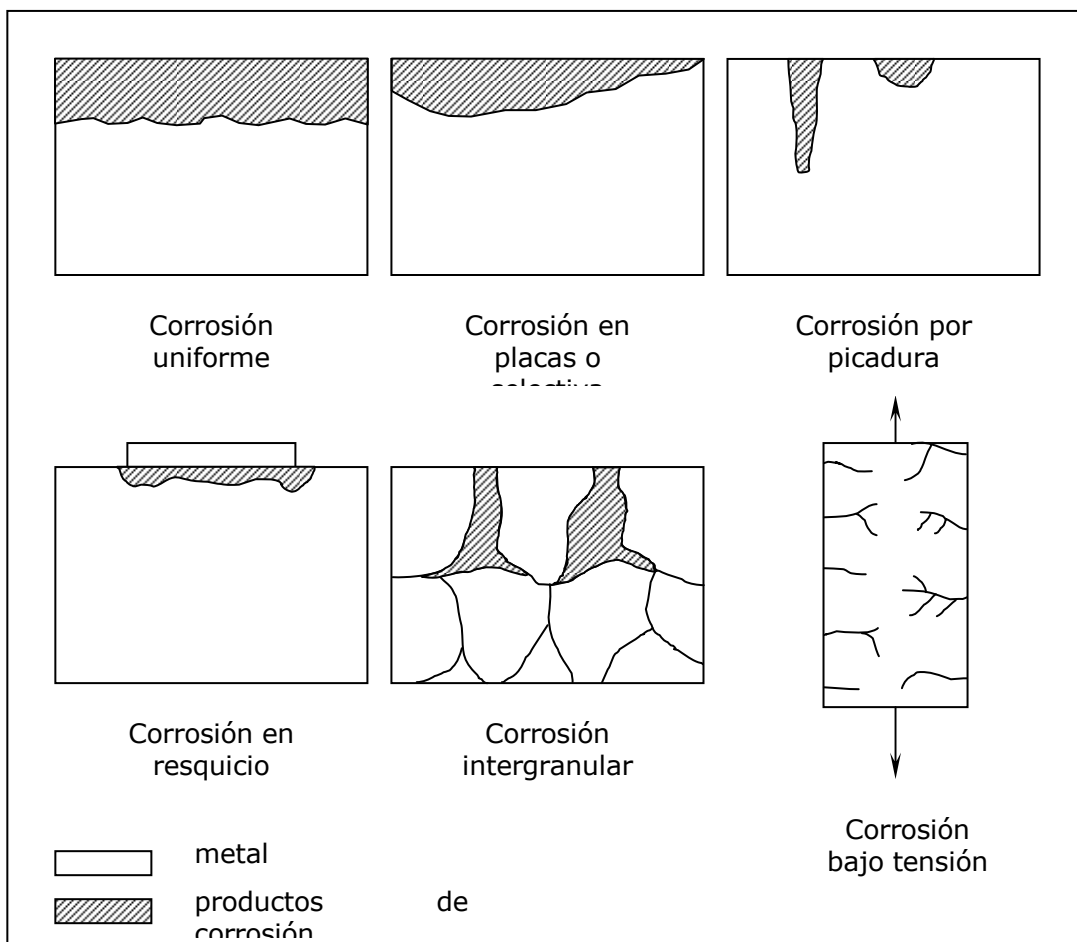


Figura B.13. Representación esquemática de los distintos tipos de corrosión de acuerdo con la morfología del ataque.



Figura B.14. Corrosión uniforme en un ambiente marino.

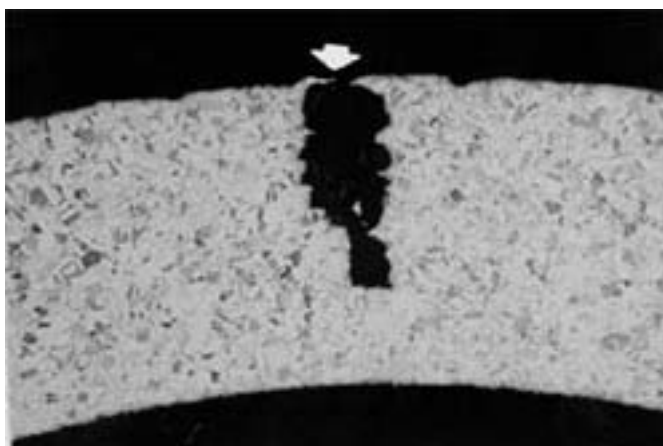


Figura B.15. Corrosión por picadura de un tubo de acero (corte longitudinal).

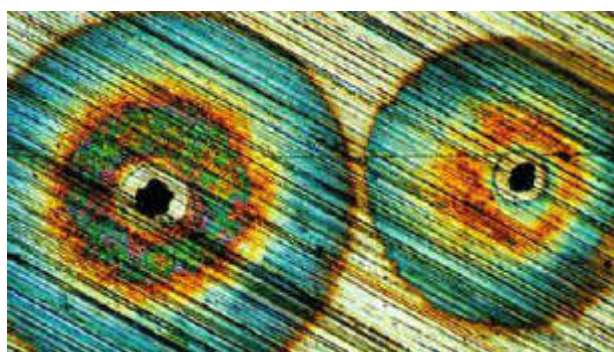


Figura B.16. Corrosión por picadura (aspecto exterior).



Figura B.17. Corrosión en resquicio de una zona de difícil acceso.



Figura B.18. Corrosión bajo tensión con desplazamiento transgranular de la grieta.



Figura B.19. Corrosión bajo tensión con desplazamiento intergranular de la grieta.

B.2. Figuras y tablas complementarias del Capítulo 6

B.2.1. Pinturas

Tabla B.3. *Propiedades de los pigmentos.*

Propiedad	Referencia	Razones
Brillo y claridad del color o tinte	Orgánica	Los colores más atractivos y limpios sólo se pueden obtener con pigmentos orgánicos.
Pinturas blanca y negra	Inorgánica	El más puro de los pigmentos blancos es el dióxido de titanio, y el negro es el carbón (considerado normalmente como inorgánico). No hay blancos y negros orgánicos.
No sangran	Inorgánica	Los compuestos inorgánicos apenas se disuelven en disolventes orgánicos. Algunos orgánicos son muy insolubles.
Resistencia a la luz	Inorgánica	Los enlaces de valencia en compuestos inorgánicos son generalmente más estables a la luz UV que los de los compuestos orgánicos.
Estabilidad frente al calor	Inorgánica	Muy pocos componentes orgánicos son estables a/o por encima de 300 °C. algunos se descomponen o funden a temperaturas mucho más bajas.
Acción anticorrosiva	Inorgánica	Todos los pigmentos anticorrosivos utilizados tradicionalmente son inorgánicos, excepto algunos derivados de la polianilina.
Absorción UV	Inorgánica	El dióxido de titanio bloquea las radiaciones UV perjudiciales para el aglutinante y el sustrato. Los óxidos de hierro finos son visiblemente transparentes pero también bloquean las radiaciones UV, dando protección.
Efectos reflectantes	Inorgánica	Aluminio y mica tratada en laminillas con poder reflectante.

Tabla B.4. Propiedades de los disolventes.

Disolvente	Disolvencia		Viscosidad a 20 °C (cP o mPas)	Punto de ebullición (°C)
	Grupo de enlace H*	Parámetro de solubilidad		
Agua	III	47,7	1,002	100
<i>Hydrocarburos alifáticos</i>				
Ciclohexano	-	16,7	0,89	81
Aguarrás sintético	-	15,1	1,09	155-195
<i>Terpenos</i>				
Dipenteno	-	17,3	0,975	175-190
Turpentina	-	16,5	1,26	150-170
Aceite de pino	I	17,5	6-26 ^a	150-170
<i>Hydrocarburos aromáticos</i>				
Tolueno	I	18,2	0,55 ^a	111
Xileno	I	18,0	0,586	138-144
Estireno	I	19,0	0,77 ^a	146
Viniltolueno	I	-	-	164-170
<i>Alcoholes</i>				
Metanol	III	29,6	0,547	65
Etanol	III	25,9	1,200	78
n-n-Propanol	III	24,3	2,25	97
Isopropanol	III	23,5	2,4	82
n-n-Butanol	III	23,3	2,948	118
Isobutanol	III	-	3,76	108
sec-Butanol	III	22,0	3,15	100
Ciclohexanol	III	23,3	52,7 ^a	162
Etilenglicol	III	29,0	17 ^a	198
Glicerol	III	33,7	494 ^b	290
<i>Ésteres</i>				
Metacrilacetato	II	19,6	0,38 ^a	57
Acetato de etilo	II	18,6	0,445	77
Acetato de butilo	II	17,3	0,671 ^a	127
Metoxipropilacetato	II	18,8	1,2	140-150
<i>Cetonas</i>				
Acetona	II	20,4	0,316 ^a	56
Metiletilcetona	II	19,0	0,42 ^a	80

Metilisobutilcetona	II	17,1	0,546 ^a	116
Ciclohexanona	II	20,2	1,94	157
Metilciclohexanona	II	19,0	1,75	165-175
<i>Éteres y éteralcoholes</i>				
Dietiléter	II	15,1	0,233	35
1-Metoxi 2-propanol	II	20,8	1,65 ^a	120
1-Etoxi 2-propanol	II	18,4	1,68 ^a	132
Disolvente	Disolvencia		Viscosidad a 20 °C (cP o mPas)	Punto de ebullición (°C)
	Grupo de enlace H*	Parámetro de solubilidad		
<i>Éteres y éteralcoholes (continuación)</i>				
2-Butoxi etanol	II	18,2	3,318 ^a	171
Dietilenglicol (DEG)	III	18,6	30 ^a	245-250
DEG monometil éter	II	19,6	3,53 ^a	194
DEG monometil éter	II	20,4	4,74	232
<i>Nitroparafinas</i>				
Nitrometano	I	25,9	0,62	101
Nitroetano	I	22,6	0,62	114
1-Nitropropano	I	21,8	0,81	132
<i>Parafinas cloradas</i>				
Cloruro de metileno	I	19,8	0,425 ^a	41
Dicloruro de etileno	I	20,0	0,838	84
1,1,1-Tricloroetano	I	17,5	0,83	72-88

* Grupos de disolventes de pinturas:

- I. Líquidos con enlaces de hidrógeno débiles (hidrocarburos, cloro y nitroparafinas).
- II. Líquidos con enlaces de hidrógeno moderados (cetonas, ésteres, éteres y éteralcoholes).
- III. Líquidos con enlaces de hidrógeno fuertes (alcoholes y agua).

^a a 25 °C, ^b a 26,5 °C

B.2.2. Propiedades de la película de pintura seca

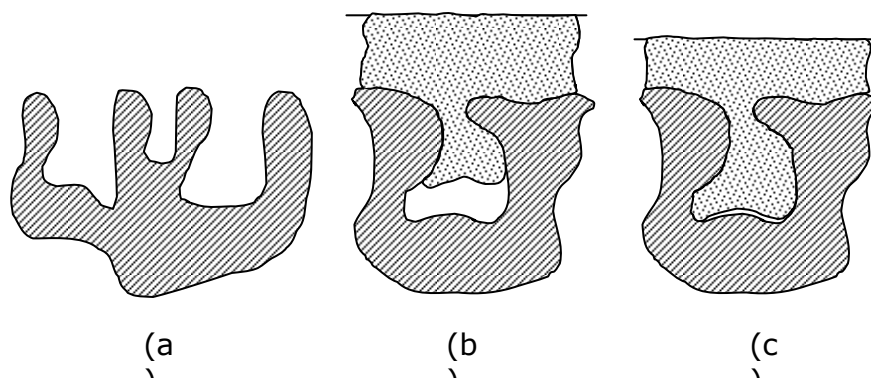


Figura B.20. Adhesión mecánica.

(a) Sección de una superficie porosa.

(b) Pintura húmeda sobre la superficie.

(c) Contracción de la película de pintura después del secado.

B.3. Figuras y tablas complementarias del Capítulo 8.

B.3.1. Probador de adherencia.

Tabla B.5. Valores tensión de rotura probetas sin polímero.

Día	Kgf	Newtons	$\sigma = F/A$
0h	12	110.16	0.351
3h	12	110.16	0.351
24h	10	91.8	0.292
48h	10	91.8	0.292
72h	9	82.62	0.263
7 días	9	82.62	0.263
15 días	20	183.6	0.585

Tabla B.6. Valores tensión de rotura probetas con polímero.

Día	Kgf	Newtons	$\sigma = F/A$
0h	14	128.52	0.409
3h	10	91.8	0.292
24h	10	91.8	0.292
48h	9	82.62	0.263
72h	8	73.44	0.234
7 días	7	64.26	0.205
15 días	24	220.32	0.702

B.3.2. Valores OCP.

Tabla B.7. Valores de OCP en probetas sin polímero.

Tiempo	OCP (V.)
0 h	-0.426
3 h	-0.503
24 h	-0.466
48 h	-0.473
72 h	-0.405
7 días	-0.408
15 días	-0.445
30 días	-0.505

Tabla B.8. Valores de OCP en probetas con polímero.

Tiempo	OCP (V.)
0h	-0.56
3h	-0.499
24h	-0.57
48h	-0.48
72h	-0.351
7días	-0.463
15 días	-0.425
30 días	-0.39

B.3.3. Gráficos Tafel.

PROBETAS SIN POLÍMERO CONDUCTOR.

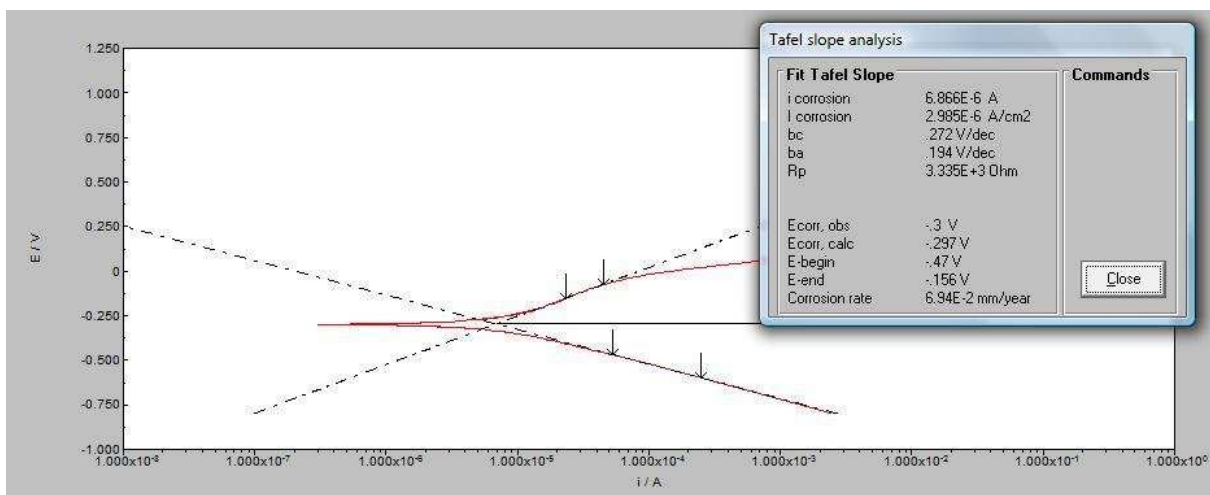


Figura B.21. Gráfico Tafel probeta 0h sin polímero.

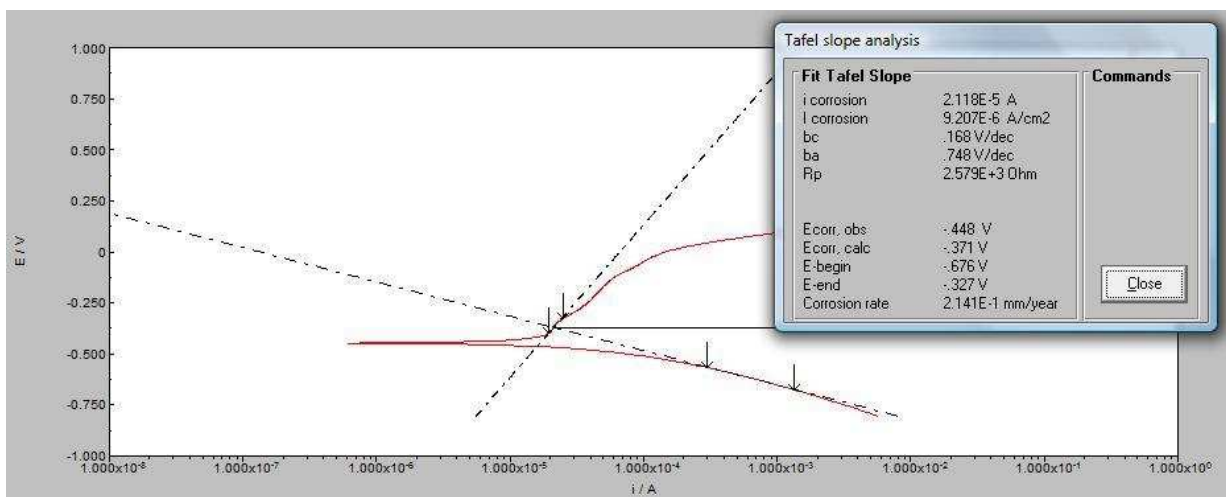


Figura B.22. Gráfico Tafel probeta 3h sin polímero.

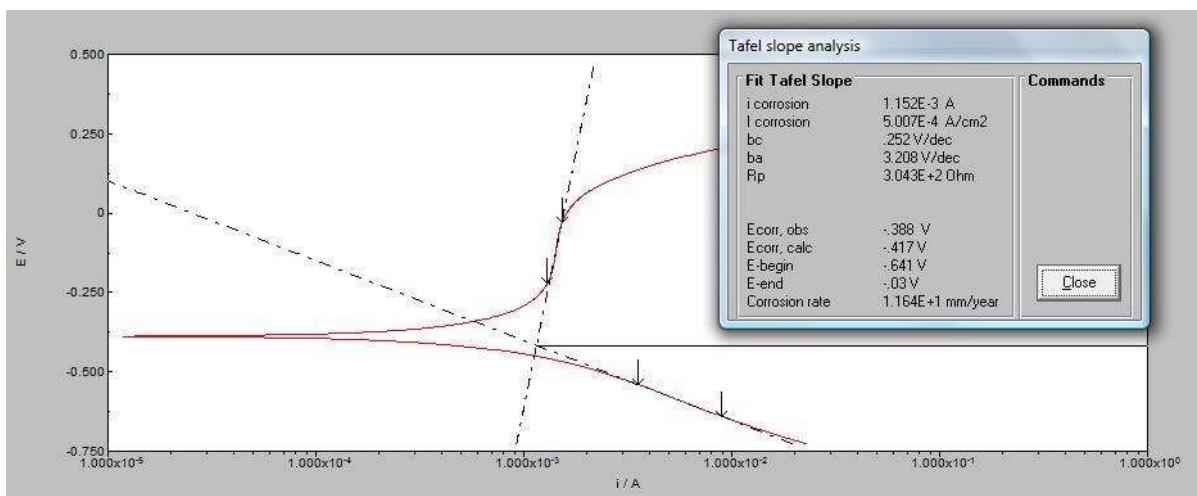


Figura B.23. Gráfico Tafel probeta 24h sin polímero.

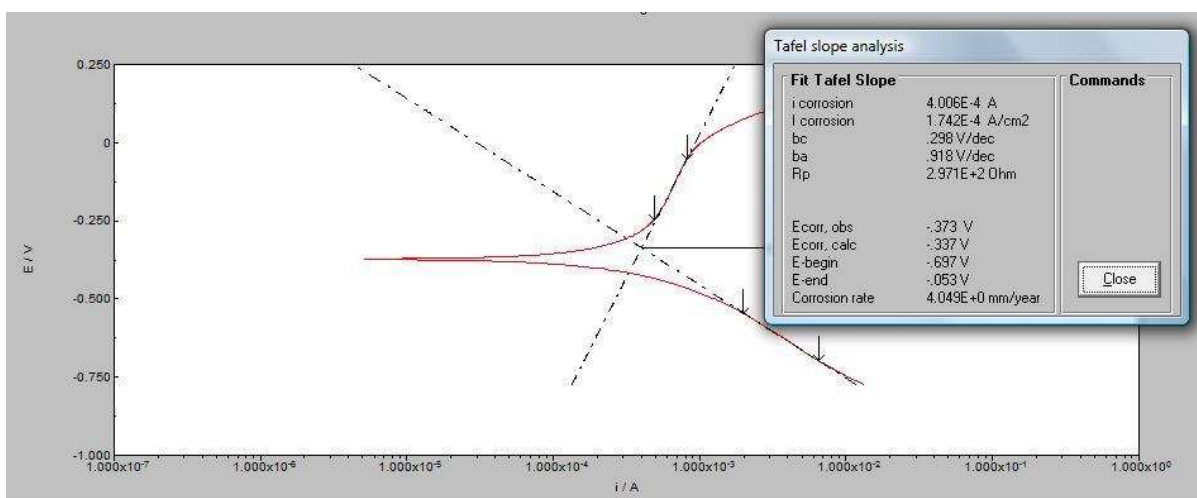


Figura B.24. Gráfico Tafel probeta 48h sin polímero.

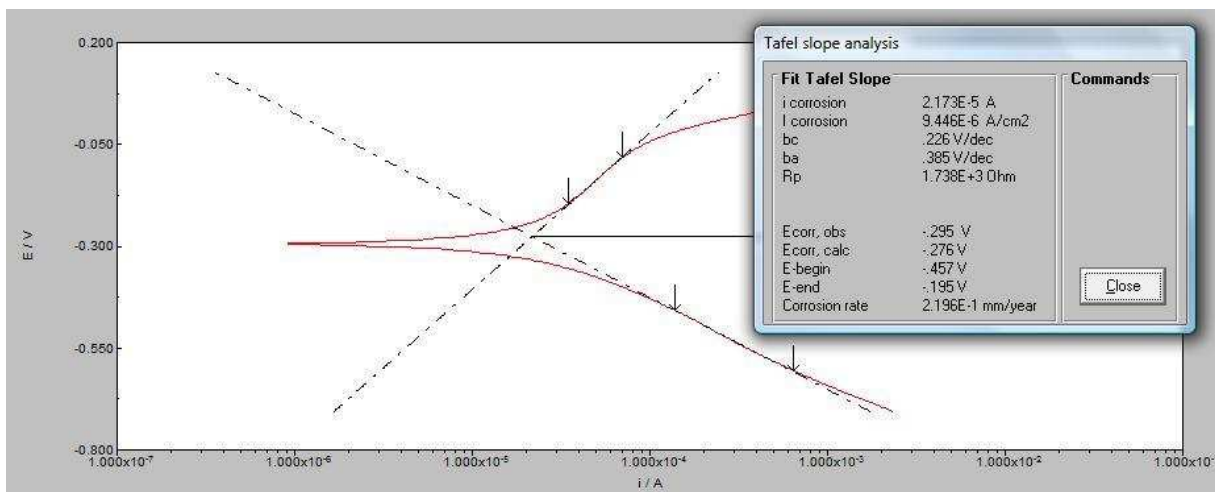


Figura B.25. Gráfico Tafel probeta 72h sin polímero.

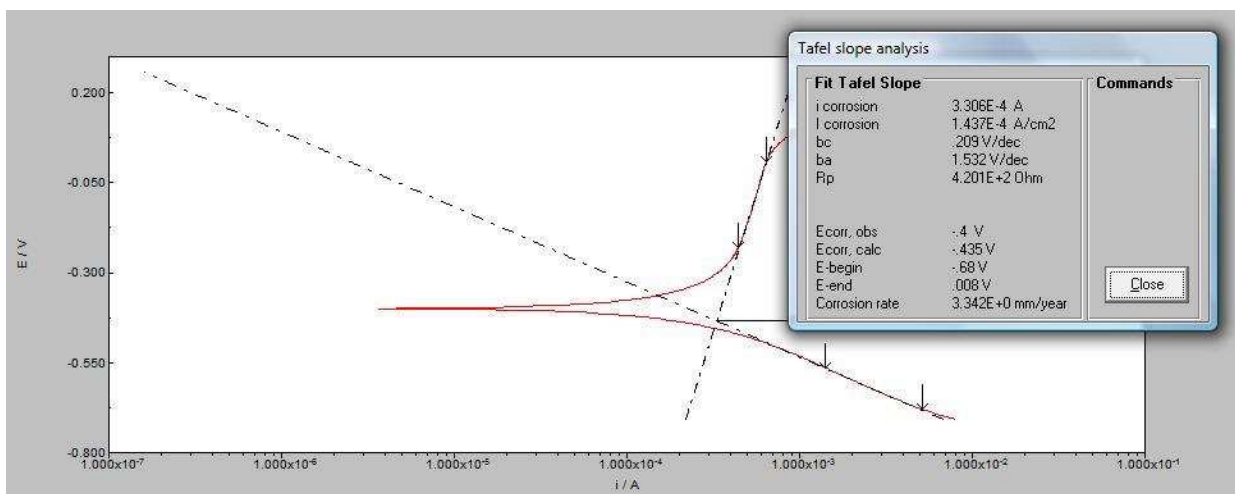


Figura B.26. Gráfico Tafel probeta 7 días sin polímero.

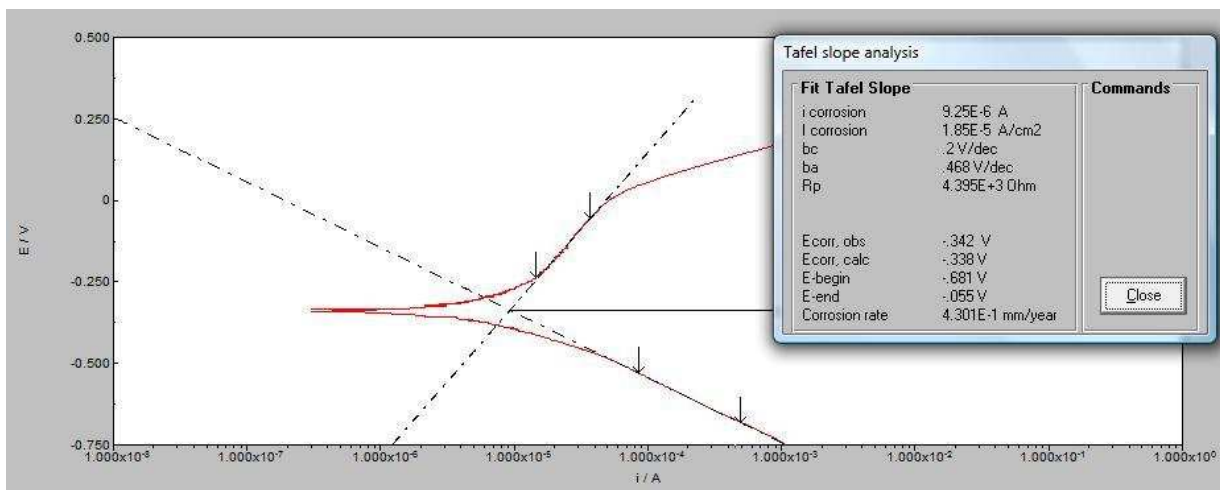


Figura B.27. Gráfico Tafel probeta 15 días sin polímero.

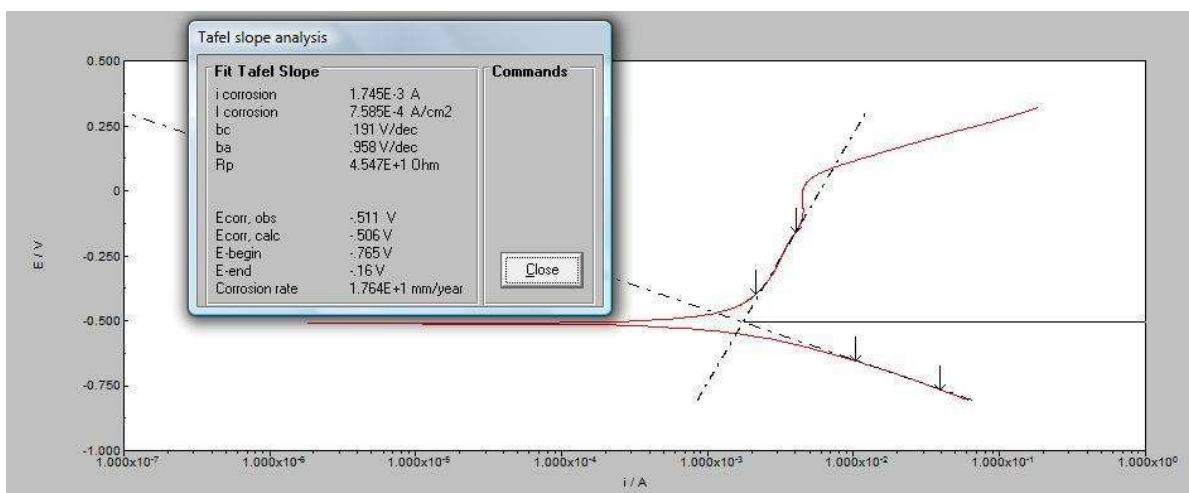


Figura B.28. Gráfico Tafel probeta 30 días sin polímero.

PROBETAS CON POLÍMERO CONDUCTOR.

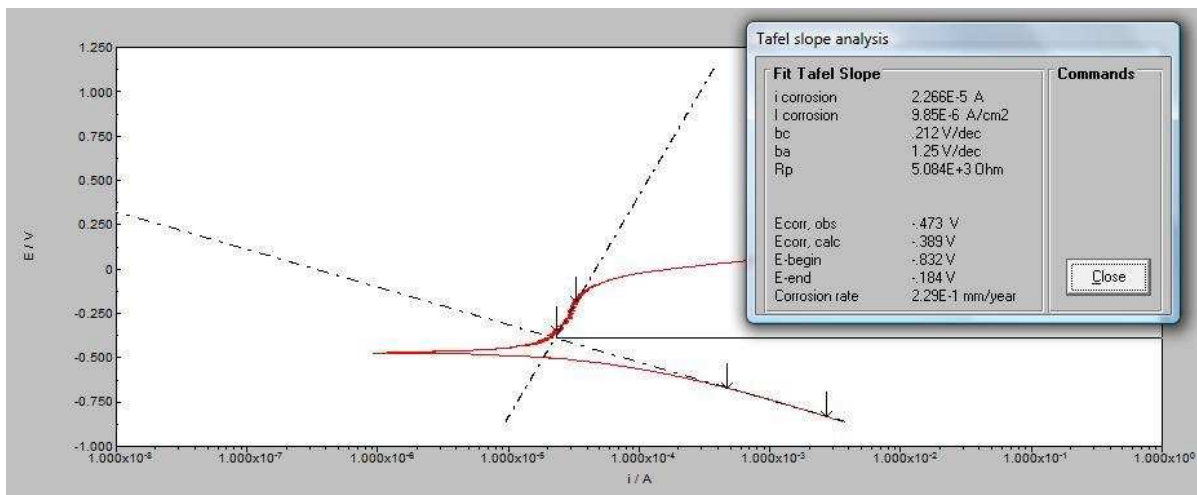


Figura B.29. Gráfico Tafel probeta 0h con polímero.

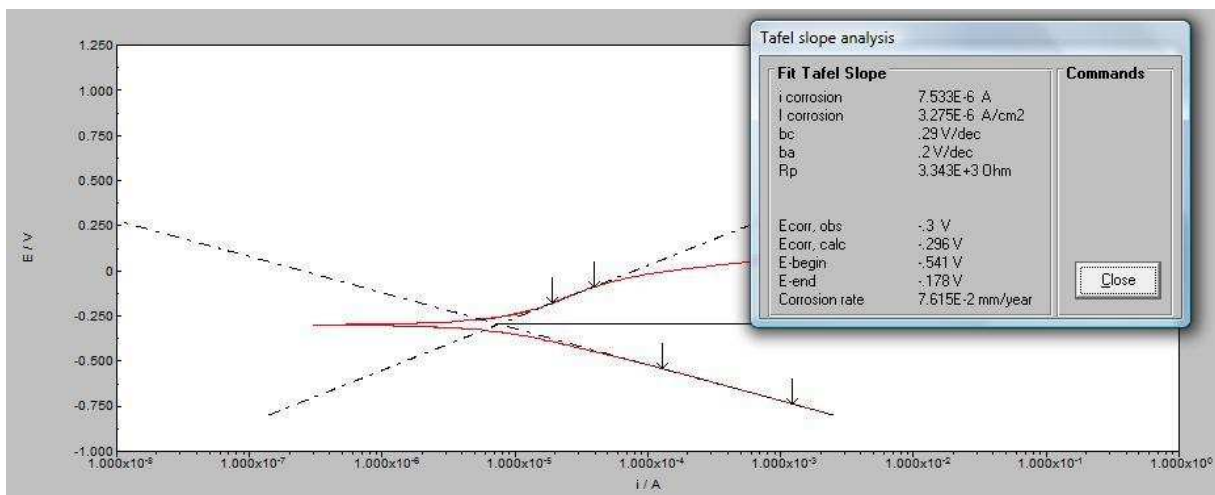


Figura B.30. Gráfico Tafel probeta 3h con polímero.

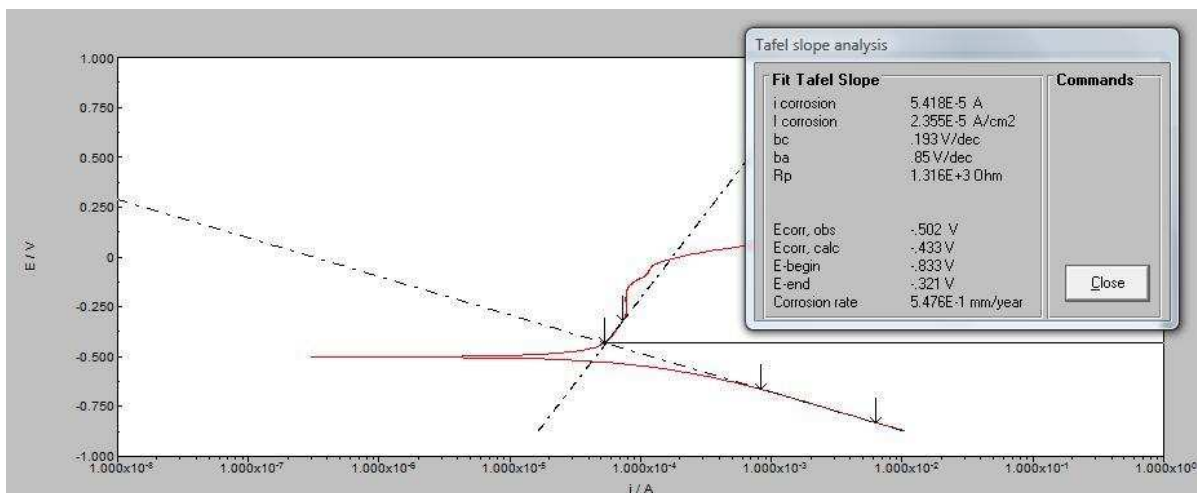


Figura B.31. Gráfico Tafel probeta 24h con polímero.

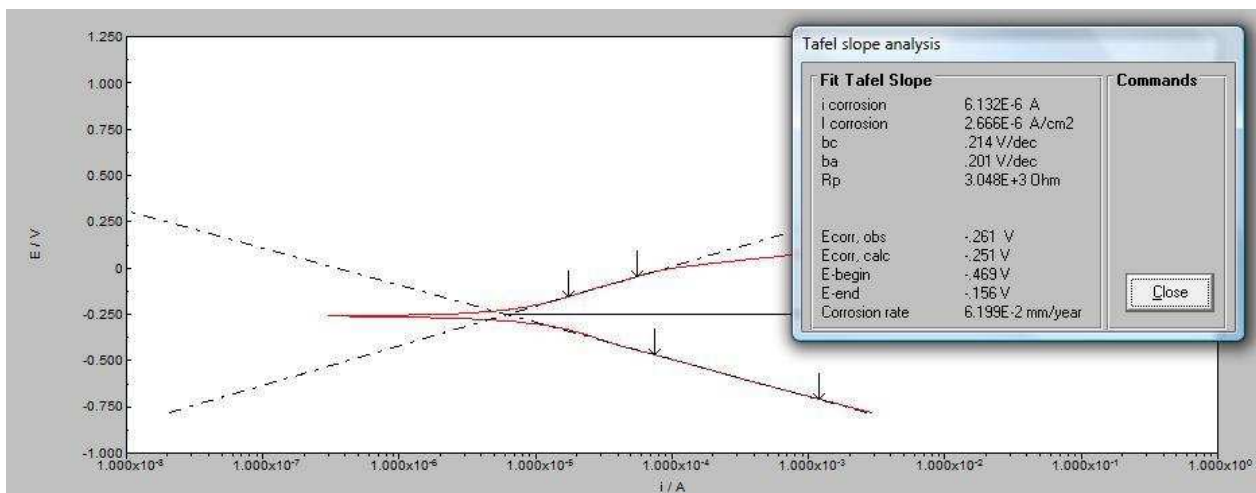


Figura B.32. Gráfico Tafel probeta 48h con polímero.

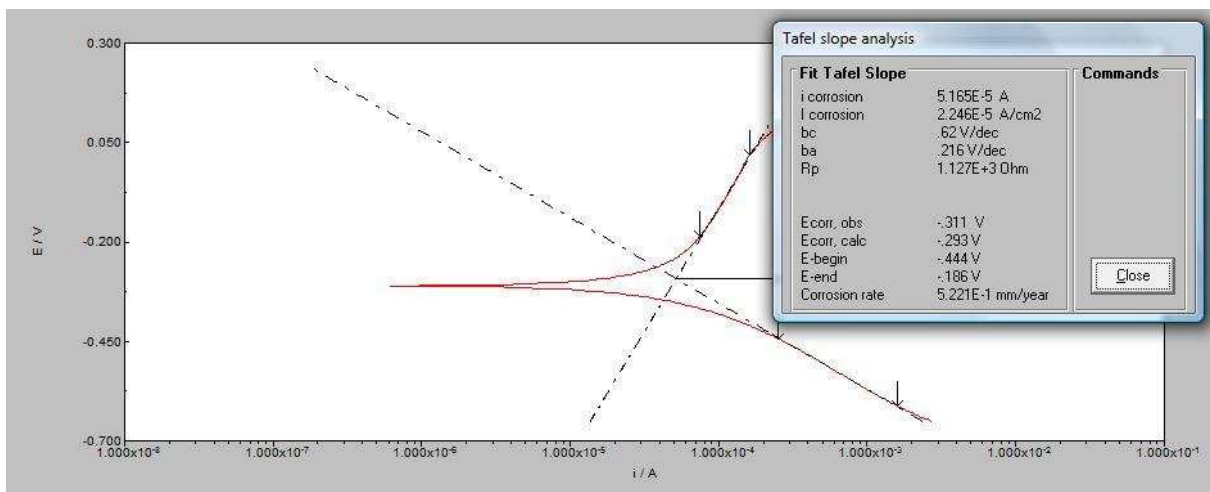


Figura B.33. Gráfico Tafel probeta 72h con polímero.

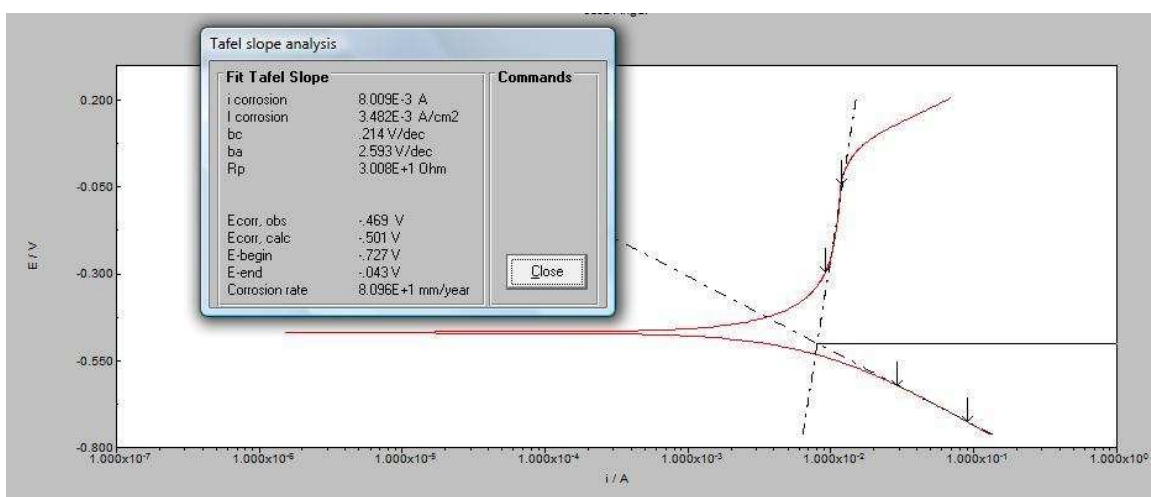


Figura B.34. Gráfico Tafel probeta 7 días con polímero.

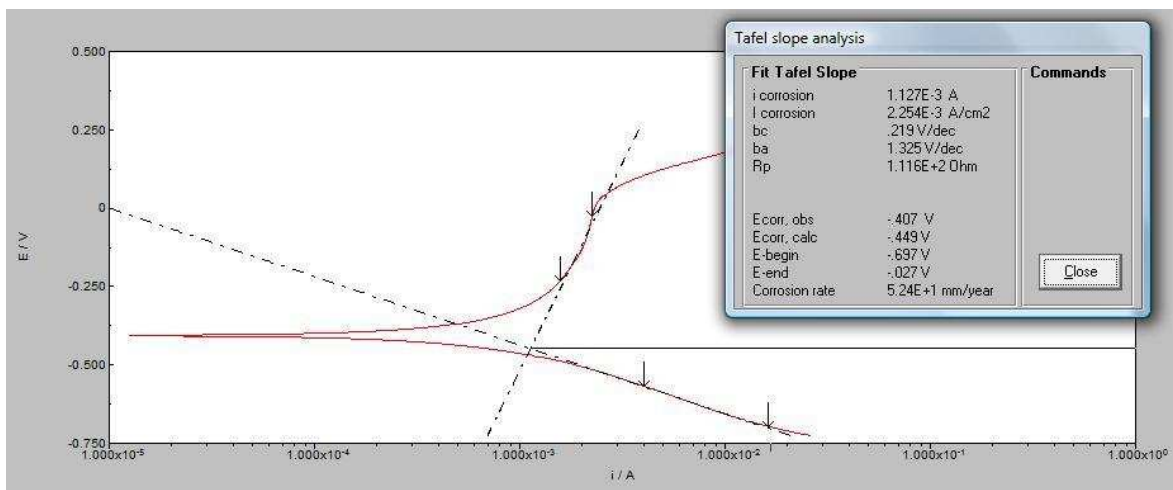


Figura B.35. Gráfico Tafel probeta 15 días con polímero.

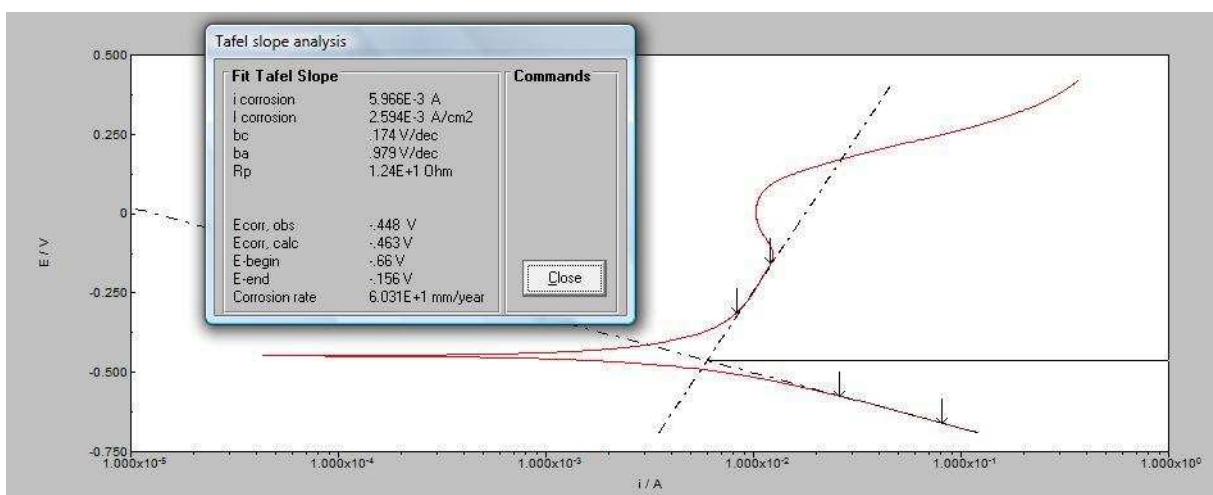


Figura B.36. Gráfico Tafel probeta 30 días con polímero.

C. Fichas técnicas y de seguridad de los productos

C.1. Acetona

1. Composición / Información de los Ingredientes

Nombre del producto: Acetona

Fórmula: C_3H_6O

Peso Molecular: 58,08

Nº CAS: 67-64-1

Nº CE: 200-662-2

2. Identificación de Riesgos

INDICACIÓN ESPECIAL DE RIESGOS PARA EL HOMBRE Y EL MEDIO AMBIENTE
Fácilmente inflamable. Irrita los ojos. La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

3. Primeros Auxilios

DESPUÉS DE INHALACIÓN

En caso de inhalación, sacar al sujeto al aire libre. Si no respira, administrar respiración artificial. Si respira con dificultad, administrar oxígeno.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LA PIEL

En caso de contacto, lavar inmediatamente la piel con jabón y abundante cantidad de agua.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LOS OJOS

En caso de contacto, enjuagar inmediatamente los ojos con agua durante 15 minutos.

DESPUÉS DE INGESTIÓN

En caso de ingestión, lavar la boca con agua si el sujeto está consciente. Llamar al médico.

4. Medidas de Lucha contra Incendios

MEDIOS DE EXTINCIÓN

Adecuado: Agua pulverizada. Dióxido de carbono, polvo químico seco o espuma apropiada.

RIESGOS ESPECIALES

Riesgos Específicos: Líquido inflamable. Emite humos tóxicos en caso de incendio.

Peligro de Explosión: El vapor puede recorrer una distancia considerable hasta una fuente de ignición y provocar un retorno de llama. Los recipientes expuestos al fuego pueden explotar.

EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCIÓN PARA PERSONAL ANTIINCENDIOS

Usar un aparato respiratorio autónomo y ropa protectora para evitar el contacto con la piel y los ojos.

5. Medidas ante Escape Accidental

PROCEDIMIENTOS DE PRECAUCIÓN PERSONAL A SEGUIR EN CASO DE FUGA O DERRAME

Evacuar la zona. Cerrar todas las fuentes de ignición. Usar útiles que no produzcan chispas.

PROCEDIMIENTO(S) DE PRECAUCIÓN PERSONAL

Usar un aparato respiratorio autónomo, botas de goma y guantes de goma fuertes.

MÉTODOS DE LIMPIEZA

Cubrir con cal seca, arena o ceniza de soda. Colocar en recipientes cubiertos, usando útiles que no produzcan chispas, y trasladar al exterior. Ventilar el local y lavar el lugar.

6. Manipulación y Almacenamiento

MANIPULACIÓN

Instrucciones de Seguridad para Manipulación: No inhalar el vapor. No permitir el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Evitar la exposición prolongada o repetida.

ALMACENAMIENTO

Condiciones de Almacenamiento: Mantener herméticamente cerrado. Mantener alejado del calor, chispas y llamas desnudas.

7. Controles de Exposición / Protección Personal

CONTROLES DE INGENIERÍA

Ducha de seguridad y baño ocular. Usar útiles que no produzcan chispas.

MEDIDAS GENERALES DE HIGIENE

Quitarse y lavar inmediatamente todas las prendas de ropa contaminadas.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN - UNIÓN EUROPEA

Fuente	Tipo	Valor
OEL	OEL	1,210 mg/m ³ 500 ppm

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección Respiratoria: Aparato respirador aprobado por NIOSH/MSHA.

Protección de las Manos: Guantes compatibles resistentes a los productos químicos.

Protección Ocular: Gafas protectoras contra productos químicos.

8. Propiedades Físico-Químicas

ASPECTO

Estado Físico: Líquido claro

Color: Incoloro

PROPIEDAD	VALOR	A Tª o PRESIÓN
pH	N/D	
Punto de Ebullición / Rango de Punto de Ebullición	56 °C	760 mmHg
Punto de Fusión /Rango de Punto de Fusión	-94 °C	
Punto de Destello	-17 °C	Método: Copa cerrada
Inflamabilidad	N/D	
Temperatura de Autoignición	465 °C	
Propiedades Oxidantes	N/D	
Propiedades Explosivas	N/D	
Límite de Explosión inferior	2 %	
Límite de Explosión superior	13 %	
Presión de Vapor	184 mmHg	20 °C
Densidad	0,79 g/cm ³	
Coefficiente de Reparto Log K _{ow}	-0,24	
Viscosidad	0,303 Pa·s	25 °C
Densidad de Vapor	2 g/l	
Concentración de Vapor Saturado	N/D	
Velocidad de Evaporación	N/D	
Densidad bruta	N/D	
Tª de Descomposición	N/D	
Contenido en Disolvente	N/D	
Contenido en Agua	N/D	
Tensión Superficial	23,2 mN/m	20 °C
Conductividad	N/D	

Datos Varios	N/D
Solubilidad	Solubilidad en Agua: miscible Otros Disolventes: miscible con alcohol, cloroformo, éter.

9. Estabilidad y Reactividad

ESTABILIDAD

Estable: Estable.

Materiales a Evitar: Bases, Agentes oxidantes, Agentes reductores
La acetona reacciona violentamente con oxiclورو de fósforo.

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS

Productos de Descomposición Peligrosos: Monóxido de carbono, dióxido de carbono.

POLIMERIZACIÓN PELIGROSA

Polimerización Peligrosa: No se producirá.

10. Información Toxicológica

TOXICIDAD AGUDA

Contacto con la Piel: Puede provocar irritación de la piel.

Absorción Cutánea: Puede ser nocivo en caso de absorción por la piel.

Contacto con los Ojos: Provoca irritación de los ojos.

Inhalación: Puede ser nocivo en caso de inhalación.

Ingestión: Puede ser nocivo en caso de ingestión.

CANCERÍGENO - POR EXPOSICIÓN CRÓNICA

11. Información Medioambiental

EFFECTOS ECOTOXICOLÓGICOS

Tipo de Ensayo: LC50 Pez

Especie: *Onchorhynchus mykiss*

Tiempo: 96 h

Valor: 5,540 mg/l

Tipo de Ensayo: EC50 Daphnia

Especie: *Daphnia magna*

Tiempo: 48 h

Valor: 13,500 mg/l

12. Consideraciones sobre el Deshecho

Para la eliminación de este producto, dirigirse a un servicio profesional autorizado. Quemar en un incinerador apto para productos químicos provisto de postquemador y lavador, procediendo con gran cuidado en la ignición ya que este producto es extremadamente inflamable.

13. Información Reglamentaria

INDICACIÓN DE PELIGRO: F Xi

Altamente Inflamable Irritante

FRASES R y FRASES S

C.2. Ácido clorhídrico 37%

1. Composición / Información de los Ingredientes

Nombre del producto: Ácido clorhídrico 37%

Fórmula: HCl

Peso Molecular: 36,46

Nº CAS: 7647-01-0

Nº CE: 231-595-7

2. Identificación de Riesgos

INDICACIÓN ESPECIAL DE RIESGOS PARA EL HOMBRE Y EL MEDIO AMBIENTE

Provoca quemaduras. Irritante para el aparato respiratorio.

3. Primeros Auxilios

DESPUÉS DE INHALACIÓN

En caso de inhalación, sacar al sujeto al aire libre. Si tiene dificultad para respirar, llamar al médico.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LA PIEL

En caso de contacto con la piel, lavar con abundante cantidad de agua durante 15 minutos por lo menos. Quitar la ropa y el calzado contaminados. Llamar al médico.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LOS OJOS

En caso de contacto con los ojos, enjuagar con abundante cantidad de agua durante 15 minutos por lo menos. Separar los párpados con los dedos para asegurar el buen enjuague de los ojos.

DESPUÉS DE INGESTIÓN

En caso de ingestión, lavar la boca con agua si el sujeto está consciente. Llamar al médico.

4. Medidas de Lucha contra Incendios

MEDIOS DE EXTINCIÓN

Adecuado: Dióxido de carbono, polvo químico seco o espuma apropiada.

Inadecuado: No utilizar agua.

RIESGOS ESPECIALES

Riesgos Específicos: Emite humos tóxicos en caso de incendio.

EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCIÓN PARA PERSONAL ANTIINCENDIOS

Usar un aparato respiratorio autónomo y ropa protectora para evitar el contacto con la piel y ojos.

5. Medidas ante Escape Accidental

PROCEDIMIENTOS DE PRECAUCIÓN PERSONAL A SEGUIR EN CASO DE FUGA O DERRAME

Evacuar la zona.

PROCEDIMIENTO(S) DE PRECAUCIÓN PERSONAL

Usar un aparato respiratorio autónomo, botas de goma y guantes de goma fuertes.

MÉTODOS DE LIMPIEZA

Absorber con arena o vermiculita y colocar en recipientes cerrados para eliminación.

6. Manipulación y Almacenamiento

MANIPULACIÓN

Instrucciones de Seguridad para Manipulación: No inhalar el vapor. No permitir el contacto con los ojos, la piel o la ropa.

ALMACENAMIENTO

Condiciones de Almacenamiento: Mantener herméticamente cerrado.

REQUISITOS ESPECIALES: Puede producir presión. Abra con cuidado

7. Controles de Exposición / Protección Personal

CONTROLES DE INGENIERÍA

Ducha de seguridad y baño ocular. Utilizar solamente dentro de una cabina de humos química.

MEDIDAS GENERALES DE HIGIENE

Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar. Desechar el calzado contaminado. Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN - UNIÓN EUROPEA

Fuente	Tipo	Valor
OEL	OEL	8 mg/m ³
		5 ppm

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección Respiratoria: Aparato respirador aprobado por NIOSH/MSHA (National Institute of Occupational Safety and Health; Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo/Mine Safety Health Act; Ley sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad en las Minas) de los Estados Unidos para locales sin ventilación y/o en casos de exposición superior al TLV (threshold limit value; valor límite admisible) según ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists; Conferencia de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos).

Protección de las Manos: Guantes de goma.

Protección Ocular: Gafas protectoras contra productos químicos.

Medidas Especiales de Protección: Visera protectora (mínimo 20 cm).

8. Propiedades Físico-Químicas

ASPECTO

Estado Físico: Líquido

Color: Amarillo pálido claro

Olor: Acre

PROPIEDAD	VALOR	A Tª o PRESIÓN
pH	N/D	
Punto de Fusión /Rango de Punto de Fusión	-114,2 °C	
Punto de Destello	N/D	
Inflamabilidad	N/D	
Temperatura de Autoignición	N/D	
Propiedades Oxidantes	N/D	
Propiedades Explosivas	N/D	
Límite de Explosión inferior	N/D	
Límite de Explosión superior	N/D	
Presión de Vapor	166,991 mmHg	21,1 °C
Densidad	1,2 g/cm ³	
Coefficiente de Reparto Log K _{ow}	N/D	
Viscosidad	N/D	
Densidad de Vapor	1,3 g/l	
Concentración de Vapor Saturado	N/D	
Velocidad de Evaporación	N/D	
Densidad bruta	N/D	
Tª de Descomposición	N/D	
Contenido en Disolvente	N/D	
Contenido en Agua	N/D	
Tensión Superficial	N/D	
Conductividad	N/D	
Datos Varios	N/D	
Solubilidad	N/D	

9. Estabilidad y Reactividad

ESTABILIDAD

Estable: Estable.

Condiciones a Evitar: No permitir la entrada de agua en el recipiente para evitar una reacción violenta.

Materiales a Evitar: Bases, Aminas, Metales alcalinos Cobre, aleaciones de cobre, Aluminio.

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS

Productos de Descomposición Peligrosos: Gas clorhídrico.

POLIMERIZACIÓN PELIGROSA

Polimerización Peligrosa: No se producirá.

10. Información Toxicológica

TOXICIDAD AGUDA

SIGNOS Y SÍNTOMAS DE LA EXPOSICIÓN

El producto causa severa destrucción de los tejidos de las membranas mucosas, el tracto respiratorio superior, los ojos y la piel. La inhalación puede resultar en espasmo, inflamación y edema de la laringe y los bronquios, neumonitis química y edema pulmonar.

VÍA DE EXPOSICIÓN

Contacto con la Piel: Produce quemaduras.

Absorción Cutánea: Puede ser nocivo en caso de absorción por la piel.

Contacto con los Ojos: Produce quemaduras.

Inhalación: Tóxico si se inhala.

Ingestión: Puede ser nocivo en caso de ingestión.

LISTA DE CANCERÍGENOS IARC

Clasificación: Grupo 3

11. Información Medioambiental

Ningunos datos disponibles.

12. Consideraciones sobre el Deshecho

DESHECHO DE LA SUSTANCIA

Para la eliminación de este producto, dirigirse a un servicio profesional autorizado. Observar todos los reglamentos estatales y locales sobre la protección del medio ambiente.

13. Información Reglamentaria

INDICACIÓN DE PELIGRO: C

Corrosivo

FRASES R y FRAS

C.3. Cloroformo

Identificación de la sustancia o del preparado:

Referencia del producto: CL0218

Denominación del producto: Cloroformo, estabilizado con etanol, Multisolvent®, para HPLC ACS ISO UV-VIS

Uso de la sustancia o el preparado:

disolvente, química analítica, en la industria de las gomas.

Identificación de la sociedad o empresa:

Empresa:

Scharlab, S.L.
Gato Pérez, 33. Pol. Ind. Mas d'en Cisa
08181 Sentmenat (Barcelona) ESPAÑA
Tel: +34-93 715 19 39 - FAX +34-93 715 27 65
email: scharlab@scharlab.com
Internet Web Site: www.scharlab.com

Representante regional:

Scharlab, S.L.
Gato Pérez, 33. Pol. Ind. Mas d'en Cisa
08181 Sentmenat (Barcelona) ESPAÑA
Tel: +34-93 715 19 39 - FAX +34-93 715 27 65
email: scharlab@scharlab.com
Internet Web Site: www.scharlab.com

Teléfono de urgencias:

Instituto Nacional de Toxicología de Madrid. Tel: +34 - 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Identificación y cantidad de los componentes:

CAS: 67-66-3
Peso molecular: 119,38
Numero de índice CE: 602-006-00-4
Numero CE: 200-663-8
Formula: CHCl₃

3. Identificación de peligros

Peligros que presenta la sustancia según las directivas europeas:

Nocivo por ingestión. Irrita la piel. Posibles efectos cancerígenos. Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: Tomar aire fresco. Si fuera preciso, respiración boca a boca o por medios instrumentales. Conservar las vías respiratorias libres.

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Quitar la ropa contaminada.

Tras ingestión: Avisar al médico. Evitar vómitos, ya que puede haber peligro de aspiración.

Laxantes: Sulfato sódico (1 cucharada/ 1/4 l de agua).

Administración posterior: Carbón activo (20-40g de suspensión al 10%).

Instrucciones para el médico: Lavado de estómago.

Tras contacto con los ojos: enjuagar con mucha agua, conservando los párpados bien abiertos (como mínimo durante 10 minutos). Llamar al oftalmólogo.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados: Adecuados a las condiciones del medio ambiente.

Riesgos especiales particulares: Incombustible. En caso de incendio es posible la formación de vapores peligrosos.

En caso de incendio puede formarse: cloruro de hidrógeno.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios: No permanecer en la zona de peligro sin ropa protectora adecuada y sin sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente.

Información adicional: Precipitar vapores emergentes con agua. Procurar que el agua de extinción no penetre en acuíferos superficiales o subterráneos.

Cloroformo, estabilizado con etanol, Multisolvent[®], para HPLC ACS ISO UV-VIS

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Precauciones individuales: No inhalar los vapores/aerosoles. Procurar no entrar en contacto con la sustancia. Ventilar bien los lugares cerrados.

Precauciones para la protección del medio ambiente: No verter por el sumidero.

Procedimientos de limpieza: Recoger con materiales absorbentes. Eliminar los residuos. Aclarar.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: Evitar la formación de vapores o aerosoles. No inhalar la sustancia. Trabajar bajo una vitrina extractora.

Almacenamiento: Almacenar bien cerrado, en lugar bien ventilado. Almacenar entre +15°C y +25°C.

8. Controles de exposición/protección personal

Valores límite de la exposición: (MAK, Alemania): 0,5 ml/m³ , 2,5 mg/m³

Controles de la exposición:

Cancerígeno. Categoría 3: Sustancias cuyos posibles efectos cancerígenos en el hombre son preocupantes, pero de las que no se dispone de información suficiente para realizar una evaluación satisfactoria. Hay algunas pruebas procedentes de análisis con animales, pero que resultan insuficientes para incluirlas en la segunda categoría.

Controles de la exposición profesional: Los equipos de protección personal deben elegirse según el puesto de trabajo, en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. El suministrador debería facilitar la estabilidad de los equipos de protección personal frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: imprescindible cuando se generen vapores/aerosoles. Filtro AX (NE371).

Protección de las manos: necesaria

Protección ocular: necesaria

Protección cutánea: Aplicar protección cutánea.

Medidas de higiene particulares: Cambiar enseguida la ropa contaminada. Lavar cara y manos tras trabajar con la sustancia. No inhalar la sustancia. Trabajar bajo una vitrina extractora.

9. Propiedades físicas y químicas

Información general:

Aspecto: líquido

Color: incoloro

Olor: dulzón

Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente:

Valor de pH: ---

Punto/intervalo de ebullición: 61 °C

Punto de destello: ---

Límites de explosión (bajo): ---

Límites de explosión (alto): ---

Presión de vapor: (20 °C) 213 hPa

Densidad (20 °C): 1,47 g/cm³

Solubilidad en agua: (20 °C): 8 g/l

Coefficiente de reparto n-octanol/agua: log P(o/w): (25°C) 2 (experimentalmente)

Viscosidad: (20 °C) 0,56 mPas

Densidad de vapor relativa: 4,25

Índice de refracción: ---

Punto/intervalo de fusión: -63 °C

Punto de ignición: 982 °C

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: Calentamiento fuerte.

Materias a evitar: metales alcalinos (sodio, litio, potasio...), metales alcalinotérreos (magnesio, calcio...), compuestos peróxidos, flúor, alcoholatos, soluciones de hidróxidos alcalinos, cetonas, hidróxidos alcalinos, alcoholes, nitrocompuestos orgánicos, amidas alcalinas, oxígeno, óxidos de nitrógeno, hidruros no metálicos, amoníaco, aminas, fosfinas.

Productos de descomposición peligrosos: En caso de incendio: véase capítulo 5.

Información adicional: sensible al calor, fotosensible (sensible a la luz).

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda:

DL₅₀ (oral, rata): 908 mg/kg

CL₅₀ (inhalación, rata): 47,7 mg/l /4h.

Síntomas específicos en estudios con animales:

Ensayo de irritación ocular (conejos): leves irritaciones.

Ensayo de irritación de la piel (conejos): leves irritaciones.

La bibliografía en la que nos hemos basado no coincide con la clasificación prescrita por la UE. La Unión Europea dispone de documentación, que no ha sido publicada.

Toxicidad de subaguda a crónica:

Actividad carcinogénica: La sospecha sobre su efecto cancerígeno requiere una mayor aclaración.

Actividad mutagénica:

Mutagenicidad bacteriana: Test de Ames: negativo

Informaciones complementarias sobre toxicidad:

Efectos sistémicos:

Tras absorción: ansiedad, espasmos, narcosis.

Tras inhalación: tos, dificultades respiratorias, sueño, absorción.

Tras contacto con la piel: irritaciones. Efecto desengrasante sobre la piel, con formación de piel resquebrajada y agrietada. Existe el peligro de ser absorbido por la piel.

Tras contacto con los ojos: leves irritaciones.

Tras ingestión: náuseas, vómito, absorción. Peligro de aspiración.

Tras aspiración del vómito: Al vomitar hay peligro de aspiración: neumonía.

Información adicional:

Tras un periodo de exposición prolongada al producto químico: bajada de la tensión sanguínea, afecciones sobre el sistema cardiovascular, cefaleas, ataxia (alteraciones de la coordinación motriz).

Trastornos en: tracto gastrointestinal.

Perjudicial para: corazón, hígado y riñones.

Su efecto se potencia con: etanol

Este producto debe manejarse con los cuidados especiales de los productos químicos.

12. Informaciones ecológicas

Ecotoxicidad: Perjudicial para los organismos acuáticos. Si penetra en suelos o acuíferos, resulta peligroso para el agua potable.

Toxicidad para los peces: *L. macrochirus* CL₅₀ : 18 mg/l /96h.

Toxicidad de dafnia: *Daphnia magna* CE₅₀: 79 mg/l /48h.

Toxicidad para las algas: *Sc. quadricauda* CI₅ : 1100 mg/l /8d.

Toxicidad para las bacterias: *Ps. putida* CE₅ : 125 mg/l /16h.

Toxicidad para los protozoos: *E. sulcatum* CE₅ : > 6560 mg/l /72h.

Movilidad: log P(o/w): (25°C) 2 (experimentalmente)

Potencial de bioacumulación: El potencial de bioacumulación será probablemente bajo (log P(o/w) = 1 - 3)

Persistencia y degradabilidad: Biodegradabilidad: No es degradable en agua.

Observaciones ecológicas adicionales:

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto: Los criterios homogéneos para la eliminación de residuos químicos no están regulados, por ahora, en la Unión Europea. Los residuos, procedentes del uso habitual de los productos químicos, poseen, generalmente, el carácter de residuos especiales. Existen leyes y disposiciones locales que regulan la eliminación de estos residuos en los países de la UE. Para informarse sobre su caso particular, rogamos que se ponga en contacto con la Administración Pública, o bien con una Empresa autorizada para la gestión de residuos.

Envases: Se procederá según las disposiciones oficiales para eliminarlos. Los embalajes contaminados deberán ser sometidos a las mismas medidas aplicadas al producto químico contaminante. Los embalajes no contaminados serán tratados como material reciclable o como residuos domésticos.

14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera:

Número UN: 1888

Clasificación ADR: 6.1 T1 III

Nombre técnico correcto: CLOROFORMO

Transporte por mar:

Número UN: 1888

Clasificación IMDG: 6.1 III

Nombre técnico correcto: CLOROFORMO

Transporte por aire:

Número UN: 1888

Clasificación IATA/ICAO: 6.1 III

Nombre técnico correcto (IATA): CLOROFORMO

15. Información reglamentaria

Clasificación CE: Este producto está incluido en el índice de sustancias peligrosas con su número de índice CE correspondiente, por lo que ha sido clasificado según la directiva 67/548/CEE y sus adaptaciones posteriores.

Pictograma: Xn (Nocivo)

Frases R: 22-38-40-48/20/22 Nocivo por ingestión. Irrita la piel. Posibles efectos cancerígenos. Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.

Frases S: 36/37-46 Usen indumentaria y guantes de protección adecuados. En caso de ingestión, acuda inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase.

Nº de índice CE: 602-006-00-4

C.4. Cloruro de sodio

1. Composición / Información de los Ingredientes

Nombre del producto: Cloruro de sodio

Fórmula: NaCl

Peso Molecular: 58,44

Nº CAS: 7647-14-5

Nº CE: 231-598-3

2. Identificación de Riesgos

INDICACIÓN ESPECIAL DE RIESGOS PARA EL HOMBRE Y EL MEDIO AMBIENTE

No peligroso según la directiva 67/548/EC.

3. Primeros Auxilios

DESPUÉS DE INHALACIÓN

En caso de inhalación, sacar al sujeto al aire libre. Si tiene dificultad para respirar, llamar al médico.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LA PIEL

En caso de contacto, lavar inmediatamente la piel con jabón y abundante cantidad de agua.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LOS OJOS

En caso de contacto con los ojos, enjuagar con abundante cantidad de agua durante 15 minutos por lo menos. Separar los párpados con los dedos para asegurar el buen enjuague de los ojos. Llamar al médico.

DESPUÉS DE INGESTIÓN

En caso de ingestión, lavar la boca con agua si el sujeto está consciente. Llamar al médico.

4. Medidas de Lucha contra Incendios

MEDIOS DE EXTINCIÓN

Adecuado: Incombustible. Utilizar medios de extinción apropiados para las condiciones ambientales del incendio.

RIESGOS ESPECIALES

Riesgos Específicos: Emite humos tóxicos en caso de incendio.

EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCIÓN PARA PERSONAL ANTIINCENDIOS

Usar un aparato respiratorio autónomo y ropa protectora para evitar el contacto con la piel y los ojos.

5. Medidas ante Escape Accidental

PROCEDIMIENTO(S) DE PRECAUCIÓN PERSONAL

Deben adoptarse las debidas precauciones para minimizar el contacto con la piel o los ojos y evitar la inhalación del polvo.

MÉTODOS DE LIMPIEZA

Barrer, meter en una bolsa y conservar para su posterior eliminación. Evitar el levantamiento de polvo. Ventilar el local y lavar el lugar donde se haya derramado el producto una vez retirado por completo.

6. Manipulación y Almacenamiento

MANIPULACIÓN

Instrucciones de Seguridad para Manipulación: Evitar la inhalación. Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Evitar la exposición prolongada o repetida.

ALMACENAMIENTO

Condiciones de Almacenamiento: Mantener herméticamente cerrado.

7. Controles de Exposición / Protección Personal

CONTROLES DE INGENIERÍA

Ducha de seguridad y baño ocular. Es obligatorio un sistema mecánico de escape de humos.

MEDIDAS GENERALES DE HIGIENE

Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección Respiratoria: Ponerse mascarilla contra el polvo.

Protección de las Manos: Guantes protectores.

Protección Ocular: Gafas protectoras contra productos químicos.

8. Propiedades Físico-Químicas

ASPECTO

Estado Físico: Sólido

PROPIEDAD	VALOR	A T ^a o PRESIÓN
pH	7	
Punto de Ebullición / Rango de Punto de Ebullición	1413 °C	
Punto de Fusión /Rango de Punto de Fusión	801 °C	
Punto de Destello	N/D	
Inflamabilidad	N/D	
Temperatura de Autoignición	N/D	
Propiedades Oxidantes	N/D	

Propiedades Explosivas	N/D	
Límite de Explosión inferior	N/D	
Límite de Explosión superior	N/D	
Presión de Vapor	1 mmHg	865 °C
Densidad	2,165 g/cm ³	
Coefficiente de Reparto Log K _{ow}	N/D	
Viscosidad	N/D	
Densidad de Vapor	N/D	
Concentración de Vapor Saturado	N/D	
Velocidad de Evaporación	N/D	
Densidad bruta	N/D	
T ^a de Descomposición	N/D	
Contenido en Disolvente	N/D	
Contenido en Agua	N/D	
Tensión Superficial	N/D	
Conductividad	N/D	
Datos Varios	N/D	
Solubilidad	Solubilidad en agua: soluble	

9. Estabilidad y Reactividad

ESTABILIDAD

Estable: Estable.

Materiales a Evitar: Agentes extremadamente oxidantes.

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS

Productos de Descomposición Peligrosos: Óxidos de sodio/sodio, Gas clorhídrico.

POLIMERIZACIÓN PELIGROSA

Polimerización Peligrosa: No se producirá.

10. Información Toxicológica

TOXICIDAD AGUDA

SIGNOS Y SÍNTOMAS DE LA EXPOSICIÓN

La ingestión en cantidades elevadas provoca vómitos y diarrea. Una deshidratación y una congestión pueden ocurrir en los órganos internos. Las soluciones de sal hipertónicas pueden producir reacciones inflamatorias en el aparato gastrointestinal.

VÍA DE EXPOSICIÓN

Contacto con la Piel: Puede provocar irritación de la piel.

Absorción Cutánea: Puede ser nocivo en caso de absorción por la piel.

Contacto con los Ojos: El cloruro de sodio (NaCl) en contacto con los ojos puede causar la irritación o rojez debido a la abrasión.

Inhalación: Puede ser nocivo en caso de inhalación. El producto puede ser irritante para las membranas mucosas y el tracto respiratorio superior.

Ingestión: Puede ser nocivo en caso de ingestión.

11. Información Medioambiental

Ningunos datos disponibles.

12. Consideraciones sobre el Deshecho

DESHECHO DE LA SUSTANCIA

Para la eliminación de este producto, dirigirse a un servicio profesional autorizado. Disolver o mezclar el producto con un solvente combustible y quemarlo en un incinerador apto para productos químicos provisto de postquemador y lavador. Observar todos los reglamentos estatales y locales sobre la protección del medio ambiente.

13. Información Reglamentaria

No peligroso según la directiva 67/548/EC.

C.5. Endurecedor

1. Composición / Información de los Componentes

Descripción química: mezcla de pigmentos, resinas y aditivos en disolventes orgánicos.

Componentes peligrosos: sustancias que intervienen en porcentaje superior al límite de exención y presentan un peligro para la salud y/o para el medio ambiente, y/o con valor límite de exposición comunitario en el lugar de trabajo.

10-25 %	Resina epoxi PM (1000) Xi=R36/38
2,5-10 %	Acetato de 1-metil-2- metoxietilo R10; Xi=R36
2,5-10 %	Xileno R10; Xn:R20/21; Xi: R38
2,5-10 %	Ciclohexanona R10; Xn:R20
2,5-10 %	Nafta disolvente, aromático ligero R10; Xn:R65; R66-R67; N:R51-53
<2,5 %	1,2,4-Trimetilbenceno R10; Xn:R20; Xi:R36/37/38; N:R51-53
<2,5 %	Butan-1-ol R10; Xn:R22; Xi:R41-R37/38; R67
<1 %	Mesitileno R10; Xi: R37; N:R51-53
<0,5 %	Nafta, hidrodesulfurado pesado R10; Xn:R65, R66-R67; N:R51- 53
<0,5 %	Propilbenceno R10; Xn:R65; Xi:R37; N:R51-53

2. Identificación de Riesgos

- R10, Xi: R36/38, R43, R52-53

- Efectos adversos: inflamable. Irrita los ojos. Irrita la piel. Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel. Nocivo para los organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

3. Primeros auxilios

En los casos de duda, o cuando persistan los síntomas de malestar, solicitar atención médica. No administrar nunca nada por vía oral a personas que se encuentren inconscientes.

POR INHALACIÓN: sacar al afectado de la zona contaminada y trasladarlo al aire libre. Si la respiración es irregular o se detiene, practicar la respiración artificial.

POR CONTACTO CON LA PIEL: quitar la ropa contaminada. Lavar a fondo las zonas afectadas con abundante agua fría o templada y jabón neutro, o con otro producto adecuado para la piel.

POR CONTACTO CON LOS OJOS: quitar las lentes de contacto. Lavar por irrigación los ojos con abundante agua limpia y fresca durante al menos 15 minutos.

POR INGESTIÓN: en caso de ingestión, requerir asistencia médica inmediata.

4. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción: en caso de incendio, utilizar agua pulverizada, espuma antialcohol, polvo químico seco. No usar para la extinción: chorro directo de agua.

Equipo de protección antiincendios: según la magnitud del incendio, puede ser necesario el uso de trajes de protección contra el calor, equipo respiratorio autónomo, guantes y gafas protectoras.

5. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Protecciones individuales: eliminar los posibles puntos de ignición y si procede, ventilar la zona.

Protecciones para la protección del medio ambiente: evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales, así como del suelo.

Métodos de limpieza: recoger el vertido con materiales absorbentes no combustibles.

6. Manipulación y almacenamiento

Evitar todo tipo de derrame o fuga. No dejar los recipientes abiertos.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse por el suelo a distancias considerables. Los vapores pueden formar con el aire mezclas que al alcanzar fuentes de ignición lejanas pueden inflamarse o explotar.

Temperaturas de inflamación: 37° C

Temperatura autoignición: 410° C

No comer, beber ni fumar en las zonas de aplicación y secado. Después de la manipulación, lavar las manos con agua y jabón.

Prohibir la entrada a personas no autorizadas. El producto debe almacenarse aislado de fuentes de calor y eléctricas. No fumar en el área de almacenamiento. Mantener alejado de agentes oxidantes y de materiales altamente alcalinos o ácidos fuertes.

7. Controles de exposición / protección personal

Límites de exposición (VLA) INST. 2005 (RD.39/1997)	ED		EC		Año
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Acetato de 1-metil-2-metoxietilo		50 275	100	550	1999
Xileno		50 221	100	442	2003
Ciclohexanona	10	41	20	82	2005
Nafta disolvente		50 290	100	580	
1,2,4-trimetilbenceno		20 100			1999
Butan-1-ol			50 154		1999
Mesitileno		20 100			1999
Nafta		50 290	100 580		2005

8. Propiedades físicas y químicas

Forma física	Líquido viscoso
Color	Beige
Olor	Característico
Viscosidad	1,6 poise a 25° C
Peso específico	1,35 g/cc a 20° C
No volátiles	70,4 %peso
Solubilidad en agua	Limitada
Temperatura de inflamación	37° C
Temperatura de ebullición	117,7° C a 760 mmHg
Temperatura descomposición	>200° C
Presión vapor	4,5 mmHg a 20° C
Densidad del vapor	3,69 Aire=1 a 20° C

9. Estabilidad y reactividad

Estabilidad: estable bajo las condiciones recomendadas de almacenamiento y manipulación

Reacciones peligrosas: posible reacción peligrosa con agentes oxidantes, ácidos, álcalis, aminas.

Descomposición térmica: como consecuencia de la descomposición térmica, pueden formarse productos peligrosos.

10. Informaciones toxicológicas

La exposición a concentraciones de vapores de disolvente por encima del límite de exposición ocupacional establecido, puede producir efectos adversos para la salud, tales como irritación de la mucosa o aparato respiratorio, así como hígado, riñones y sistema nervioso.

11. Informaciones ecológicas

Evitar la penetración en el terreno y atmósfera.

Nocivo para los organismos acuáticos.

12. Consideraciones sobre la eliminación

Tomar todas las medidas que sean necesarias para evitar al máximo la producción de residuos. Analizar posibles métodos de revalorización o reciclado. No verter en desagües o en el medio ambiente. Los envases vacíos y embalajes deben eliminarse de acuerdo con las legislaciones locales / nacionales vigentes. Incineración controlada en plantas especiales de residuos químicos, pero de acuerdo con las reglamentaciones locales.

13. Informaciones relativas al transporte

Transporte por carretera, Directiva 94/55/CE

Transporte por ferrocarril, Directiva 96/49/CE

Clase:3

Grupo embalaje: III

UN n°: 1263

Documento de transporte: Carta de porte

Transporte por vía marítima:

Clase:3

Grupo embalaje: III

UN n°:1263

Ficha de emergencia:F-E, S_E

Guía primeros auxilios: 310, 313

Transporte por vía aérea:

Clase:III

Grupo embalaje: III

UN n°: 1263

14. Informaciones reglamentarias

Etiquetado CE: R10, R43, R52/53, S7/9, S23, S24/25, S37, S38, S43. Xi

C.6. Hidróxido de sodio

Identificación de la sustancia o del preparado:

Referencia del producto: S00425

Denominación del producto: Sodio hidróxido, lentejas, para análisis, ACS, ISO

Uso de la sustancia o el preparado:

en solución: para neutralizar ácidos, para sintetizar sales de sodio, para precipitar metales en solución (formando hidróxidos).

Identificación de la sociedad o empresa:

Empresa:

Scharlab, S.L.

Gato Pérez, 33. Pol. Ind. Mas d'en Cisa

08181 Sentmenat (Barcelona) ESPAÑA

Tel: +34-93 715 19 39 - FAX +34-93 715 27 65

email: scharlab@scharlab.com

Internet Web Site: www.scharlab.com

Representante regional:

Scharlab, S.L.

Gato Pérez, 33. Pol. Ind. Mas d'en Cisa

08181 Sentmenat (Barcelona) ESPAÑA

Tel: +34-93 715 19 39 - FAX +34-93 715 27 65

email: scharlab@scharlab.com

Internet Web Site: www.scharlab.com

Teléfono de urgencias:

Instituto Nacional de Toxicología de Madrid. Tel: +34 - 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Identificación y cantidad de los componentes:

CAS: 1310-73-2

Peso molecular: 40,00

Numero de índice CE: 011-002-00-6

Numero CE: 215-185-5

Formula: NaOH

3. Identificación de peligros

Peligros que presenta la sustancia según las directivas europeas:

Provoca quemaduras graves.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: Tomar aire fresco. Avisar al médico.

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Utilizar un algodón impregnado con polietilenglicol 400 para extraer el producto. Cambiar enseguida la ropa contaminada.

Tras ingestión: beber mucha agua (grandes cantidades), no vomitar (existe riesgo de perforación). Llamar enseguida al médico. No intentar realizar medidas de neutralización.

Tras contacto con los ojos: enjuagar con mucha agua, conservando los párpados bien abiertos (como mínimo durante 10 minutos). Avisar inmediatamente al oftalmólogo.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados: Adecuados a las condiciones del medio ambiente.

Riesgos especiales particulares: Incombustible. En caso de incendio es posible la formación de vapores peligrosos. Al entrar en contacto con metales puede desprenderse hidrógeno gas (H₂): ¡Peligro de explosión!.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios: No permanecer en la zona de peligro sin ropa protectora adecuada y sin sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente.

Información adicional: Procurar que el agua de extinción no penetre en acuíferos superficiales o subterráneos.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Precauciones individuales: Procurar que no se forme polvo; intentar no inhalar el polvo. Procurar no entrar en contacto con la sustancia. Ventilar bien los lugares cerrados.

Precauciones para la protección del medio ambiente: No verter por el sumidero.

Procedimientos de limpieza: Recoger en seco y eliminar los residuos. Aclarar.

Eliminación del efecto nocivo: Neutralizar con ácido sulfúrico diluido.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: Sin más exigencias.

Almacenamiento: Almacenar bien cerrado, seco. Lejos de ácidos. Temperatura de almacenamiento: sin limitaciones.

No almacenar en recipientes de aluminio, estaño o cinc.

8. Controles de exposición/protección personal

Valores límite de la exposición: (MAK, Alemania): 2 mg/m³

Controles de la exposición:

Controles de la exposición profesional: Los equipos de protección personal deben elegirse según el puesto de trabajo, en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. El suministrador debería facilitar la estabilidad de los equipos de protección personal frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria cuando se genera polvo.

Protección de las manos: necesaria

Protección ocular: necesaria

Protección cutánea: Se recomienda protección cutánea preventiva.

Medidas de higiene particulares: Cambiar enseguida la ropa contaminada. Lavar cara y manos tras trabajar con la sustancia.

9. Propiedades físicas y químicas

Información general:

Aspecto: sólido

Color: incoloro

Olor: inodoro

Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente:

Valor de pH: (50 g/l H₂O, 20 °C) ~ 14

Punto/intervalo de ebullición: 1390 °C

Punto de destello: ---

Límites de explosión (bajo): ---

Límites de explosión (alto): ---

Presión de vapor: ---

Densidad (20 °C): ---

Solubilidad en agua: (20 °C): 1090 g/l

Solubilidad en:

etanol: 139 g/l

éter: insoluble

Viscosidad: ---

Índice de refracción: ---

Punto/intervalo de fusión: 323 °C

Punto de ignición: ---

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: No disponemos de información.

Materias a evitar: metales, metales ligeros: formación de hidrógeno ¡Peligro de explosión!; ácidos, nitrilos, metales alcalinotérreos (magnesio, calcio...) (pulvulento), compuestos de amonio, cianuros, magnesio, nitrocompuestos orgánicos, sustancias orgánicas inflamables (por ejemplo alcoholes, ácidos carboxílicos, aminas, éteres, cetonas), fenoles y compuestos oxidables.

Productos de descomposición peligrosos: No disponemos de información.

Información adicional: higroscópico (capta moléculas de agua).

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda:

No disponemos de datos cuantitativos sobre la toxicidad de este producto.

Síntomas específicos en estudios con animales:

Ensayo de irritación ocular (conejos): quemaduras

Ensayo de irritación de la piel (conejos): quemaduras

Toxicidad de subaguda a crónica:

Actividad mutagénica:

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): Test micronucleus: negativo

Mutagenicidad bacteriana: E. Coli: negativo

Mutagenicidad bacteriana: Test de Ames: negativo

Actividad teratógena: No teratógeno en experimentos con animales.

Informaciones complementarias sobre toxicidad:

Tras inhalación: quemaduras de las mucosas.

Tras contacto con la piel: quemaduras

Tras contacto con los ojos: quemaduras. Riesgo de lesiones oculares graves.

Tras ingestión: Irritaciones de las mucosas en la boca, faringe, esófago y tracto gastrointestinal. Hay peligro de perforación intestinal y de esófago.

Información adicional:

Este producto debe manejarse con los cuidados especiales de los productos químicos.

12. Informaciones ecológicas

Ecotoxicidad: Perjudicial para los organismos acuáticos. Efecto tóxico sobre peces y plancton. Efecto nocivo por alteración del pH. Forma mezclas caústicas con el agua incluso a baja concentración. No causa demanda biológica de oxígeno. Puede darse una neutralización en depuradoras.

Toxicidad para los peces: Onchorhynchus mykiss CL₅₀ : 45,4 mg/l /96h. (sustancia pura). L. macrochirus CL₅₀ : 99 mg/l /48h.

Toxicidad de dafnia: Daphnia magna CE₅₀: 76 mg/l /24h.

Persistencia y degradabilidad: Para las sustancias inorgánicas no podemos aplicar los métodos para la determinación de la biodegradabilidad.

Observaciones ecológicas adicionales:

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto: Los criterios homogéneos para la eliminación de residuos químicos no están regulados, por ahora, en la Unión Europea. Los residuos, procedentes del uso habitual de los productos químicos, poseen, generalmente, el carácter de residuos especiales. Existen leyes y disposiciones locales que regulan la eliminación de estos residuos en los países de la UE. Para informarse sobre su caso particular, rogamos que se ponga en contacto con la Administración Pública, o bien con una Empresa autorizada para la gestión de residuos.

Envases: Se procederá según las disposiciones oficiales para eliminarlos. Los embalajes contaminados deberán ser sometidos a las mismas medidas aplicadas al producto químico contaminante. Los embalajes no contaminados serán tratados como material reciclable o como residuos domésticos.

14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera:

Número UN: 1823

Clasificación ADR: 8 C6 II

Nombre técnico correcto: HIDRÓXIDO SÓDICO SÓLIDO

Transporte por mar:

Número UN: 1823

Clasificación IMDG: 8 II

Nombre técnico correcto: HIDRÓXIDO SÓDICO SÓLIDO

Transporte por aire:

Número UN: 1823

Clasificación IATA/ICAO: 8 II

Nombre técnico correcto (IATA): HIDRÓXIDO SÓDICO, SÓLIDO

15. Información reglamentaria

Clasificación CE: Este producto está incluido en el índice de sustancias peligrosas con su número de índice CE correspondiente, por lo que ha sido clasificado según la directiva 67/548/CEE y sus adaptaciones posteriores.

Pictograma: C (Corrosivo)

Frases R: 35 Provoca quemaduras graves.

Frases S: 26-36/37/39-45 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. Usen indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).

Nº de índice CE: 011-002-00-6

C.7. Xileno

1. Composición / Información de los Ingredientes

Mezcla de isómeros (C₈H₁₀) cuyo componente principal es m-Xileno X70%, 20% de Etilbenceno y el resto de o y p-Xilenos.

Denominación: Xileno, mezcla de isómeros

Fórmula: C₈H₁₀ M.=106,17 CAS [1330-20-7]

Número CE (EINECS): 215-535-7

Número de índice CE: 601-022-00-9

2. Identificación de Riesgos

Inflamable. Nocivo por inhalación y en contacto con la piel. Irrita la piel.

3. Primeros Auxilios

DESPUÉS DE INHALACIÓN

Trasladar a la persona al aire libre. En caso de asfixia proceder inmediatamente a la respiración artificial. Pedir inmediatamente atención médica.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LA PIEL

Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.

DESPUÉS DE CONTACTO CON LOS OJOS

Lavar con agua abundante (mínimo durante 15 minutos), manteniendo los párpados abiertos.

Pedir atención médica.

DESPUÉS DE INGESTIÓN

Evitar el vómito. No beber alcohol etílico. Pedir atención médica. Administrar solución de carbón activo de uso médico.

4. Medidas de Lucha contra Incendios

MEDIOS DE EXTINCIÓN

Adecuado: Polvo, espuma, AFFF, CO₂, Agua pulverizada.

RIESGOS PARTICULARES

Inflamable. Mantener alejado de fuentes de ignición. Los vapores son más pesados que el aire, por lo que pueden desplazarse a nivel del suelo. Puede formar mezclas explosivas con aire.

5. Medidas ante Escape Accidental

PRECAUCIONES INDIVIDUALES Y COLECTIVAS:

No inhalar vapores.

MÉTODOS DE LIMPIEZA:

Recoger con materiales absorbentes (Absorbente General Panreac, Kieselguhr, etc.) o en su defecto arena o tierra secas y depositar en contenedores para residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes.

Limpiar los restos con agua abundante

PRECAUCIONES MEDIOAMBIENTALES:

- No verter en el medio ambiente

- Prevenir inmediatamente a las autoridades competentes en caso de vertido.

6. Manipulación y Almacenamiento

MANIPULACIÓN

Evitar la formación de cargas electrostáticas. Sin indicaciones particulares.

ALMACENAMIENTO

Recipientes bien cerrados. En local bien ventilado. Alejado de fuentes de ignición y calor. No almacenar en recipientes de plástico.

7. Controles de Exposición / Protección Personal

VALORES LÍMITES DE EXPOSICIÓN

VLA-ED: 50 ppm ó 221 mg/m³, resorción termal

VLA-EC: 100 ppm ó 442 mg/m³, resorción dermal

PROTECCIÓN RESPIRATORIA :

En caso de formarse vapores/aerosoles, usar equipo respiratorio adecuado.

Filtro A. Filtro P.

PROTECCIÓN DE LAS MANOS :

Usar guantes apropiados (nitrilo).

PROTECCIÓN DE LOS OJOS :

Usar gafas apropiadas.

PROTECCIÓN DE LA PIEL :

- Vestimenta que cubra bien.

- Monos/botas de PVC, neopreno si hay riesgo de proyecciones.

MEDIDAS DE HIGIENE PARTICULARES :

Quitarse las ropas contaminadas. Usar ropa de trabajo adecuada. Lavarse manos y cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

8. Propiedades Físico-Químicas

ASPECTO

Estado Físico: Líquido.

Color: Incoloro

Punto de ebullición :37-144°C

Punto de inflamación : 29°C

Temperatura de auto ignición : 465°C

Límites de explosión (inferior/superior): 1,7/7,6 vol.%

Presión de vapor: 8 mbar(20°C)

Densidad (20/4): 0,865

Solubilidad: 0,2 g/l en agua a 20°C

9. Estabilidad y Reactividad

ESTABILIDAD

- Estable bajo ciertas condiciones.

- Evitar temperaturas elevadas.

PRODUCTOS QUE DEBEN EVITARSE

Agentes oxidantes fuertes. Acido sulfúrico concentrado. Acido nítrico. UF6. Azufre. Goma.

10. Información Toxicológica

Se carece de conclusiones sobre la valoración de un efecto perjudicial para el feto.

Por inhalación de vapores: Irritaciones en vías respiratorias. Riesgo de absorción cutánea.

Por absorción: Efectos sistémicos: dolores de cabeza, somnolencia, mareos, euforia, ansiedad, espasmos, narcosis. El etanol potencia sus efectos.

En contacto con la piel: irritaciones. Tras contactos prolongados con el producto, dermatitis.

Por contacto ocular: irritaciones. Puede tener un efecto desengrasante sobre la piel, con riesgo de infección secundaria.

11. Información Medioambiental

Extremadamente tóxico en medios acuáticos.

No permitir su incorporación al suelo ni a acuíferos. Peligroso para el agua potable. No incorporar al sumidero de aguas residuales. Riesgo de formación de vapores explosivos sobre la superficie del agua.

12. Consideraciones sobre el Deshecho

En la Unión Europea no están establecidas pautas homogéneas para la eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.

2001/573/CE: Decisión del Consejo, de 23 de julio de 2001, por la que se modifica la Decisión

2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos.

Directiva 91/156/CEE del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva

75/442/CEE relativa a los residuos.

En España: Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Publicada en BOE 22/04/98.

ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Publicada en BOE 19/02/02.

Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.

Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases.

En España: Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. Publicada en BOE 25/04/97.

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. Publicado en BOE 01/05/98.

13. Información Reglamentaria

Indicaciones de peligro: Nocivo.

Frases R: 10-20/21-38 Inflamable. Nocivo por inhalación y en contacto con la piel. Irrita la piel.

Frases S: 25 Evítese el contacto con los ojos.

Número de índice CE: 601-022-00-9.

C.8. Imprimación sintética AT807

DESCRIPCIÓN

Imprimación sintética modificada mate de secaje rápido.

CAMPOS DE APLICACIÓN

Indicada como imprimación de taller de uso general para hierro y acero en ambientes moderados donde se precisen períodos de repintado especialmente cortos. Para estructuras metálicas, maquinaria, tuberías, exterior de depósitos elementos de cerrajería, etc.

DATOS TÉCNICOS

Acabado: Mate

Color: Negro 0567(RAL 9011), Rojo 0100 (RAL 3009), Blanca 0101 (RAL 7042), Verde 0594 (RAL 6021) y Azul 0103 (RAL 5017).

Peso específico: de 1,45 a 1,60, según color.

Volumen sólidos: de 48 a 52%, según color.

Punto de inflamación: 27°C. Seta-Flash (copa cerrada).

Rendimiento teórico: 12,5 m²/l (aplicando 35 micras secas).

Secaje:

Temperatura [°C]	Al tacto	Manipulable
10	30 minutos	1 hora
23	15 minutos	30 minutos

Intervalo repintado:

Mínimo: 2 horas (ver observaciones)

Máximo: no tiene

PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

Acero nuevo:

- Desoxidado y desengrasado

Mantenimiento (repintado):

- Si la pintura está en buen estado, eliminar las manchas de grasas, aceite y suciedad con Disolvente n.º. 872. En las zonas con sistemas mal adheridos, o con presencia de herrumbre, eliminarlos mediante rascado/cepillado. Seguidamente limpiar con Disolvente n.º. 872.

- Para obtener resultados óptimos, parchear con la presente imprimación las zonas desnudas hasta alcanzar el nivel de grosor original. Posteriormente aplicar una capa general de Imprimación Sintética AT807.
- Sobre acabados de dos componentes, es necesario ensayar la adherencia de la Imprimación Sintética AT807. En todo caso, proceder a un lijado.

MODO DE EMPLEO

Método de aplicación: Brocha (1) Pist.aerográfica (*) Airless(*)
Dilución orientativa: 0-5% 10-15%
Diluyente: 872 ó 875 (s/temperatura ambiente)
Diámetro boquilla: --- 1,5 m/m 0,18-0,21"
Presión en boquilla: --- ¾ atm 150 atm.
Espesor recomendado: 35 micras secas
Limpieza de equipos: Diluyente N°. 872

(1) Sólo parcheo

(*) Las indicaciones referentes a la aplicación a pistola, son solamente orientativas.

Condiciones de aplicación:

Las que se derivan de la práctica normal de un buen pintado. Si se aplica por debajo de 10°C o superando los 30°C, puede verse afectado el conjunto de características reseñadas en la presente ficha técnica.

Observaciones:

Las capas subsiguientes podrán ser de cualquier producto de nuestra Línea de "Alquídicas", ya sea capa de fondo o acabado. También puede repintarse con los esmaltes clorocaucho serie 821 y poliuretano serie 841, 843, 844 y 845.

SEGURIDAD

Facilitar la ventilación adecuada cuando se aplique en interiores. Evitar la inhalación prolongada y usar protección respiratoria en caso de ser necesario.

Fecha de Edición: Febrero 2008

Toda ficha técnica queda anulada automáticamente por otra de fecha posterior o a los dos años de su edición.

D. Métodos instrumentales

D.1. Espectroscopia de infrarrojo

La espectroscopia molecular se basa en la interacción entre la radiación electromagnética y las moléculas. Dependiendo de la región del espectro en la que se trabaje y, por tanto, de la energía de radiación utilizada (caracterizada por su longitud o número de onda), esta interacción será de diferente naturaleza: excitación de electrones (espectros moleculares electrónicos), vibraciones moleculares (espectros moleculares de vibración) y rotaciones moleculares (espectros moleculares de rotación).

D.1.1. Modos de vibración

Los modos de vibración que se pueden producir en una molécula incluyen: cambios en la distancia de enlace y cambios en el ángulo de enlace.

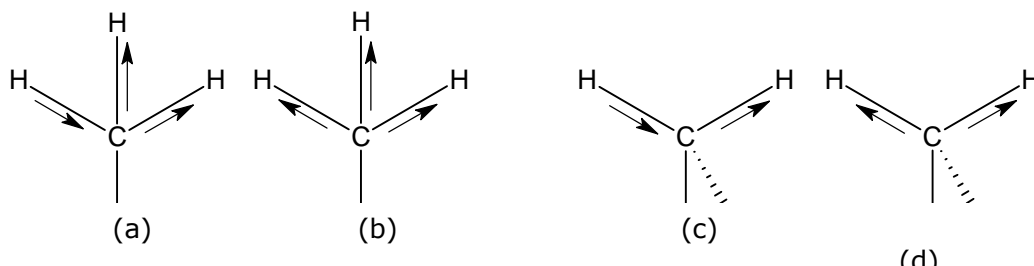


Figura D.1. Vibración de tensión asimétrica (a) y simétrica (b) del metilo y vibración de tensión asimétrica (c) y simétrica (d) del metileno.

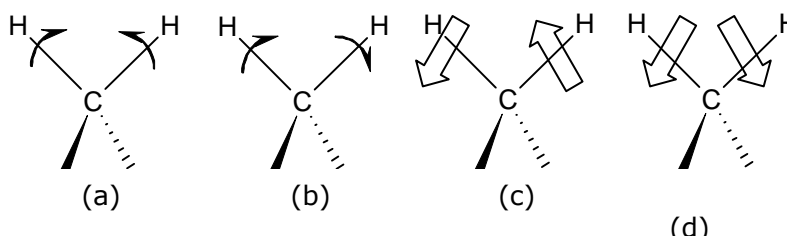


Fig. D.2. Vibraciones de flexión de tijera (a), de balanceo (b), de torsión (c) y de aleteo (d) del metileno.

D.1.2. Regiones espectrales

Aunque el espectro de infrarrojo se extiende desde 10 cm^{-1} a 14300 cm^{-1} , desde un punto de vista funcional se divide en tres zonas: IR lejano, donde se producen las absorciones debidas a cambios rotacionales, IR medio (MIR o, simplemente, IR), donde tienen lugar las vibraciones fundamentales e IR cercano (NIR), donde se producen absorciones debidas a sobretonos y combinaciones de las bandas fundamentales.

Tabla D.1. División del espectro infrarrojo.

Región	Transición característica	Longitud de onda [nm]	Número de onda [cm^{-1}]
Infrarrojo cercano (NIR)	Sobretonos y combinaciones	700-2500	14300-4000
Infrarrojo medio (IR)	Vibraciones fundamentales	$2500-5 \cdot 10^4$	4000-200
Infrarrojo lejano	Rotaciones	$5 \cdot 10^4-10^6$	200-10

D.1.3. Tipos de medidas en infrarrojo

Cuando la radiación incide en la muestra (Fig. D.3), ésta puede sufrir diferentes fenómenos: absorción, transmisión y reflexión. La intensidad de luz transmitida a través de la muestra (P_T) es menor que la intensidad incidente (P_0). Una parte de esta intensidad incidente se ha reflejado (P_R), mientras que otra parte ha sido absorbida por la sustancia (P_A).

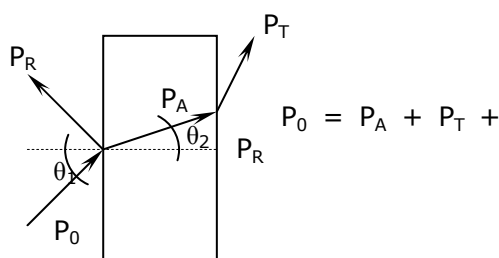


Figura D.3. Fenómenos de absorción, transmisión y reflexión de la radiación electromagnética al interactuar con la materia.

La medida más común en el infrarrojo es la que se basa en la absorción (o la intensidad transmitida), aunque también se han desarrollado espectroscopías basadas en el fenómeno de la reflexión, como son la reflectancia total atenuada y la reflectancia difusa.

$$A = -\log T = \log \left(\frac{P_0}{P_T} \right) \quad (\text{Ec. D.1})$$

D.1.3.1. Absorción / Transmisión

El espectro por transmisión a través de la muestra determina P_A , ya que esta pérdida en la intensidad luminosa incidente está relacionada con la concentración de la muestra. La transmitancia (T) se calcula como la fracción de radiación (P_T/P_0) transmitida a través de la muestra. La intensidad de absorción de la luz, absorbancia (A) se calcula como:

D.1.3.2. Reflectancia total atenuada

El principio de esta medida se basa en el fenómeno de la reflexión total interna y la transmisión de la luz a través de un cristal con un elevado índice de refracción. La radiación penetra unos micrómetros más allá de la superficie del cristal donde se produce la reflexión total, en forma de onda evanescente. El ángulo de la luz incidente y la geometría del cristal facilitan que se produzcan sucesivas reflexiones en sus caras internas. El espectro medido tiene una apariencia similar al espectro de transmisión, excepto por ciertas variaciones en la intensidad en función de la longitud de onda que se producen.

D.1.3.3. Reflectancia difusa

Otra medida que se basa en el fenómeno de la reflexión es la reflectancia difusa. Cuando la luz incide sobre una muestra opaca y no absorbente tiene lugar el fenómeno de la reflexión especular. Cuando la luz incide sobre una superficie irregular, se puede considerar que la frontera entre el medio y la muestra está formada por una serie de pequeñas interfases orientadas en todos los ángulos posibles.

D.1.4. Interpretación de espectros

En el espectro infrarrojo medio, entre 4000 cm^{-1} y 1300 cm^{-1} (región de frecuencias de grupo) se observan una serie de bandas asignadas a vibraciones de solo dos átomos de la molécula. En este caso la banda de absorción se asocia únicamente a un grupo funcional y a la estructura molecular completa, aunque hay influencias estructurales que provocan desplazamientos significativos en la frecuencia de vibración. Estas vibraciones derivan de grupos que contienen hidrógeno (C-H, O-H y N-H) o grupos con dobles y triples enlaces aislados. Entre 1300 cm^{-1} y 400 cm^{-1} la asignación a grupos funcionales determinados es más difícil debido a la multiplicidad de bandas, pero es una zona de espectro muy útil para la identificación de compuestos específicos.

D.1.5. Espectrofotómetro de transformada de Fourier (FT IR)

Con los espectrofotómetros de doble haz convencionales, con monocromador, es difícil acceder a la región del IR lejano, por eso los primeros espectrofotómetros de transformada de Fourier se diseñaron para esta región. Actualmente los espectrofotómetros FT IR han desplazado a los espectrofotómetros con monocromador. Este instrumento está basado en el principio del interferómetro de Michelson. Este interferómetro funciona del siguiente modo: la radiación primero golpea a un divisor o separador que escinde el haz de luz en dos partes iguales (espejo semirreflejante). Estos dos haces de luz interfieren en el divisor después en su viaje de vuelta cuando son reflejados sobre otros dos espejos. Uno dispuesto frente a la trayectoria del haz original (espejo móvil 1) y el otro perpendicular (espejo fijo 2). En esta trayectoria se dispone la muestra y a continuación el detector IR (véase la Fig. D.4).

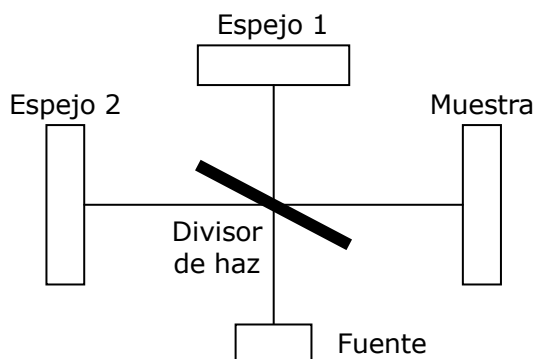


Figura D.4. Componentes de un interferómetro.

La intensidad resultante de la superposición de los dos haces es medida como función del desfase (s) del espejo móvil en su desplazamiento respecto a la posición intermedia. Las ventajas de los espectrofotómetros FT IR son básicamente dos: mejorar la resolución de los espectros y obtener mayor sensibilidad. En la Fig. D.5 se muestran los componentes:

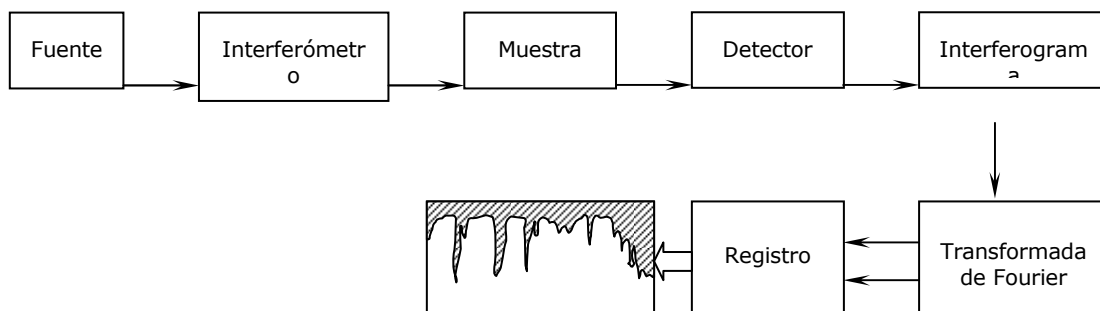


Figura D.5. Esquema de un espectrofotómetro de transformada de Fourier.

D.2. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

D.2.1. Introducción

Generalmente, la composición de la superficie de un sólido difiere, a menudo significativamente, de la del interior del mismo. En ciertas áreas de la ciencia y la ingeniería, la composición de una capa de la superficie de un sólido que tiene de unos pocos angstroms a unas pocas decenas de angstroms de grosor es mucho más importante que la composición en el seno del material. Los campos en que las propiedades de la superficie son de especial importancia incluyen la catálisis heterogénea, la tecnología de películas delgadas de semiconductor, los estudios de corrosión y de adhesión, la actividad de superficies de metales, las características de dureza y los estudios sobre el comportamiento y las funciones de membranas biológicas. Los haces de electrones se adaptan perfectamente a tales estudios ya que en muchas ocasiones, los electrones sólo pueden penetrar, o escapar, de las capas más externas del sólido. Por ejemplo, un haz de electrones de 1keV penetrará normalmente sólo en los 25 Å externos de un

sólido, por el contrario, un fotón de 1 keV puede penetrar hasta una profundidad de 1 μm o más.

D.2.2. Microscopio electrónico de barrido

INSTRUMENTACIÓN

La figura 1 muestra el esquema de un instrumento combinado que es a la vez un microscopio de electrones y una microsonda de barrido de electrones. Obsérvese que se utiliza una fuente y un sistema de focalización de electrones común pero que el microscopio utiliza un detector de electrones, mientras que la microsonda utiliza un detector de rayos X como el que se describirá más adelante.

FUENTES DE ELECTRONES

Los electrones se generan mediante un cañón de electrones; un esquema del tipo más común se muestra en la figura 2 y consiste en un filamento caliente de tungsteno, que tiene normalmente un diámetro de 0.1 mm y está doblado en forma de horquilla con un extremo en forma de V. El filamento catódico se mantiene a un potencial de 1 a 50 kV respecto al ánodo colocado en el cañón. Rodeando el filamento hay una cápsula, o cilindro de Wehnelt, que está cargada negativamente respecto al filamento. El efecto del campo eléctrico en el cañón es el de provocar que los electrones emitidos converjan sobre un punto minúsculo llamado la zona de paso que tiene un diámetro d_0 .

ÓPTICA PARA LOS ELECTRONES

Los sistemas de lentes magnéticas, condensadoras y de enfoque, que se muestra en la figura 1 sirven para reducir la imagen en la zona de paso ($d_0 = 10 - 50 \mu\text{m}$) a un tamaño final sobre la muestra de 5 a 200 nm. El sistema de lentes condensador, que puede constar de una o más lentes, es el responsable

de que el haz de electrones llegue a las lentes de enfoque y éstas son las responsables del tamaño del haz de electrones que incide en la superficie de la muestra.

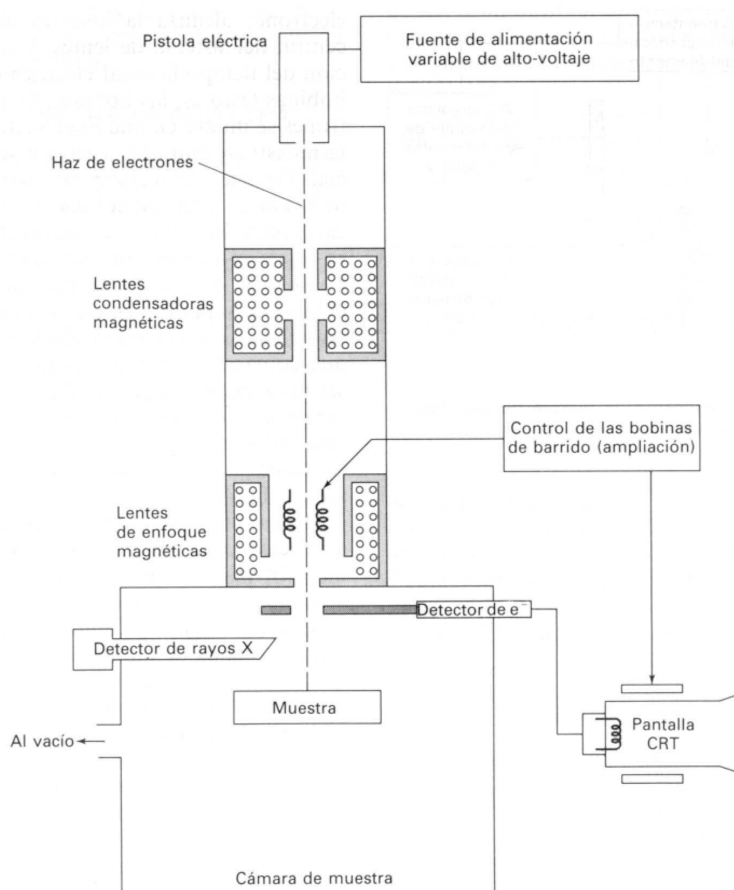


Figura 1. Esquema de SEM. Figura tomada de: D.A. Skoog et al. *Principios de Análisis Instrumental*. Mc Graw Hill, Madrid (2002)

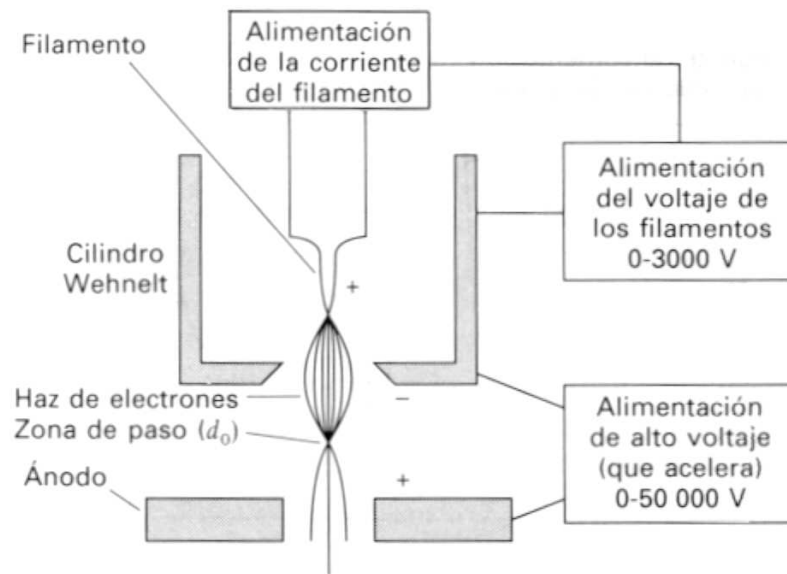


Figura 2. Diagrama de bloque de una fuente de filamento de tungsteno. Figura tomada de: D.A. Skoog et al. *Principios de Análisis Instrumental*. Mc Graw Hill, Madrid (2002).

Con un SEM el barrido se lleva a cabo mediante los dos pares de bobinas localizadas entre las lentes del objetivo (véase figura 1); uno de los pares desvía el haz en la dirección X hacia la muestra y el otro lo desvía en la dirección Y. El barrido se controla mediante aplicación de una señal eléctrica a uno de los pares de las bobinas de barrido, de manera que el haz de electrones alcanza la muestra al lado del eje central del sistema de lentes. Variando en función del tiempo la señal eléctrica de este par de bobinas (esto es, las bobinas X), el haz de electrones se mueve en una línea recta a lo largo de la muestra y entonces vuelve a su posición inicial. Después de realizar este barrido lineal, se utiliza el otro par de bobinas (bobinas Y en este caso) para desviar el haz ligeramente y de nuevo se repite el movimiento del haz utilizando las bobinas X.

Así, mediante movimientos rápidos del haz, la superficie entera de la muestra puede ser irradiada con el haz de electrones. Las señales que comandan las bobinas de barrido pueden ser analógicas o digitales; los barridos digitales tienen la ventaja de que ofrecen un movimiento y una colocación muy reproducible del haz de electrones; además la señal S de la muestra puede ser codificada y almacenada en la forma $S(X,Y)$.

Las señales que se utilizan para mover el haz de electrones en las direcciones X e Y se utilizan también para llevar a cabo los barridos horizontal y vertical de un tubo de rayos catódicos (CRT). La imagen de la muestra se obtiene utilizando la salida de un detector que permite controlar la intensidad en un punto determinado con el CRT. De este modo, este método de barrido produce un mapa de la muestra en el que hay una relación única entre la señal producida en una posición particular en la superficie de la muestra y el punto correspondiente de la pantalla de CRT.

En contraste con otras formas de microscopía, en la de barrido de electrones no existe una imagen verdadera de la muestra. Toda la información sobre la muestra se obtiene directamente del mapa de superficie de la muestra. El aumento (M) alcanzado en la imagen de SEM viene dado por

$$M = W/w \quad (1)$$

Donde W es la anchura de la pantalla CRT y w es la anchura de una única línea de barrido de la muestra. Ya que W es constante, el aumento crece si disminuye w.

MUESTRA Y SOPORTE DE LA MUESTRA

Las cámaras de muestra están diseñadas para permitir cambios rápidos de muestras y para ello, se utilizan bombas de vacío de alta capacidad que permiten disminuir la presión hasta 10^{-4} Torr o incluso menos. El soporte de muestra, es en muchos instrumentos capaz de sujetar muestras de varios centímetros, moverse en las direcciones X, Y y Z y rotar alrededor de cada uno de los ejes; como consecuencia, las superficies de las muestras se pueden observar desde casi cualquier perspectiva.

Las muestras que conducen la electricidad son las más fáciles de estudiar, ya que la circulación de los electrones permite minimizar los problemas asociados con la generación de carga. Además, las muestras que son buenas conductoras de la electricidad son también buenas conductoras del calor, lo que minimiza la probabilidad de su degradación térmica. Desafortunadamente, muchos especímenes orgánicos y muchas muestras minerales son no conductores. Por

ello se han desarrollado una gran variedad de técnicas que permiten obtener imágenes SEM de muestras no conductoras; de entre ellas, las más comunes implican el recubrimiento de la superficie de la muestra con una película metálica delgada obtenida por el método conocido como "sputtering" o por evaporación a vacío.

DETECTORES

El tipo más común de detector de electrones utilizado en los microscopios de barrido de electrones es el detector de centelleo. Este detector consiste en un vidrio dopado o una placa de plástico que emite una cascada de fotones visibles cuando es alcanzado por un electrón. Los fotones son conducidos por un tubo de luz a un fotomultiplicador que está situado fuera de la región de alto vacío del instrumento. Las ganancias típicas con detectores de centelleo son de 10^5 a 10^6 . Los detectores de semiconductor, que están formados por obleas planas de semiconductor, se utilizan también en microscopía de electrones. Cuando un electrón de alta energía alcanza el detector, se producen unos pares agujero-electrón que dan lugar a un aumento de la conductividad. Las ganancias de corriente con los detectores de semiconductor son de 10^3 a 10^4 , ahora bien, este tipo de detector es tan pequeño que se puede situar junto a la muestra, lo que permite obtener una elevada eficacia. Además, estos detectores son fáciles de utilizar y son menos caros que los detectores de centelleo.

En muchos casos, estas ventajas compensan con creces la baja ganancia del detector de semiconductor.

Los rayos X producidos en el microscopio de barrido de electrones son normalmente detectados y medidos con un sistema dispersivo de energías. Los sistemas dispersivos de longitudes de onda también se han utilizado en análisis con microsonda de electrones.

D.2.3. Interacciones de los haces de electrones con los sólidos

La versatilidad del microscopio electrónico de barrido para el estudio de sólidos proviene de la amplia variedad de señales que se generan cuando el haz de electrones interactúa con el sólido. Las interacciones de un sólido con un haz de electrones se pueden dividir en dos categorías: *interacciones elásticas* que afectan a las trayectorias de los electrones en el haz sin que se alteren significativamente sus energías e *interacciones inelásticas*, que resultan de transferir al sólido una parte o toda la energía de los electrones. El sólido excitado emite entonces electrones secundarios, electrones Auger, rayos X y a veces fotones de longitud de onda larga (catodoluminiscencia).

DISPERSIÓN ELÁSTICA

En la dispersión elástica, la colisión de un electrón con un átomo provoca un cambio en la componente de dirección del electrón pero deja virtualmente intacta la velocidad del mismo; por tanto la energía cinética del electrón permanece prácticamente constante. El ángulo de desviación de una colisión es aleatorio y puede variar desde 0 hasta 180 °. Una simulación obtenida con un ordenador del comportamiento aleatorio de 5 y 100 electrones cuando entran en un sólido perpendicularmente a su superficie con una energía del haz de 20 keV, valor relativamente corriente indica que los electrones penetran hasta una profundidad de 1.5 μm o más. Algunos de los electrones pierden su energía; sin embargo, la mayoría experimenta numerosas colisiones y como resultado, acaban saliendo de la superficie como electrones retrodispersados. Es importante señalar que el haz de electrones retrodispersado tiene un diámetro mucho mayor que el haz incidente; por ejemplo, para un haz incidente de 5 nm, el haz retrodispersado puede tener un diámetro de varios micrómetros. El diámetro del haz retrodispersado es uno de los factores que limitan la resolución de los microscopios de electrones.

INTERACCIONES INELÁSTICAS

Electrones secundarios. Se observa que cuando la superficie de un sólido se bombardea con un haz de electrones del orden de varios keV, se emiten de la superficie electrones con energías de menos de 50 eV junto con los electrones retrodispersados. El número de estos electrones secundarios es generalmente de la mitad a aproximadamente la quinta parte o incluso menos en los electrones retrodispersados. Los electrones secundarios, que tienen energías entre 3 y 5 eV, se producen como resultado de interacciones entre los electrones de elevada energía del haz (primarios) y los electrones de la banda de conducción del sólido lo que da lugar a la expulsión de estos electrones con energías de unos pocos electronvolts. Los electrones secundarios tan sólo se pueden producir a una profundidad de 5 a 500 Å y forman un haz que tiene un diámetro algo superior al haz incidente. Puede evitarse que los electrones secundarios lleguen al detector desviando ligeramente la posición del mismo. Los electrones secundarios son los que se utilizan comúnmente para la formación de la imagen en el SEM.

Emisión de rayos X. La obtención de rayos X característicos, como resultado de la interacción de los electrones con la materia, permite una de las aplicaciones más importantes en los microscopios electrónicos: analizar la composición de la muestra "in situ", es decir a la vez que observamos su imagen real.

ORIGEN DEL ESPECTRO CARACTERÍSTICO DE RAYOS X

El proceso de producción del espectro característico, puede esquematizarse del modo siguiente (figura 3):

Excitación: el choque de un electrón incidente (procedente del cátodo) con un electrón de las capas internas de un átomo (del elemento al que corresponde el ánodo), produce la expulsión de dicho electrón quedando el átomo en estado excitado.

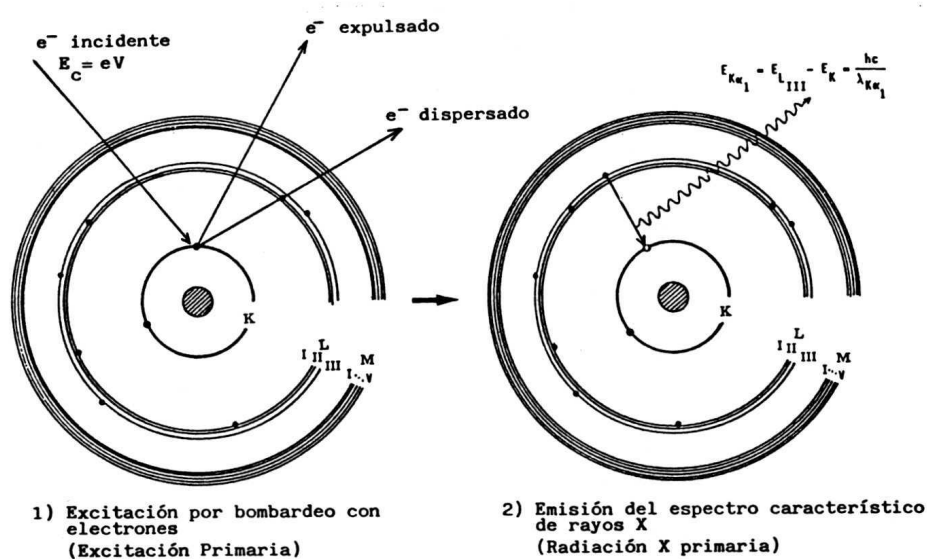


Figura 3. Producción del espectro característico de rayos X. Figura tomada de: ALBELLA, J.M.; CINTAS, A.M.; MIRANDA, T. y SERRATOSA, J.M.: "Introducción a la ciencia de materiales". C.S.I.C., 1993.

Emisión: este átomo en estado excitado tiende a volver inmediatamente a su estado fundamental, para lo cual se producen saltos de electrones de niveles más externos para cubrir el hueco producido. En este proceso hay un desprendimiento de energía, igual a la diferencia de energía entre los dos niveles en los que se produce el salto electrónico, en forma de radiación electromagnética correspondiente a la región de los rayos X.

A esta excitación producida por el bombardeo de partículas se la denomina excitación primaria, y a la radiación así obtenida se la llama radiación X primaria. Al ser, las energías de los distintos niveles electrónicos características para cada tipo de átomos, la radiación X emitida será característica para cada elemento, y, en principio, no dependerá de la sustancia química en la que se encuentre, ya que, en general, estas radiaciones están originadas por transiciones entre los niveles electrónicos internos, cuyas energías no se ven afectadas por el tipo de enlace existente.

Espectro característico de rayos X emitido por los elementos

En la figura 4 se muestran las transiciones electrónicas permitidas que dan lugar a las líneas más intensas del espectro característico de rayos X. Cuando la

energía de los electrones que inciden sobre un átomo es igual o mayor que la energía del nivel K, puede producirse la expulsión de un electrón de dicha capa K, las transiciones desde niveles superiores dan lugar a una serie de radiaciones características de longitudes de onda similares que constituyen la serie K (se denominan K_{α} , K_{β} ...). Es la serie de mayor energía (menor longitud de onda).

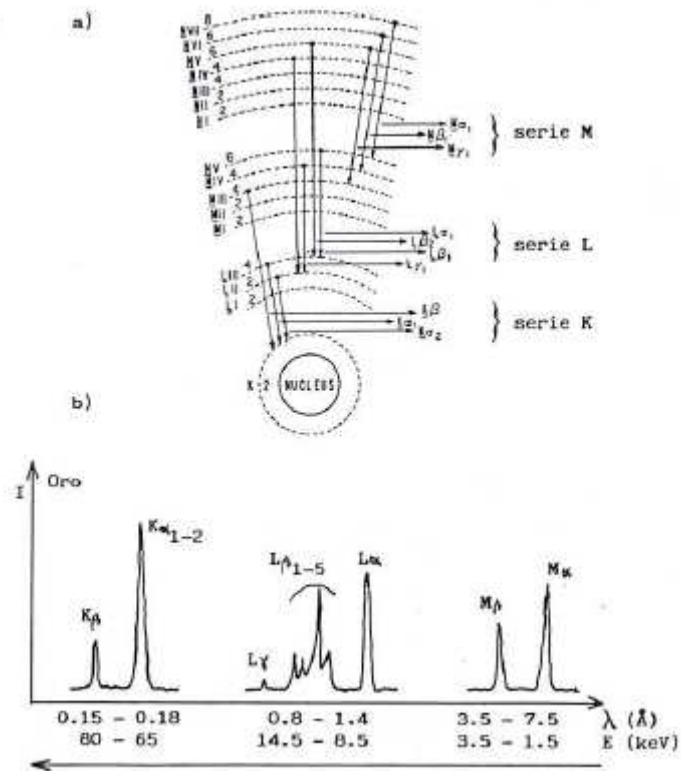


Figura 4. a) transiciones electrónicas permitidas que dan lugar a las líneas más intensas del espectro característico de rayos X; b) zonas de longitud de onda y energía en las que aparecen las distintas series de líneas características del oro.

Figura tomada de: ALBELLA, J.M.; CINTAS, A.M.; MIRANDA, T. y SERRATOSA, J.M.: "Introducción a la ciencia de materiales". C.S.I.C., 1993.

Si la vacante se produce en alguno de los subniveles de la capa L, las transiciones desde niveles superiores dan lugar a las radiaciones características de la serie L (L_{α} , β , ...). Lo mismo puede decirse para la capa M.

Aunque el número de radiaciones características posibles para cada elemento es grande, en la práctica la intensidad de muchas de ellas es muy pequeña (probabilidad muy pequeña de que se produzca la transición electrónica que las origina), y no se pueden registrar con los equipos de medida; además, el número de radiaciones que se registran se limita todavía más, debido a que la diferencia de energía entre algunas de ellas es tan pequeña que aparecen juntas. Esto hace que, en la práctica, el espectro característico de un elemento se reduzca a 2 ó 3 radiaciones de la serie K, y de 4 a 10 de la serie L. Las radiaciones de la serie M, en la zona normal de trabajo que va de 0.3 a 20 Å, únicamente suele aparecer para los elementos más pesados. Como ejemplo real, en la figura 5 se muestran las líneas características de la serie K del hierro y de la serie L del wolframio obtenidas experimentalmente.

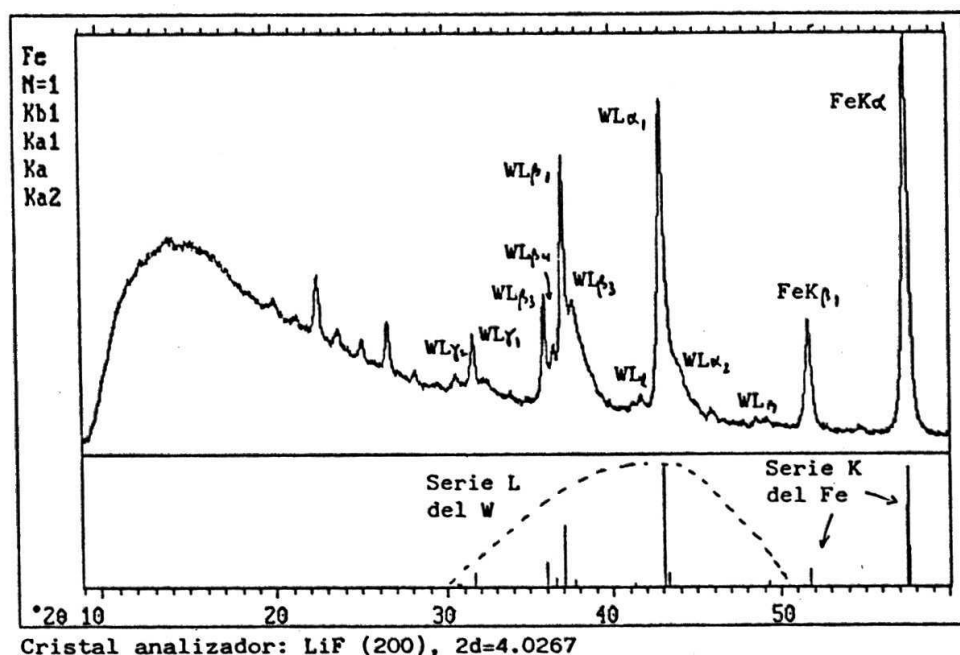


Figura 5. Líneas características de la serie K del hierro y de la serie L del wolframio Obtenidas experimentalmente. Figura tomada de: ALBELLA, J.M.; CINTAS, A.M.; MIRANDA, T. y SERRATOSA, J.M.: "Introducción a la ciencia de materiales". C.S.I.C., 1993.

MICROANÁLISIS EN MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

La emisión de rayos X característicos cuando un haz de electrones incide sobre una muestra permite, bien analizar muestras muy pequeñas o estudiar áreas muy pequeñas de muestras mayores. Ya que las técnicas convencionales de análisis no permiten esto, el análisis en microscopía electrónica se ha convertido en una técnica muy importante para la caracterización de todo tipo de materiales sólidos.

En un espectro de rayos X, la medida de la longitud de onda o de la energía, permite determinar los elementos que están presentes en la muestra, es decir realizar un análisis cualitativo o incluso semicuantitativo.

D.2.4. Aplicaciones de la microscopía electrónica

La microscopía electrónica de barrido proporciona información morfológica y topográfica sobre la superficie de los sólidos que son normalmente necesarias para entender el comportamiento de las superficies. Así, un análisis por microscopía electrónica es a menudo la primera etapa en el estudio de las propiedades de las superficies de un sólido.

El microanálisis de rayos X proporciona información cualitativa y cuantitativa sobre la composición elemental de las diversas áreas de la superficie.

D.3. Cálculo de la velocidad de corrosión

Existen tres métodos para el estudio del cálculo de la velocidad de corrosión. En nuestro proyecto utilizamos el método de las pendientes de Tafel.

a) Método gravimétrico

Para determinar la velocidad de corrosión por este método hay que someter al material en estudio a un ataque del agente corrosivo durante un periodo de tiempo bastante largo.

Una vez finalizado el ataque se determina el cambio de peso que el material experimenta con el fin de obtener la velocidad de corrosión en m.d.d. es decir miligramos de material perdido por día transcurrido y dm² de área de material expuesto.

b) Método de las pendientes de Tafel.

Este método emplea potenciales superiores a +120 y -120 mV del potencial a circuito abierto. La ecuación de B-V para sobrepotenciales altos supone el despreciar una corriente frente a otra obteniendo:

si el $\eta \geq 120$ mV

$$i_T = i_{corr} \exp\left(\frac{\alpha n F \eta}{RT}\right)$$

si el $\eta \leq -120$ mV

$$i_T = i_{corr} \left[-\exp\left(-\frac{\beta n F \eta}{RT}\right) \right]$$

conocidas como expresiones de Tafel.

$$\ln i_t = \ln i_{corr} + \frac{\alpha n F}{RT} \eta$$

$$2.30 \log i_t = 2.30 \log i_{corr} + \frac{\alpha n F}{RT} \eta$$

Si se divide la expresión por 2,30

$$\log i_t = \log i_{corr} + \frac{\alpha n F}{RT} \eta$$

Despejando $\eta = f(\log i_t)$

$$\eta = -\frac{2.30RT}{\alpha n F} \log i_{corr} + \frac{2.30RT}{\alpha n F} \log i_t$$

Si se representa $\eta = f(\log i_t)$, se obtiene una línea recta de pendiente $2,30RT/\alpha n F = b_a$ llamada pendiente de Tafel, en este caso será la pendiente de Tafel anódica. Del mismo modo desarrollando la expresión para $\eta \leq -120\text{mV}$, es decir la rama catódica obtendremos:

$$\ln |i_t| = \ln i_{corr} - \frac{\beta' F}{RT} \eta$$

$$2.30 \log |i_t| = 2.30 \log i_{corr} - \frac{\beta' F}{RT} \eta \quad \text{Dividiendo todo por 2,30}$$

$$\log |i_t| = \log i_{corr} - \frac{\beta' F}{2.30RT} \eta$$

$$\eta = +\frac{2.30RT}{\beta' F} \log i_{corr} - \frac{2.30RT}{\beta' F} \log |i_t| \quad \text{Si se representa } \eta = f(\log |i_t|)$$

$$\frac{2.30RT}{\beta' F} = b_c = \text{Pendiente de Tafel catódica.}$$

Si representamos η frente a $\log i$ se obtiene una representación como indica la figura 1. Las pendientes de Tafel tienen unidades de volt/decada esta figura también ilustra como calcular la pendiente catódica.

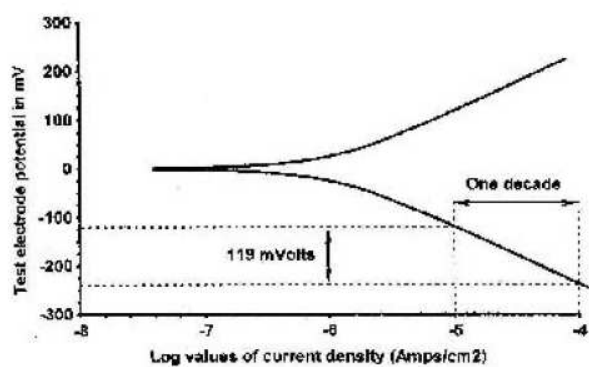


Figura 1. Representación del cálculo de la pendiente catódica.

La corriente de corrosión se puede obtener directamente de las gráficas de Tafel por intersección de ambas ramas como se observa en la figura 2. Conocida la i_{corr} se puede calcular la velocidad de corrosión en m.d.d. usando para la conversión las leyes de Faraday.

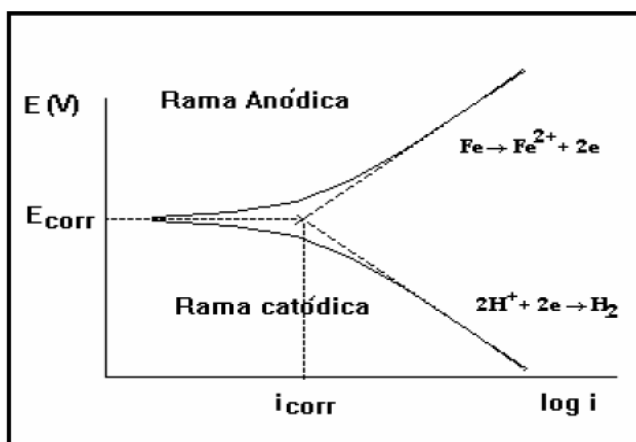


Figura 2. Intersección de pendientes anódica y catódica.

c) Método de polarización lineal.

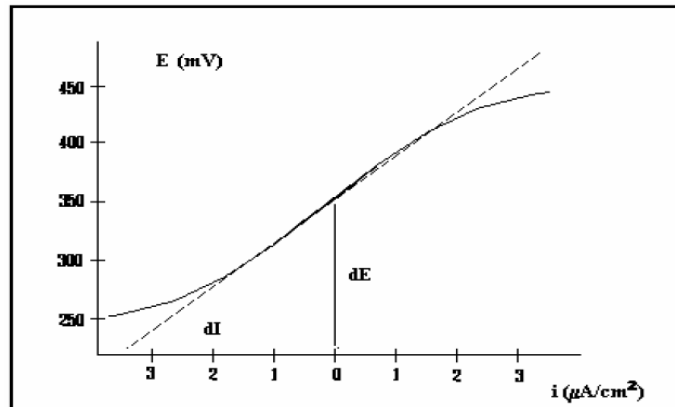


Figura 3. Curva de polarización lineal.

El método de polarización lineal se basa en medidas de corriente en un margen de potencial estrecho entre +20 y -20 mV con respecto al potencial a circuito abierto. Al utilizar márgenes de potencial pequeños es un método no destructivo. La representación que se obtiene en este método se puede observar en la figura 3.

Si nos fijamos en la ecuación de Butler-Volmer y teniendo en cuenta que $x \rightarrow 0$ $e_x = 1+x$ y $e_{-x} = 1-x$; la ecuación (1) se reduce a:

$$i_T = i_{corr} \left(\frac{\alpha n F}{RT} + \frac{\beta n F}{RT} \right) \eta$$

$$i_T = i_{corr} \left(\frac{bc + ba}{ba \cdot bc} \right) 2.3 \eta$$

$$ba = \frac{2.3RT}{\alpha n F} \quad bc = \frac{2.3RT}{\beta n F}$$

de la pendiente de la figura 3 se obtiene:

$$\text{pendiente} = \frac{\eta \text{ = voltios}}{i_{T=A/cm^2}} = R_p = \Omega/cm^2 \text{ resistencia de polarización}$$

$$i_{corr} = \frac{1}{2.3R_p(ba + bc) / ba \cdot bc}$$

introducción R_p y los valores de $ba =$ pendiente de tafel anódica y $bc =$ pendiente de tafel catódica se calcula i_{corr} , una vez calculada se pasa a velocidad de corrosión en m.d.d.

D.4. Microscopía digital

Los microscopios se componen fundamentalmente de dos componentes ópticos, el objetivo y el ocular que van unidos a través del tubo, de un dispositivo de iluminación así como de una mesa del objeto y de un trípode para la sujeción de los componentes ópticos que forman los microscopios. El dispositivo de iluminación de los microscopios consiste por regla general en una lámpara microscópica incorporada a un trípode, que se puede ajustar al colector (lente o sistema de lente cerca de la lámpara) y colocar detrás del diafragma limitador del campo luminoso. El condensador de los microscopios es a menudo un complicado sistema de lentes o sistema de espejos, que reproduce el diafragma limitador del campo luminoso en la superficie del objeto. El objetivo de los microscopios es servir una imagen intermedia real ampliada del objeto con la que se puede observar de nuevo con el ocular de forma ampliada. Para observar el objeto con ambos oculares, el microscopio está equipado de dos oculares (microscopios binocular). Con ese modo de iluminación se distinguen los microscopios de luz transmitida, que pasa a través de objetos muy delgados, transparentes, y los microscopios de luz reflejada para el análisis de la superficie de un cuerpo opaco.

El microscopio utilizado en nuestro proyecto tiene conexión USB y por lo tanto cabe la posibilidad de documentar directamente un análisis. La marca del microscopio digital es Dino-Lite y en la figura siguiente se puede ver el modelo:



Figura 1. Microscopio digital.

E. Normas

E.1. ASTM

E.1.1. Designation: D714

Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints

1. Scope

This test method employs photographic reference standards to evaluate the degree of blistering that may develop when paint systems are subjected to conditions which will cause blistering. While primarily intended for use on metal and other nonporous surfaces, this test method may be used to evaluate blisters on porous surfaces, such as wood, if the size of blisters falls within the scope of these reference standards. This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Adjuncts:

Reference Standards for Blistering of Paint Coatings

3. Significance and Use

3.1 A phenomenon peculiar to painted surfaces is the formation of blisters relative to some system weakness. This test method provides a standard procedure of describing the size and density of the blisters so that comparisons of severity can be made.

4. Reference Standards

4.1 The photographic reference standards are glossy prints. Figs. 1-4 are reproductions of these standards and are included to illustrate two characteristics of blistering: size and frequency.

4.2 *Size*—Reference standards have been selected for four steps as to size on a numerical scale from 10 to 0, in which No. 10 represents no blistering. Blistering standard No. 8 represents the smallest size blister easily seen by the unaided eye. Blistering standards Nos. 6, 4, and 2 represent progressively larger sizes.

4.3 *Frequency*—Reference standards have been selected for four steps in frequency at each step in size, designated as follows:

Dense, *D*,
Medium dense, *MD*,
Medium, *M*, and
Few, *F*.

5. Procedure

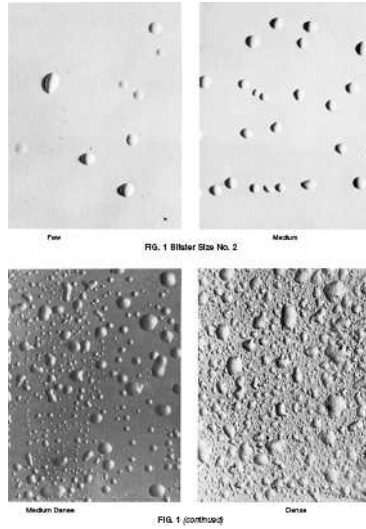
5.1 Subject the paint film to the test conditions agreed upon by the purchaser and the seller. Then evaluate the paint film for the degree of blistering by comparison with the photographic reference standards in Figs. 1-4.

6. Report

6.1 Report blistering as a number designating the size of the blisters and a qualitative term or symbol indicating the frequency.

6.2 Intermediate steps in size or frequency of blisters may be judged by interpolation.

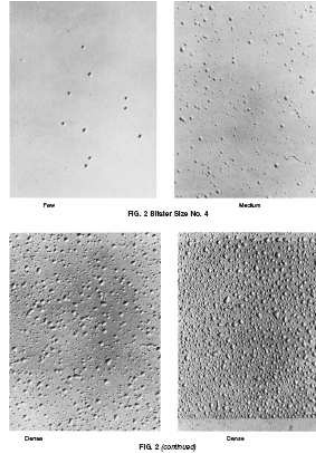
6.3 When the distribution of blisters over the area has a nonuniform pattern, use an additional phrase to describe the distribution, such as "small clusters," or "large patches."

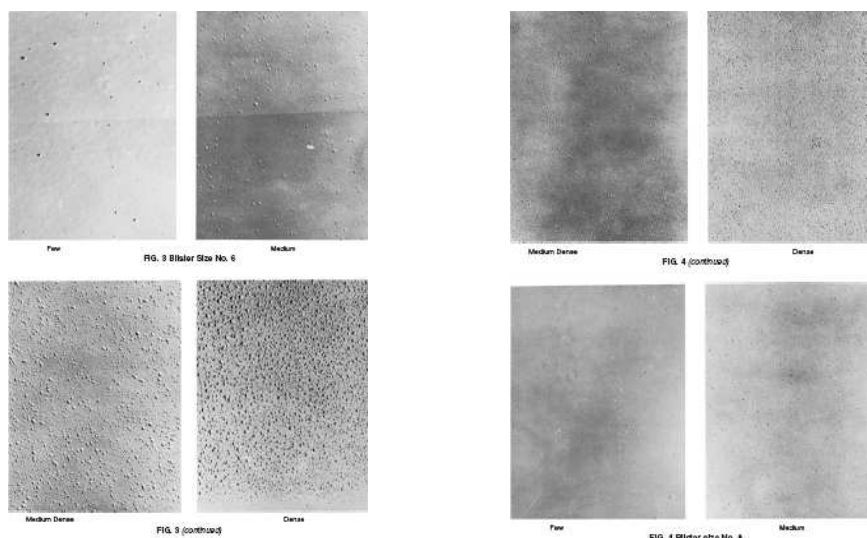


6.4 The pictorial representations in this standard which are published in the Book of Standards are sufficient in order to conduct the evaluation. It is preferable however, to use the original photographs or drawings when available.

7. Keywords

7.1 blistering; corrosion; evaluations; reference standards.





E.1.1.2. Designation: D1654

Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments

1. Scope

1.1 This test method covers the treatment of previously painted or coated specimens for accelerated and atmospheric exposure tests and their subsequent evaluation in respect to corrosion, blistering associated with corrosion, loss of adhesion at a scribe mark, or other film failure.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

2. Referenced documents

2.1 ASTM Standards:

- B 117 Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus
- D 610 Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces
- D 714 Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints
- D 822 Practice for Filtered Open-Flame Carbon-Arc Exposures of Paint and Related Coatings
- D 870 Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Immersion
- D 1735 Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Fog Apparatus
- D 2247 Practice for Testing Water Resistance of Coatings in 100 % Relative Humidity
- D 2803 Guide for Testing Filiform Corrosion Resistance of Organic Coatings on Metal

D 4141 Practice for Conducting Black Box and Solar Concentrating Exposures of Coatings
D 4585 Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Controlled Condensation
D 6695 Practice for Xenon-Arc Exposures of Paint and Related Coatings³
E 3 Practice for Preparation of Metallographic Specimens
G 87 Practice for Conducting Moist SO₂ Tests

2.2 *ANSI Standard:*

B94.50 Single-Point Cutting Tools, Basic Nomenclature and Definitions for

3. Significance and use

3.1 This method provides a means of evaluating and comparing basic corrosion performance of the substrate, pretreatment, or coating system, or combination thereof, after exposure to corrosive environments.

4. Apparatus

4.1 Scribing Tools:

4.1.1 *Lathe Tool Type*—High speed tool steel or tungsten carbide thread cutting lathe tool bit with a cutting tip having a 60° included angle. ANSI B94.50, Style E has been found to meet these requirements. (See Fig. 1.) The tool bit is typically mounted in a holder such as a wooden file handle to facilitate the scribing operation.

4.1.2 *Pencil Type*—Pencil shaped device, with a high speed tool steel or tungsten carbide scribing tip. Typically the gripping surface is knurled. The tip may be replaceable or permanent.

4.1.3 *Other Types*—Other types of scribing instruments which use a knife type blade such as a scalpel, razor blade, box cutter knife, or other sharp pointed tool are not acceptable unless agreed upon between the producer and the user.

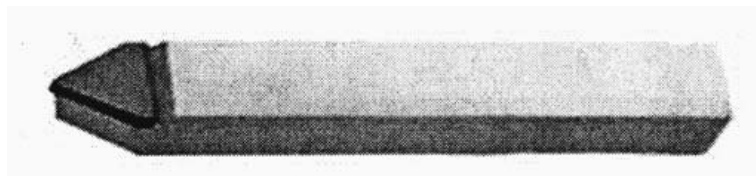


Fig. 1 Scribe Tool

4.2 *Straightedge*—Any straightedge of sufficient length and rigidity to guide the scribing tool in a straight line.

4.3 *Air Source*—A source of compressed air capable of delivering at least 4.72 L/s (10 ft³/min) at 552 kPa (80 psi).

4.4 *Air Gun*—An air dusting gun and nozzle combination⁵ to meet the following specification:

Air Consumption, m ³ /min (ft ³ /min)	Pressure, kPa (psi)	Nozzle Diameter, mm (in.)
0.24 (8.4)	550 (80)	3.0 (0.12)

4.4.1 A guard consisting of barriers, baffles, or screens is required to protect the operator and other individuals near the area where the air is being used. The guard must be placed between the air nozzle and the operator. A device such as a sand-blasting cabinet has been found to be acceptable.

4.5 *Scraping Tool*—A rigid spatula, knife, or similar instrument with no sharp edges or sharp corners.

4.6 *Scale*—Any rule with 1-mm divisions.

5. Preliminary treatment of test specimens

5.1 *Scribed Specimens*:

5.1.1 Where specified or agreed upon, prepare each specimen for testing by scribing it in such a manner that the scribe can be exposed lengthwise when positioned in the test cabinet. This position will allow solution droplets to run lengthwise along the scribe.

5.1.2 Scribe the specimen by holding the tool at approximately a 70 to 90° angle to the surface with the upper end of tool holder inclined toward the operator. Position the tool so that only the tip is in contact with the surface. (See Fig. 2.) Pull the scribing tool to obtain a uniform V-cut through the coating that is being tested. Inspect the tool frequently, using low power magnification, for dulling, chipping or wear and replace or repair as needed. The scribe should be of sufficient length to cover the significant test area, but should not contact the edge of the specimen.

5.1.3 One cut may not be sufficient to cut multi-layer protective coatings down to the metal. The use of more than one cut must be agreed to between all concerned parties prior to scribing, and the number of cuts must be recorded in the test documentation.

5.1.4 Scribe lines other than those of a single, straight nature may be used if agreed upon between the producer and the user.

5.2 *Unscribed Specimens*—Specimens coated with paint undercoats, oils, or waxes may be evaluated without a scribe. Expose such specimens in accordance with Section 6 and rate for corrosion of the general surface in accordance with Section 8.

5.3 *Cut Edges*—Cut edges of panels may be exposed during testing, or protected by wax, tape, or other means as agreed upon between the producer and the user. If left unprotected, method of shearing panel edges should be agreed upon between the producer and user, noting whether edges are oriented in the “burr up” or “burr down” configuration.

5.4 *Deformation*—Deformation of test panels prior to exposure, if desired, should be agreed upon between the producer and user.

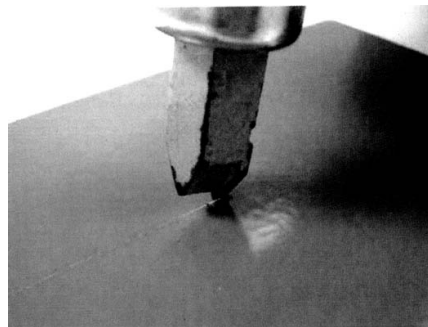


Fig. 2 Scribing Tool in Action

6. Exposure of test specimens

6.1 Expose test specimens in accordance with one or more of the following test methods or practices: B 117, D 610, D 714, D 822, D 870, D 1014, D 1735, D 2247, D 2803, D 4141.

7. Procedure A—Evaluation of scribed specimens

7.1 *Method 1 (Air Blow-Off)*—Rinse each specimen after completion of the exposure period, using a gentle stream of water at a temperature up to 45°C (110°F). Holding the nozzle at approximately a 45° angle, blow along the entire scribe line, disturbing the surface adjacent to the scribe mechanically by the air nozzle to ensure an opening for the air blast.

7.2 *Method 2 (Scraping)*—Rinse the specimen after completion of the exposure period, using a gentle stream of water at a temperature up to 45°C (110°F). Scrape the specimen vigorously with an instrument described in 4.5 while under the gentle stream of the rinse water.

7.3 *Rating*—Rate the corrosion or loss of paint extending from a scribe mark as prescribed in Table 1. Record the representative mean, maximum, and minimum creepage from the scribe, and note whether or not the maximum is an isolated spot. Record creep values in millimeters, inches, or rating numbers, as agreed upon between producer and user.

7.3.1 Unless otherwise agreed upon by the producer and user, scribe creepage is defined as “one sided,” that is, from the original scribe line to the creepage front. Also, rate in accordance with Table 2 the prevalence of corrosion on areas removed from the scribe.

TABLE 1 Rating of Failure at Scribe (Procedure A)

Representative Mean Creepage From Scribe		
Millimetres	Inches (Approximate)	Rating Number
Zero	0	10
Over 0 to 0.5	0 to 1/64	9
Over 0.5 to 1.0	1/64 to 1/32	8
Over 1.0 to 2.0	1/32 to 1/16	7
Over 2.0 to 3.0	1/16 to 1/8	6
Over 3.0 to 5.0	1/8 to 3/16	5
Over 5.0 to 7.0	3/16 to 1/4	4
Over 7.0 to 10.0	1/4 to 3/8	3
Over 10.0 to 13.0	3/8 to 1/2	2
Over 13.0 to 16.0	1/2 to 5/8	1
Over 16.0 to more	5/8 to more	0

TABLE 2 Rating of Unscribed Areas (Procedure B)

Area Failed, %	Rating Number
No failure	10
0 to 1	9
2 to 3	8
4 to 6	7
7 to 10	6
11 to 20	5
21 to 30	4
31 to 40	3
41 to 55	2
56 to 75	1
Over 75	0

8. Procedure B—Evaluation of unscribed areas

8.1 Rinse the specimen after completion of the exposure period (Section 6), using a gentle stream of water at a temperature up to 40°C (100°F). Dry the surface of the specimen with paper towels or compressed air. Drying should be done in such a manner that the corrosion on the specimen surface is not disturbed.

8.2 Evaluate unscribed specimens for corrosion spots, blisters, and any other types of failure that may occur. Where the character of the failure permits, the photographic blister standards given in Test Method D 714 may be used to describe the results of the exposure test, with respect to size of blisters or corroded areas, while Test Method D 610 may serve to describe the frequency and distribution of rusting.

9. Procedure C—Evaluation of unprotected edges

9.1 If paint creepage from cut edges is tested, rate the corrosion or loss of paint extending from a cut edge in the same manner described for scribes in Procedure A.

10. Procedure D—Evaluation of formed areas

10.1 If tested samples contain bends, dimples, or other formed areas of interest, rate the extent of failure at these areas separately in the same manner described in Procedure B, or as agreed upon between the producer and user.

11. Report

11.1 The report shall include the following information, unless otherwise agreed upon between the producer and user:

11.1.1 All pertinent information regarding the conduct of each corrosion test, as prescribed in the specifications for each test,

11.1.2 Methods of scribing, shearing, or forming, or combination thereof, or test specimens.

12. Precision and Bias

12.1 *Precision*—Since this is a method of evaluation based on measurements after various tests, the statement of precision applicable to each specific method of exposure to corrosive environments applies.

13. Keywords

13.1 blistering; corrosion; creepage; edge/scribe; paints/ related coatings/materials; rust.

E.1.3. Designation: G59

Significance and Use

This test method can be utilized to verify the performance of polarization resistance measurement equipment including reference electrodes, electrochemical cells, potentiostats, scan generators, measuring and recording devices. The test method is also useful for training operators in sample preparation and experimental techniques for polarization resistance measurements.

Polarization resistance can be related to the rate of general corrosion for metals at or near their corrosion potential, E_{corr} . Polarization resistance measurements are an accurate and rapid way to measure the general corrosion rate. Real time corrosion monitoring is a common application. The technique can also be used as a way to rank alloys, inhibitors, and so forth in order of resistance to general corrosion.

In this test method, a small potential scan, $\Delta E(t)$, defined with respect to the corrosion potential ($\Delta E = E - E_{corr}$), is applied to a metal sample. The resultant currents are recorded. The polarization resistance, R_p , of a corroding electrode is defined from Eq 1 as the slope of a potential versus current density plot at $i=0$ (1-4):

$$R_p = \left(\frac{\partial \Delta E}{\partial i} \right)_{i=0, dE/dt \rightarrow 0} \quad (1)$$

The current density is given by i . The corrosion current density, i_{corr} , is related to the polarization resistance by the Stern-Geary coefficient, B . (3),

$$i_{corr} = 10^6 \frac{B}{R_p} \quad (2)$$

The dimension of R_p is ohm-cm², i_{corr} is $\mu A/cm^2$, and B is in V. The Stern-Geary coefficient is related to the anodic, b_a , and cathodic, b_c , Tafel slopes as per Eq 3.

$$B = \frac{b_a b_c}{2.303(b_a + b_c)} \quad (3)$$

The units of the Tafel slopes are V. The corrosion rate, CR, in mm per year can be determined from Eq 4 in which EW is the equivalent weight of the corroding

species in grams and ρ is the density of the corroding material in g/cm^3 .

$$CR = 3.27 \times 10^{-3} \frac{i_{corr} EW}{\rho} \quad (4)$$

Refer to Practice G 102 for derivations of the above equations and methods for estimating Tafel slopes.

The test method may not be appropriate to measure polarization resistance on all materials or in all environments. See 9.2 for a discussion of method biases arising from solution resistance and electrode capacitance.

1. Scope

1.1 This test method covers an experimental procedure for polarization resistance measurements which can be used for the calibration of equipment and verification of experimental technique. The test method can provide reproducible corrosion potentials and potentiodynamic polarization resistance measurements.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

ASTM Standards

G102 Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements.

G3 Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing.

G5 Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements.

E.2. UNE-EN-ISO 8504

PREPARACIÓN DE SUSTRATOS DE ACERO PREVIA A LA APLICACIÓN DE PINTURAS Y PRODUCTOS RELACIONADOS

MÉTODOS DE PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES

(ISO 8504-1:2000, ISO 8504-2:2000 e ISO 8504-3:2000).

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 8504-1 de mayo de 2001, que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional ISO 8504-1:2000. Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 48 Pinturas y Barnices cuya Secretaría desempeña ASEFAPI.

ANTECEDENTES

El texto de la Norma Internacional del Comité Técnico ISO/TC 35 *Pinturas y barnices*, de la Organización Internacional de Normalización (ISO), ha sido adoptado como norma europea por el Comité Técnico CEN/TC 139P *Pinturas y barnices*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea deberá recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de noviembre de 2001, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deberán anularse antes de finales de noviembre de 2001.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional ISO 8504-1:2000 ha sido aprobado por CEN como norma europea sin ninguna modificación.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de los recubrimientos de pintura y productos relacionados de protección aplicados sobre el acero está afectado significativamente por el estado previo, de la superficie de acero, a la aplicación de la pintura. Los principales factores que influyen en este comportamiento son: la presencia de

herrumbre y calamina; la presencia de agentes contaminantes superficiales tales como sales, polvo, aceites y grasas y el perfil superficial. Es necesario que los usuarios de estas normas internacionales se aseguren de que las calidades especificadas son: compatibles y apropiadas tanto para las condiciones ambientales en las cuales se expondrá el acero, como para los sistemas de recubrimientos de protección a utilizar; alcanzables con el procedimiento de limpieza especificado.

Las cuatro normas internacionales referidas a continuación, tratan de los siguientes aspectos de la preparación de sustratos de acero:

ISO 8501- Evaluación visual de la limpieza de las superficies.

ISO 8502- Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies.

ISO 8503- Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados.

ISO 8504- Métodos de preparación de las superficies.

Cada una de estas normas se divide a su vez en diferentes partes.

Parte 1: Principios generales

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma ISO 8504 describe los principios generales para la selección de métodos de preparación de las superficies previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados.

2 NORMAS PARA CONSULTA

ISO 4628-2:1982- Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pintura. Designación de intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 2: Designación del grado de ampollamiento.

ISO 4628-3:1982 - Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pintura. Designación de intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 2: Designación del grado de oxidación.

ISO 4628-4:1982 - Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pintura. Designación de intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 4: Designación del grado de agrietamiento.

ISO 4628-5:1982 - *Pinturas y barnices, Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pintura. Designación de intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 5: Designación del grado de descamación.*

ISO 8501-1:1988 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte I: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de decapados totalmente de recubrimientos anteriores.*

ISO 8501-1:1988/Suppl:1994- *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte I: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de decapados totalmente de recubrimientos anteriores.*

ISO 8501-2:1994 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 2: Grados de preparación de sustratos de acero previamente pintados después de la eliminación localizada de recubrimientos anteriores.*

ISO 8501-3:¹⁾ - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 3: Grados de preparación de soldaduras, aristas y otras zonas que presentan imperfecciones.*

ISO/TR 8502-1:1991- *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte I: Ensayo in situ de los productos solubles de corrosión del hierro.*

ISO 8502-2:1992 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 2: Determinación en laboratorio del cloruro presente en superficies limpias.*

ISO 8502-3:1992 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 3; Determinación del polvo sobre superficies de acero preparadas para ser pintadas (método de la cinta adhesiva sensible a la presión).*

¹⁾ Pendiente de publicación.

ISO 8502-4:1993 – *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 4: Guía para la estimación de la probabilidad de condensación previa a la aplicación de pinturas.*

ISO 8502-9:1998 – *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 9: Método in situ para la determinación de sales solubles al agua por conductimetría.*

ISO 8502-10:1999 – *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 10: Método in situ para la determinación de sales cloruros por volumetría.*

ISO 8503-1:1998 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 1: Especificaciones y definiciones relativas a las muestras ISO de comparación táctil-visual para la evaluación de superficies preparadas mediante proyección de agentes abrasivos.*

ISO 8503-2:1988 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 2: Método para caracterizar un perfil de superficie de acero decapado por proyección de agentes abrasivos. Utilización de muestras ISO de comparación táctil-visual.*

ISO 8503-3:1988 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 3: Método de calibración de las muestras ISO de*

comparación táctil-visual y de caracterización de un perfil de superficie. Utilización de un microscopio óptico.

ISO 8503-4:1988 - Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 4: Método de calibración de las muestras ISO de comparación táctil-visual y de caracterización de un perfil de superficie. Utilización de un palpador.

ISO 8504-2:2000 - Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Métodos de preparación de las superficies. Parte 2: Limpieza por chorreado abrasivo.

ISO 12944-4:1998 – Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 4: Tipos y preparación de superficies.

3 GENERALIDADES

El objetivo principal de la preparación de superficies es asegurar la eliminación de materias perjudiciales y obtener una superficie que permita una adherencia satisfactoria de la pintura de imprimación sobre el acero. También contribuye a reducir las cantidades de agentes contaminantes, que provocan el inicio de la corrosión.

Cuando se selecciona un método de preparación de superficie, es necesario considerar el grado de preparación requerido para obtener un cierto nivel de limpieza superficial y, si es necesario, un perfil superficial (rugosidad) apropiado para el sistema de recubrimiento a aplicar sobre la superficie de acero. Puesto que el coste de la preparación de superficie es generalmente proporcional al grado de limpieza, es conveniente seleccionar un grado de preparación adecuado al objetivo y al tipo de sistema de recubrimiento, o un sistema de recubrimiento apropiado para el grado de preparación que puede obtenerse.

4 ESTADO DE LA SUPERFICIE A PREPARAR

4.1 Evaluación del estado superficial

Dado que el coste de la preparación de superficies depende significativamente del estado de la superficie a preparar, es conveniente disponer de la información proporcionada a continuación en a) o b), para especificar los métodos particulares de preparación de superficies, y los grados particulares de preparación. El grado de herrumbre evaluado de acuerdo con la Norma ISO 8501-1 determinará los patrones fotográficos a utilizar conforme a las Normas ISO 8501-1 o ISO 8501-2.

- a) Para las superficies no recubiertas: el tipo de acero, el espesor del acero y el peor grado de herrumbre, evaluado de acuerdo con la Norma ISO 8501-1, que se detecta, junto con todos los detalles complementarios significativos;
- b) Para las superficies recubiertas: el tipo, espesor aproximado de película, estado, edad del recubrimiento o del sistema de recubrimiento; el grado de herrumbre evaluado de acuerdo con la Norma ISO4528-3 junto con detalles complementarios sobre la presencia de herrumbre bajo la película de recubrimiento; el grado de ampollamiento evaluado de acuerdo con la Norma ISO4528-2; el grado de cuarteamiento evaluado de acuerdo con la Norma ISO4528-4; el grado de descamación, evaluado de acuerdo con la Norma ISO 4628-5;

4.2 Influencia de las condiciones ambientales locales

A fin de reducir el coste de la preparación de la superficie y debido a que es difícil de eliminar la posible contaminación severa por sustancias promotoras de la corrosión, es conveniente evitar el almacenamiento del acero no protegido en ambientes industriales o marinos. En la medida de lo posible, la preparación de superficies debería realizarse sobre los grados de herrumbre A o B (o C en los casos de una preparación manual) de acuerdo con la Norma ISO 8501-1, y seguida lo más pronto posible, de la aplicación de una capa de imprimación adecuada.

4.3 Eliminación de agentes contaminantes

Aceites, grasas, suciedad y otros agentes contaminantes similares deben eliminarse, antes de proceder a la preparación de la superficie, utilizando el método elegido. Además, en primer lugar puede ser necesario quitar las capas

gruesas de herrumbre, grasas y calamina adheridas firmemente mediante técnicas manuales o mecánicas adecuadas.

5 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

La selección del método a utilizar para la preparación de una superficie dada depende de: el estado de la superficie; las posibilidades de realización; si ha de prepararse toda la superficie o solamente ciertas partes; el grado de preparación especificado o requerido; el sistema de recubrimiento a aplicar; consideraciones económicas; requisitos particulares relativos a las condiciones de operación o a los resultados requeridos del procedimiento de preparación de superficie.

6 SELECCIÓN DEL GRADO DE PREPARACIÓN

La selección del grado de preparación para una superficie dada, dependerá de: el estado de la superficie; el sistema de recubrimiento a aplicar; la corrosividad del ambiente en el cual será expuesta la superficie recubierta; si ha de prepararse toda la superficie o solamente ciertas partes; la posibilidad de realización del método de preparación asociado al grado de preparación; consideraciones económicas.

7 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE PREPARADA

El aspecto de la superficie preparada depende del estado de la superficie previa al tratamiento; del tipo de acero y del método de preparación de la superficie, incluyendo las herramientas o el material (por ejemplo, el abrasivo para el chorreado) utilizado.

Después del procedimiento de preparación de la superficie (limpieza, como se especifique), las superficies preparadas deben evaluarse como se describe en las Normas ISO 8501-1 o ISO 8501-2, es decir, la limpieza se evalúa, únicamente, según el aspecto de la superficie.

Parte 2: Limpieza por chorreado abrasivo

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma ISO 8504 describe los métodos de limpieza por chorreado abrasivo para la preparación de superficies de acero antes del

recubrimiento con pintura y productos relacionados. También contiene información sobre la eficacia de los diferentes métodos y sus campos de aplicación.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional.

ISO 4628-3:1982- *Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pintura. Designación de intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 2: Designación del grado de oxidación*

ISO 8501-1:1988 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de decapados totalmente de recubrimientos anteriores.*

ISO 8501-1:1988/Suppl:1994- *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de decapados totalmente de recubrimientos anteriores*

ISO 8501-2:1994 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 2: Grados de preparación de sustratos de acero previamente pintados después de la eliminación localizada de recubrimientos anteriores.*

ISO 8501-3: - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 3: Grados de preparación de soldaduras, aristas y otras zonas que presentan imperfecciones.*

ISO/TR 8502-1:1991- *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 1: Ensayo in situ de los productos solubles de corrosión del hierro.*

ISO 8502-2:1992 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 2: Determinación en laboratorio del cloruro presente en superficies limpias.*

ISO 8502-3:1992 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 3; Determinación del polvo sobre superficies de acero preparadas para ser pintadas (método de la cinta adhesiva sensible a la presión).*

ISO 8502-9:1998 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 9: Método in situ para la determinación de sales solubles al agua por conductimetría.*

ISO 8502-10:1999 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 10: Método in situ para la determinación de sales cloruros por volumetría.*

ISO 8503-1:1998 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 1: Especificaciones y definiciones relativas a las muestras ISO de comparación táctil-visual para la evaluación de superficies preparadas mediante proyección de agentes abrasivos.*

ISO 8503-2:1988 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 2: Método para caracterizar un perfil de superficie de acero decapado por proyección de agentes abrasivos. Utilización de muestras ISO de comparación táctil-visual.*

ISO 8504-1:2000 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Métodos de preparación de las superficies. Parte 2: Principios generales.*

ISO 8504-3-1993 – *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Métodos de preparación de las superficies. Parte 3: Limpieza manual y con herramientas motorizadas.*

ISO 11124 (todas las partes)- *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Especificaciones para materiales abrasivos metálicos destinados a la preparación de superficies por chorreado.*

ISO 11126 (todas las partes)- *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Especificaciones para materiales abrasivos no metálicos destinados a la preparación de superficies por chorreado.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

3.1 limpieza por chorreado abrasivo: Proyección de un abrasivo de alta energía cinética sobre la superficie a preparar.

3.2 abrasivo para limpieza por chorreado: Materiales sólido utilizado para la limpieza por chorreado.

3.3 granalla esférica (perdigón): Partículas predominantemente redondas, que tienen una longitud inferior al doble de su anchura máxima, y que no presentan aristas, caras rotas y otros defectos de superficie cortantes.

4 ABRASIVOS

4.1 Materiales y tipos

4.1.1 Existe una gran variedad de materiales naturales y sintéticos, sólidos y líquidos, que pueden utilizarse para la limpieza por chorreado abrasivo. Los materiales sólidos comúnmente utilizados para la preparación de superficies de acero antes del recubrimiento, están indicados en la tabla 1. Para la selección de un abrasivo para limpieza por chorreado abrasivo, deben tenerse en cuenta los siguientes factores relativos a su condición inicial: subgrupo y tipo; composición química; intervalo de tamaño de partículas; dureza de las partículas.

4.1.2 El tamaño y la forma de las partículas de un abrasivo puede variar durante su uso o su reutilización, y estos cambios pueden afectar a la textura de la superficie de acero chorreada resultante.

Tabla 1:

Tipo		Abreviatura	Forma inicial de las partículas (véase la tabla 2)	Comparador ^a	Observaciones		
Abrasivos metálicos (M) para limpieza por chorreado ^c	Acero moldeado	Fundición	M/CI	G	G	Principalmente para limpieza por chorreado con aire comprimido	
	Acero	Alto contenido en carbono	M/HCS	S o G	S ^b	Principalmente para limpieza por chorreado con utilización de un sistema centrífugo	
		Bajo contenido en carbono	M/LCS	S	S		
	Alambre de acero cortado	—	M/CW	C	S ^b		
Abrasivos no metálicos (N) para limpieza por chorreado ^c	Naturales	Arena de olivino	N/OL			Principalmente para limpieza por chorreado con aire comprimido	
		Estarolita	N/ST	S	G		
		Granate	N/GA	G	G		
	Sintéticos	Escoria de horno de hierro	(Escorias de silicato de calcio)	N/FE	G	G	Principalmente para limpieza por chorreado con aire comprimido
		Escoria de refinado de cobre	(Escorias de silicato ferroso)	N/CU			
		Escoria de refinado de níquel		N/NI			
		Escorias de horno de carbón	(Escorias de silicato de aluminio)	N/CS			
		Oxido de aluminio fundido		N/FA			

^a Comparador a utilizar para evaluar el perfil superficial resultante. El método para la evaluación del perfil superficial mediante comparador se describe en la Norma ISO 8503-2.

^b Ciertos tipos de abrasivos cambian rápidamente de forma cuando son utilizados. A medida que esto ocurre, el aspecto del perfil de la superficie se modifica y empieza a aproximarse al aspecto del comparador para granalla esférica.

^c Las normas internacionales que abarcan la gama de abrasivos indicados están enumeradas en el anexo A: La serie ISO 11124 sobre abrasivos metálicos para limpieza por chorreado y la serie ISO 11126 sobre abrasivos no metálicos para limpieza por chorreado.

Tabla 2:

Denominación y forma inicial de las partículas	Símbolo
Granalla esférica – redonda	S
Granalla angular – angular, irregular	G
Cilíndrica – con borde cortante	C

4.2 Requisitos generales

4.2.1 Requisitos técnicos. Los abrasivos deben estar secos(excepto si se añaden a líquidos presurizados o sistemas de limpieza por chorreado húmedo) y deben fluir libremente para permitir una dosificación correcta en el chorro. Los abrasivos deben cumplir los requisitos especificados en las series de Normas ISO 11124e ISO 11126, y estar exentos de constituyentes corrosivos y de agentes contaminantes que disminuyan la adherencia. Debido a sus efectos perjudiciales sobre la limpieza por chorreado abrasivo de superficies de acero, los abrasivos contaminados permanentemente no están permitidos.

4.2.2 Seguridad e higiene. Los equipos, materiales y abrasivos utilizados para la preparación de superficies pueden presentar riesgos si son empleados sin precaución.

4.3 Criterios de selección

4.3.1 Es necesario elegir un abrasivo adecuado, un método de limpieza por chorreado y unas condiciones de trabajo apropiadas para alcanzar el estado requerido para la preparación de superficies. El tipo de abrasivo, es decir, la distribución granulométrica, forma, dureza, densidad, y comportamiento respecto al impacto es importante para determinar los patrones de limpieza, la velocidad de limpieza y el perfil de superficie obtenido tras la limpieza por chorreado de la superficie.

4.3.2 Para seleccionar un abrasivo, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a)tamaño de partícula concreto, tiene una mayor influencia sobre el perfil superficial obtenido cuando se emplean abrasivos metálicos, que empleando un abrasivo no metálico.

b)Una equilibrada distribución granulométrica de las partículas producirá un nivel óptimo del grado y la velocidad e limpieza y del perfil de superficie.

c)En las instalaciones donde se recicle el abrasivo, es necesario: eliminar la suciedad y los agentes contaminantes antes de la reutilización del abrasivo y reponer el abrasivo perdido por desgaste y adherencia a las piezas tratadas en el transcurso de su utilización.

5 MÉTODOS DE LIMPIEZA POR CHORREADO ABRASIVO

5.1 Limpieza por chorreado abrasivo en seco

5.1.1 Limpieza por chorreado abrasivo centrífugo

5.1.1.1 Principio del método. Este método se lleva a cabo en instalaciones fijas, o en unidades móviles en las que el abrasivo es alimentado a ruedas giratorias o a ventiladores que lo proyectan uniformemente y a gran velocidad sobre la superficie a limpiar.

5.1.1.2 Campo de aplicación. El método es adecuado para operaciones en continuo, sobre piezas donde la superficie sea accesible. Es aplicable también a piezas que presenten diferentes grados de herrumbre (véase la Norma ISO 8501-1).

5.1.1.3 Eficacia. Este método permite obtener el grado de preparación de superficies Sa 3 sobre aceros con todos los grados de herrumbre definidos en la Norma ISO 8501-1.

5.1.2 Limpieza por chorreado abrasivo con aire comprimido

5.1.2.1 Principio del método. La limpieza por chorreado abrasivo con aire comprimido se realiza incorporando el abrasivo en un chorro de aire y dirigiendo la mezcla aire/abrasivo, a alta velocidad, sobre la superficie a limpiar a través de una boquilla.

5.1.2.2 Campo de aplicación. Este método es adecuado para la limpieza de todo tipo de piezas. También puede aplicarse a piezas que tienen diferentes grados de herrumbre. Este método puede utilizarse en continuo o intermitentemente y puede ser utilizado cuando la limpieza con chorreado abrasivo centrífugo (5 .1.1), no es adecuada.

5.1.2.3 Eficacia. Ese método es flexible y permite obtener el grado de preparación de superficies Sa 3 sobre el acero, para todos los grados definidos en la Norma ISO 8501-1.

5.1.3 Limpieza por chorreado abrasivo con recuperación por aspiración

5.1.3.1 Principio del método. Este método es similar al de limpieza por chorreado abrasivo con aire comprimido (5.1.2), pero la boquilla se encuentra alojada en un sistema de aspiración aplicado sobre la superficie de acero, recogiendo el abrasivo proyectado y los productos contaminantes. Alternativamente, el chorro de aire / abrasivo puede ser succionado al nivel de la superficie reduciendo la presión en el sistema de aspiración.

5.1.3.2 Campo de aplicación. El método es particularmente adecuado para una limpieza localizada donde el polvo y los restos resultantes de otras técnicas de limpieza por chorreado no son aceptables y donde los requisitos técnicos (por ejemplo, aplicación de un sistema de aspiración contra la superficie) pueden ser válidos.

5.1.3.3 Eficacia. Éste es un método limpio, con poca producción de polvo en el área de trabajo, y permite obtener el grado de preparación Sa 2 1/2 definido en la Norma ISO 8501-1. Con este método, puede obtenerse el grado de preparación Sa 3 prolongando el tiempo de operación.

5.2 Limpieza por chorreado abrasivo en húmedo

5.2.1 Generalidades. El agua utilizada en la limpieza por chorreado abrasivo en húmedo debe tener un bajo contenido en sales para evitar la contaminación de la superficie preparada.

5.2.2 Limpieza por chorreado con aire comprimido húmedo

5.2.2.1 Principio del método. Este método es similar al método de limpieza por chorreado abrasivo con aire comprimido (5.1.2), pero añadiendo una pequeña cantidad de líquido (generalmente agua limpia) en el chorro de aire / abrasivo, en la parte anterior de la boquilla, resultando un método libre de polvo con partículas en suspensión de tamaño inferior a 50 μm . El consumo de agua puede controlarse y es generalmente de 15 l/h a 25 l/h.

5.2.2.2 Campo de aplicación. Este método es adecuado para la limpieza de todo tipo de piezas. También puede aplicarse a piezas que tienen diferentes grados de herrumbre, porque la adición de líquido puede regularse para controlar la intensidad de producción de polvo. Este método puede utilizarse en la mayoría

de los casos donde hace falta evitar la producción de gran cantidad de polvo y de agua.

5.2.2.3 Eficacia. Este método es versátil y permite obtener el grado de preparación de superficies Sa 3 sobre el acero, para todos los grados de herrumbre inicial definidos en la Norma ISO 8501-1.

5.2.3 Limpieza por chorreado con aire comprimido con abrasivo húmedo

5.2.3.1 Principio del método. Este método es similar al método de limpieza por chorreado abrasivo con aire comprimido, pero añadiendo líquidos (generalmente agua limpia) en la parte inferior del inyector para obtener una corriente de aire, agua y abrasivo. Puede añadirse un inhibidor de corrosión adecuado al agua.

5.2.3.2 Campo de aplicación. Este método es adecuado para la limpieza de todo tipo de piezas. También puede aplicarse a piezas que tienen diferentes grados de herrumbre, y particularmente para superficies de acero que presentan salpicaduras o contaminaciones químicas, siempre que esté permitida la presencia en agua. Este método puede utilizarse en operaciones en continuo o intermitentemente, en particular cuando se requiera un bajo contenido en sales solubles sobre la superficie limpia.

5.2.3.3 Eficacia. Este método permite obtener el grado de preparación de superficies Sa 3 como se define en la Norma ISO 8501-1. El método es particularmente adecuado para reducir la cantidad de productos contaminantes solubles al agua y minimizar la generación de polvo en el transcurso de la limpieza. Debido a que el agua se añade en la parte inferior de la boquilla, la acción de la limpieza química es menos eficaz.

La limpieza por chorreado húmedo no debe utilizarse cuando la presencia de agua sea perjudicial.

Los abrasivos utilizados se limitan generalmente a materiales no férricos no reutilizables.

5.2.4 Limpieza por chorreado en húmedo con abrasivo muy fino

5.2.4.1 Principio del método. Este tipo de limpieza se realiza proyectando sobre la superficie a limpiar, con la ayuda de bombas, un chorro de abrasivo fino en

suspensión en agua o en otro líquido. Puede añadirse un inhibidor de corrosión al agua.

5.2.4.2 Campo de aplicación. Este método es adecuado para obtener un perfil superficial fino, sobre aquellas superficies que no necesitan o necesitan poco, un perfil secundario, como a menudo se precisan para las piezas pequeñas.

5.2.5 Limpieza por chorreado abrasivo con líquido a presión

5.2.5.1 Principio del método. Se introduce un abrasivo (o una mezcla de abrasivos) en la corriente de líquido (normalmente agua limpia) y, con la ayuda de una boquilla, se dirige la corriente sobre la superficie a limpiar.

El chorro se compone predominantemente de líquido presurizado, y la cantidad de abrasivos sólidos añadidos es normalmente menor que en el caso de la limpieza con aire comprimido húmedo.

5.2.5.2 Campo de aplicación. El mismo que para la limpieza por chorreado con abrasivo húmedo.

5.2.5.3 Eficacia. Este método permite obtener el grado de preparación de superficies Sa 3 sobre aceros con un grado de herrumbre A , B y C y Sa21/2 sobre aceros con un grado de herrumbre D, como se definen en la Norma ISO 8501-1. Es particularmente apropiado para reducir la cantidad de productos contaminante solubles en agua, pero es más difícil de controlar que la limpieza con aire comprimido húmedo para eliminar las sales solubles y la elevada presión de agua representa un peligro potencial.

6 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

6.1 Preparación previa a la limpieza por chorreado abrasivo

Se procede a una revisión visual para detectar la presencia de aceite, grasa, sales u otros agentes contaminantes similares. Se elimina cualquier depósito, utilizando un procedimiento de desengrase o lavado, y se verifica que no haya restos de agentes contaminantes. Se enmascaran las zonas que no deben limpiarse por chorreado abrasivo.

6.2 Limpieza por chorreado abrasivo

6.2.1 Se determina el (los) grado(s) de herrumbre de la pieza a limpiar, mediante el método descrito en la Norma ISO 8501-1 y/o en la Norma ISO 4628-3, en los límites del contrato o de la especificación.

6.2.2 Se determina el grado de preparación mínimo requerido, con relación al apartado 6.2.1 y con los grados de preparación definidos en las Normas ISO 8501-1 y/o ISO 8501-2.

6.2.3 Se elige el método de limpieza por chorreado abrasivo apropiado de los descritos en el capítulo 5 , para conseguir el grado de preparación y el perfil superficial requerido.

6.2.4 Se elige el tipo y la distribución granulométrica del abrasivo adecuado a la pieza a tratar, así como a las características del aparato, al grado de preparación y al perfil superficial requeridos.

6.3 Después de la limpieza por chorreado abrasivo

Después de la limpieza por chorreado abrasivo en seco, se elimina de la superficie el polvo mediante aspiración, cepillado o un chorro de aire comprimido libre de aceite y humedad. Si debe reducirse la cantidad de impurezas solubles residuales, se limpia con la ayuda de un chorro de vapor, de agua limpia y caliente, disolvente u otro limpiador adecuado (después se aclara con agua limpia) y se seca. Después de la limpieza por chorreado en húmedo, se lavan todas las superficies con agua limpia, para eliminar los abrasivos y otros residuos que permanezcan adheridos. El agua puede contener un inhibidor de corrosión, previamente acordado. Puede utilizarse a continuación, aire comprimido libre de humedad y aceite y otros medios para acelerar el secado de las superficies, antes de la aplicación de la pintura.

6.4 Evaluación de la superficie decapada

Se evalúan todas las superficies limpias como se describe en las Normas ISO 8501e ISO 8502, en cuanto a los aspectos relacionados con los requisitos acordados / especificado. En caso de no conformidad, se repite el procedimiento.

Parte 3: Limpieza manual y con herramientas motorizadas

La limpieza manual y con herramientas motorizadas son métodos de preparación de superficies que proporcionan, generalmente, una limpieza de superficie inferior a la obtenida con la limpieza por chorreado abrasivo. Si es necesario obtener una limpieza de calidad equivalente a la alcanzada por la limpieza por chorreado abrasivo, estos métodos necesitan, en la mayoría de los casos, el uso de más de un tipo de máquina, lo cual convierte la preparación en complicada y costosa. Normalmente, no es posible eliminar el aceite, la grasa y las sustancias que favorecen la corrosión, tales como cloruros y sulfatos.

La limpieza con herramientas motorizadas proporciona, generalmente, una mejor base para la capa de imprimación que la limpieza manual, lo cual traerá como consecuencia un mejor comportamiento de la pintura. La limpieza manual y con herramientas motorizadas, son métodos apropiados para la preparación de superficies. La limpieza manual requiere, particularmente, el empleo de imprimaciones con una buena capacidad de humectación del sustrato. La limpieza con herramienta motorizada se utiliza cuando la calidad de la preparación de superficies debe ser mayor, y no puede efectuarse una limpieza por chorreado.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma ISO 8504 describe los métodos de limpieza manuales y mecánicos de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional.

ISO 8501-1:1988 - Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte I: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de decapados totalmente de recubrimientos anteriores.

ISO 8501-2:1994 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 2: Grados de preparación de sustratos de acero previamente Pintados después de la eliminación localizada de recubrimientos anteriores.*

ISO 8504-1:2001 - *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Métodos de preparación de las superficies. Parte 1: Principios generales.*

3 DEFINICIONES

3.1 limpieza manual: Método de preparación de sustratos de acero con ayuda de herramientas manuales no eléctricas.

3.2 limpieza con herramienta motorizada: Método de preparación de sustratos de acero con ayuda e herramientas manuales provistas de motor, exceptuando la limpieza por chorreado.

3.3. limpieza con disolvente: Método que permite eliminar todo resto visible de aceite, suciedad, lubricantes de mecanización y otros agentes contaminantes solubles, sobre la superficie de acero.

3.4 superficie contaminada: Superficie que presenta sustancias perjudiciales para la aptitud al uso de un sistema de recubrimiento de protección.

3.5 superficie limpia: Superficie en la cual se han eliminado los contaminantes hasta un nivel especificado.

4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

4.1 Tratamiento previo

Antes de proceder a la limpieza manual o con herramientas motorizadas, se eliminan las capas espesas de aceite o de grasa con la ayuda de una espátula, y en la medida de lo posible, después se eliminan los agentes contaminantes residuales por uno de los métodos siguientes o por una combinación de varios: cepillado con púas de fibra dura o metálica, abrasión, limpieza con ayuda de disolventes o disoluciones apropiados, seguido obligatoriamente de un aclarado con agua corriente potable, tratamiento con agua corriente potable o vapor.

4.2 Limpieza manual

Es conveniente que la limpieza manual se efectúe con la siguiente secuencia de operaciones:

- a) se utilizan herramientas manuales de impacto para eliminar las láminas de herrumbre y calamina.
- b) se utilizan herramientas manuales de impacto para eliminar todos los restos desprendidos y salpicaduras de soldadura.
- c) se utiliza un cepillo metálico, abrasivos manuales, espátulas, u otro método similar sin impacto, para eliminar los agentes contaminantes desprendidos, calamina y herrumbre no adherida y pintura desprendida.

4.3 limpieza con herramientas motorizada.

Es conveniente que la limpieza con herramienta motorizada se efectúe con la siguiente secuencia de operaciones, modificándola si es necesario si inicialmente se ha hecho una limpieza manual.

- a) se utilizan máquinas rotativas o de impacto para eliminar herrumbre y calamina hasta el gado de preparación acordado o especificado.
- b) se utilizan máquinas rotativas o de impacto para eliminar todos los restos y salpicaduras de soldadura hasta el grado de preparación acordado o especificado.
- c) se utilizan brochas o cepillos de púas metálicas y lijadoras, de acción percutora o rotativa motorizada, para eliminar los restos desprendidos de calamina, herrumbre o pintura, hasta alcanzar el grado de preparación acordado o especificado.

4.4 Preparación final antes de pintar

Se eliminan todas las rebabas, aristas, o bordes cortantes que se han producido durante la operación de limpieza (véase también la Norma ISO 8504-1). Inmediatamente antes de pintar, se asegura que la pintura restante en buen estado no presenta brillo residual. Se debe asegurar también que los bordes de

la pintura restante han sido biselados utilizando uno de los métodos indicados en los apartados 4.2 ó 4.3.

5 NORMAS DE REFERENCIA

A menos que se acuerde lo contrario, deben utilizarse normas de referencia visuales como complemento de los criterios de limpieza indicados en el capítulo 4. Estas normas de referencia deben ser muestras o fotografías proporcionadas por una de las partes, o normas de referencia publicadas como las incluidas en las Normas ISO 8501-1 o ISO 8501-2.

6 INSPECCIÓN

Se recomienda que cada etapa del proceso de limpieza debería estar sujeta a inspección.

E.3. UNE-EN-ISO 4624:2002

ISO 4624:2002

- 10 -

8 PROBETAS DE ENSAYO

8.1 Substrato

Salvo acuerdo contrario, se selecciona el substrato de entre los descritos en la Norma ISO 1514, utilizando, cuando sea posible, el mismo tipo de material que se vaya a utilizar en la práctica. Los substratos de las probetas deben ser planos y estar libres de distorsiones.

8.2 Preparación y pintado

Las probetas se preparan, salvo acuerdo contrario, empleando el método de pretratamiento que se lleve a cabo sobre la superficie real. El pretratamiento empleado debe indicarse en el informe de ensayo.

8.3 Secado y acondicionamiento

Las probetas pintadas se secan (o se curan en estufa) y envejecen durante el tiempo y en las condiciones que se especifiquen en cada caso. Antes del ensayo se acondicionan a (23 ± 2) °C y a (50 ± 5) % de humedad relativa (véase la Norma ISO 3270), durante un periodo mínimo de 16 h.

8.4 Espesor de la película

El espesor de la película debe especificarse y acordarse entre las partes interesadas. Se determina el espesor de la película seca, en micrómetros, por alguno de los procedimientos especificados en la Norma ISO 2808.

NOTA – Véase también capítulo 1.

9 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

9.1 Número de determinaciones

Se realizan, como mínimo, seis determinaciones, es decir, se utilizan al menos seis montajes para ensayo (véase 9.4).

9.2 Condiciones ambientales

El ensayo se lleva a cabo, salvo acuerdo contrario, a (23 ± 2) °C y a (50 ± 5) % de humedad relativa (véase la Norma ISO 3270).

9.3 Adhesivos

Los adhesivos se preparan y se aplican (véase capítulo 6) de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se usa la mínima cantidad de adhesivo que asegure una unión firme, continua y uniforme entre los componentes del montaje por ensayo. Cualquier exceso de adhesivo debe eliminarse inmediatamente, siempre que sea posible.

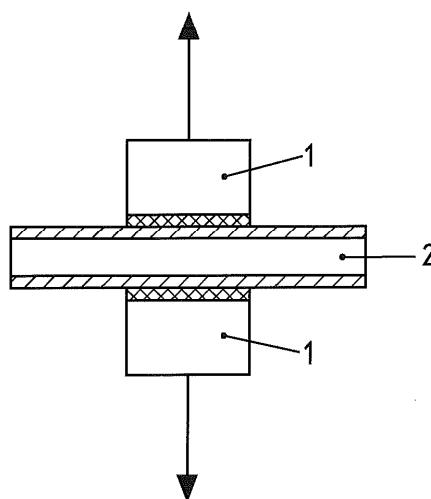
9.4 Montajes para ensayo

9.4.1 Método general para ensayar sobre substratos rígidos o deformables (utilizando dos sufrideras). Se emplea como probeta una superficie cortada del substrato pintado (un disco de 30 mm de diámetro mínimo o un cuadrado de 30 mm de lado como mínimo). Se tiene cuidado de no deformar la probeta. Se aplica el adhesivo uniformemente sobre las superficies de las dos sufrideras (5.2) del mismo diámetro inmediatamente después de su mecanización y limpieza (véanse notas 1 y 2).

Se coloca la probeta de ensayo entre las caras recubiertas con adhesivo de ambas sufrideras, de forma que éstas queden alineadas coaxialmente en el centro de la probeta, según se muestra en la figura 4. El montaje para ensayo se alinea con ayuda del dispositivo para el centrado (5.3) y se mantiene en el mismo durante un periodo igual al tiempo de curado del adhesivo. Para ensayos especiales en condiciones de alta humedad, el tiempo de curado del adhesivo debe ser tan corto como sea posible; en tales situaciones, es preferible el uso de adhesivos epoxídicos de dos componentes y de curado rápido. A menos que se acuerde o especifique lo contrario, una vez finalizado dicho periodo, se corta cuidadosamente la película, siguiendo la circunferencia de la sufridera, hasta alcanzar el sustrato, empleando un instrumento de corte adecuado (5.4).

NOTA 1 – La adherencia entre la película y el adhesivo puede mejorar mediante un lijado suave de la superficie de la película seca y de la superficie de la sufridera seca, antes de aplicar el adhesivo.

NOTA 2 – En el método para sustratos deformables, cuando se espere una unión débil entre la cara no pintada del sustrato y la sufridera, se pintan ambas caras del sustrato con el producto sometido a ensayo.



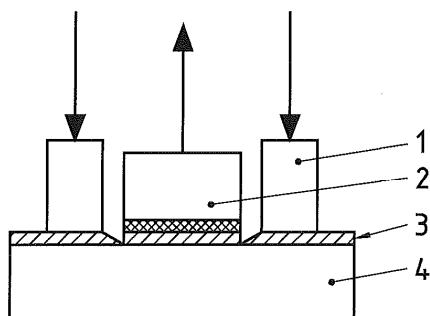
Leyenda

- 1 Sufridera con el adhesivo aplicado
- 2 Sustrato pintado por una cara o por ambas

Fig. 4 – Montaje para ensayo por el método del sándwich con sustrato pintado por una o por ambas caras

9.4.2 Método general para ensayar sobre una sola cara (adecuado solamente para sustratos rígidos). Se aplica el adhesivo uniformemente sobre la superficie de una sufridera (5.2), inmediatamente después de su limpieza. Se coloca la superficie recubierta con adhesivo de la sufridera sobre la película y se mantiene así durante un periodo de tiempo igual al de curado del adhesivo (véanse notas del apartado 9.4.1). A menos que se acuerde o especifique lo contrario, una vez finalizado dicho periodo, se corta cuidadosamente la película, siguiendo la circunferencia de la sufridera, hasta alcanzar el sustrato, empleando un instrumento de corte adecuado (5.4).

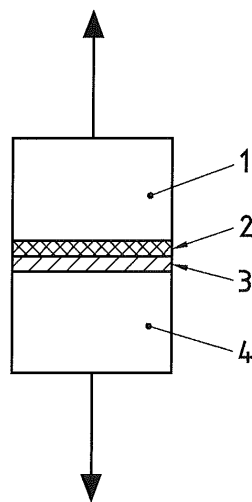
Se coloca el anillo exterior en su posición y se ensaya como se indica en la figura 5.



- Leyenda
- 1 Anillo exterior
 - 2 Sufridera recubierta con adhesivo
 - 3 Película de pintura
 - 4 Substrato

Fig. 5 – Montaje para ensayo sobre sustratos rígidos

9.4.3 Método que utiliza dos sufrideras, una como sustrato pintado. Se aplica el adhesivo uniformemente sobre la superficie de una sufridera, inmediatamente después de su limpieza. Se coloca la superficie recubierta con adhesivo de la sufridera sobre la superficie de otra sufridera previamente pintada con el producto a ensayar, según se representa en la figura 6, y se alinea el montaje para ensayo en el dispositivo centrador (5.3), donde se mantiene durante un período de tiempo igual al tiempo de curado del adhesivo.



- Leyenda
- 1 Sufridera pintada
 - 2 Película de pintura
 - 3 Adhesivo
 - 4 Sufridera recubierta con adhesivo

Fig. 6 – Montaje para ensayo usando dos sufrideras

9.5 Medición

9.5.1 Tensión de rotura. Inmediatamente después de terminado el periodo de curado del adhesivo, se lleva el montaje para ensayo al dinamómetro (5.1), asegurando el alineamiento de las sufrideras para que la fuerza de tracción se aplique uniformemente a toda la superficie sometida a ensayo, sin momento de flexión. Se aplica esfuerzo en tracción creciente, de forma que el aumento no sea superior a 1 MPa/s, que actúe perpendicularmente al plano del sustrato pintado y de manera que la rotura se produzca dentro de los primeros 90 s desde el momento inicial de aplicación del esfuerzo.

Se anota el esfuerzo en tracción aplicado para producir la rotura.

Se repite el ensayo de tracción para cada montaje para ensayo preparado (véase 9.1).

9.5.2 Naturaleza de la rotura. Se inspeccionan visualmente las superficies de fractura, para establecer la naturaleza de la misma, y se evalúa el tipo de fractura del modo siguiente:

- A Rotura cohesiva del sustrato;
- A/B Rotura adhesiva entre el sustrato y la primera capa;
- B Rotura cohesiva de la primera capa;
- B/C Rotura adhesiva entre la primera y la segunda capas;
- n* Rotura cohesiva de la capa *n*-ésima de un sistema multicapa;
- n/m* Rotura adhesiva entre la capa *n*-ésima y la capa *m*-ésima de un sistema multicapa;
- /Y Rotura adhesiva entre la última capa y el adhesivo;
- Y Rotura cohesiva del adhesivo;
- Y/Z Rotura adhesiva entre el adhesivo y la sufridera.

El área de fractura se estima como porcentaje, con una aproximación del 10%, para cada tipo de fractura.

Cuando no se alcancen los resultados esperados, se revisan la preparación y la aplicación del recubrimiento; cuando la rotura ocurra fundamentalmente asociada al adhesivo, véanse el capítulo 6 y las notas proporcionadas en 9.4.1. La repetición del ensayo se debe realizar, al menos, sobre seis montajes para ensayo más.

10 CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1 Tensión de rotura

La tensión de rotura σ , en megapascales, para cada montaje para ensayo viene dada por la fórmula:

$$\sigma = F/A$$

donde

F es la fuerza de rotura, en newtons;

A es el área de la sufridera, en milímetros cuadrados.

NOTA – En caso de sufrideras de 20 mm de diámetro, la tensión de rotura, en megapascales, viene dada por la fórmula:

$$\sigma = 4F/400\pi = F/314$$

Se calcula la media de las seis determinaciones y se redondea el valor al número entero más próximo. El resultado se expresa mediante la media y el intervalo.

10.2 Naturaleza de la rotura

El resultado se expresa como porcentaje medio estimado del área para cada tipo de fractura en el sistema sometido a ensayo, de acuerdo con 9.5.2.

10.3 Ejemplo

Si un sistema de pintura ensayado rompe a un esfuerzo de tracción de 20 MPa y el examen del área fracturada revela una media de, aproximadamente, el 30% del área de la sufridera con rotura cohesiva de la primera capa y un 70% con rotura adhesiva entre la primera capa y la segunda, el resultado del ensayo se expresa como:

20 MPa,

30% B,

70% B/C

11 PRECISIÓN

En la actualidad, no se dispone de datos significativos acerca de la precisión. En la norma ASTM D 4541 se aportan datos para un método relacionado.

Los usuarios de esta norma internacional deberían considerar que, debido a la evaluación subjetiva del momento en que ocurre el despegue y la naturaleza de la rotura, los datos de precisión sólo aportan una indicación acerca de la exactitud del método.

Sin embargo, el método puede considerarse adecuado para comparar la adherencia de distintos recubrimientos. Es el más útil para obtener clasificaciones relativas de una serie de probetas pintadas que exhiban diferencias significativas de adherencia (véase capítulo 1).

12 INFORME DEL ENSAYO

El informe del ensayo debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- a) todos los detalles necesarios para identificar el(los) producto(s) ensayado(s);
- b) referencia a esta Norma Internacional (ISO 4624:2002);
- c) los datos de información adicional a los que se hace referencia en el anexo A;
- d) referencia a la norma internacional o nacional, la especificación del producto u otro documento que aporte la información a que se hace referencia en c);
- e) el método elegido de pretratamiento del sustrato;
- f) el espesor del sistema de pintura y/o el de las capas individuales;
- g) el tipo de instrumento y el diámetro de la sufridera que ha sido utilizada;
- h) el tipo de herramienta de corte, si se utiliza, empleada para cortar alrededor de la sufridera;
- i) el resultado del ensayo, expresado como se indica en el capítulo 10;
- j) cualquier desviación del método de ensayo especificado;
- k) la fecha del ensayo.

F. Evaluación impacto ambiental

Se define como Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento destinado a identificar, interpretar y prevenir las consecuencias que acciones o proyectos públicos o privados puedan causar al equilibrio ecológico, al mantenimiento de la calidad de vida y a la preservación de los recursos naturales.

El impacto ambiental principal de este proyecto es la generación de residuos. En consecuencia, se centra la EIA en la gestión de dichos residuos.

Los residuos que se generan en el laboratorio de Polímeros Conductores son enviados a un gestor de residuos. Previamente, han sido clasificados, así como etiquetados, en grupos genéricos para la funcionalidad de la recogida selectiva. Estos grupos son: residuos clorados, residuos no clorados y residuos sólidos. Los residuos son recogidos en bidones de 5 litros y almacenados de forma temporal en el laboratorio.

Seguidamente, son transportados al punto de recogida indicado por la Universitat Politècnica de Catalunya. Estos residuos, perfectamente identificados mediante una hoja de solicitud de retirada de residuos, son además acompañados por un informe detallado del contenido y volumen de los residuos entregados.

En la elaboración de este proyecto, se han generado principalmente como residuos: disoluciones acuosas cloradas, residuos líquidos de pintura y residuos sólidos de naturaleza polimérica.

G. Presupuesto

MATERIAL			
Laboratorio			
	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Acetona	1 de 5 L	29,90	29,90
Ácido clorhídrico 37%	1 de 2,5 L	51,50	51,50
Cloroformo	1 de 2,5 L	62,50	62,50
Cloruro de sodio	1 de 5 Kg	20,40	20,40
Corindón	1 de 25 kg	33,25	33,25
Endurecedor	1 de 1 L	20,00	20,00
Hidróxido de sodio	1 de 5 Kg	49,00	49,00
Xileno	1 de 1 L	17,10	17,10
Pintura AT807	1 de 4 L	34,37	34,37
Material general de laboratorio			400
Subtotal material de laboratorio			718,02
Oficina			
Encuadernación, fotocopias, papelería			100,00
Total material			100,00
MÉTODOS INSTRUMENTALES			
	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Espectroscopia de infrarrojo	2 h	15 €/h	30,00

Microscopía electrónica de barrido (SEM)	1 h	50 €/h	50,00
Cálculo de velocidad de corrosión (Potenciostato)	10 h	60 €/h	600,00
Microscopía digital	1 h	7 €/h	7,00
Total métodos instrumentales			687,00
RECURSOS HUMANOS			
Búsqueda bibliográfica	15 h	15 €/h	225,00
Normas	3 h	15 €/h	45,00
Realización experimental	200 h	15 €/h	3.000
Tratamiento de datos	50 h	15 €/h	750,00
Confección memoria	120 h	15 €/h	1.800,00
Total recursos humanos			5.820,00
COSTES GENERALES			
Agua, electricidad			100,00
Total costes generales			100,00
SUMA TOTAL COSTES			7.425,03
IMPREVISTOS (15%)			1.113,75

SUMA COSTES + IMPREVISTOS	8.538,78
I.V.A (16%)	1.366,20
<hr/>	
TOTAL	9.904,98 €