



Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales



Universidad Politécnica de Madrid



PINTURAS, BARNICES y AFINES: Composición, formulación y caracterización.



Por: *José Vicente Alonso Felipe*
Ingeniero Técnico Industrial (UVa) & Master Universitario MIMARMA (UPM)

E.T.S. Ingenieros Industriales (Laboratorio QUÍMICA I)
Universidad Politécnica de Madrid

***PINTURAS, BARNICES y AFINES:
Composición, formulación y
caracterización.***

Por

José Vicente Alonso Felipe

B.S. Chem.Eng. & M.S. Environmental Risk Assessment

E.T.S. Ingenieros Industriales

Universidad Politécnica de Madrid

Madrid, mayo de 2024

Bibliografía, normas, páginas web y otras fuentes.

- 1.- Calvo Carbonell, J. *Pinturas y recubrimientos introducción a su tecnología*. Ediciones Díaz de Santos (2009).
- 2.- Calvo Carbonell, J. *Pinturas y barnices: Tecnología básica (Google eBook)* Ediciones Díaz de Santos, (2014).
- 3.- Llorenç Ginesta, Industrias Hempel. *La determinación del porcentaje en sólidos en volumen de una pintura*. Revista Ingeniería Química (1989).
- 4.- Llorenç Ginesta. *Especificación y supervisión del pintado*. Revista Ingeniería Química. Noviembre 1994.
- 5.- Koleske, Joseph V. *Paint and Coating Testing Manual*, ASTM, BYK Gardner (1995).
- 6.- Blanco M. Cuevas A. Ortega J.J. Cedex. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales. *Espectros de infrarrojo de los distintos tipos de resinas utilizadas en la formulación de pinturas* (1999).
- 7.- Schweigger, E. *Manual de pinturas y recubrimientos plásticos*. Ediciones Díaz de Santos (2005).
- 8.- Arthur A. Tracton. *COATINGS TECHNOLOGY FUNDAMENTALS, TESTING, AND PROCESSING TECHNIQUES*. CRS Press (2007).
- 9.- COATINGS TECHNOLOGY HANDBOOK Third Edition. Edited by Arthur A. Tracton. CRC Press Taylor & Francis Group (2006).
- 10.- Masschelein-Kleiner, Liliane. *Los solventes*. Centro Nacional de conservación y restauración. Santiago de Chile (2004).
- 11.- Dean H. Parker. *Tecnología de los recubrimientos de superficies*. Ediciones URMO. Bilbao (1980).
- 12.- Guy E. Weismantel. *Paint Handbook*. Mc Graw Hill (1981).
- 13.- http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/B-TecPin_VI_VII.pdf
- 14.- AENOR. *Pinturas para la decoración y edificación. Especificaciones y normas de ensayo* (2010). Manual y recopilación de normas.
- 15.- AENOR. *Protección con pinturas del acero estructural. Especificaciones y normas de ensayo* (2010). Manual y recopilación de normas.
- 16.- Catálogo técnico de equipamiento para ensayos y aditivos BYK-Gardner. <http://www.byk.com/es>
- 17.- Catálogo técnico de equipamiento para ensayos en recubrimientos Neurtek. <http://www.neurtek.com/>
- 18.- Información técnica de LUMAQUIN para ensayos en recubrimientos. <http://www.lumaquin.com/>
- 19.- Equipamiento control calidad para recubrimientos. <http://www.elcometer.com/es/laboratorio>.
- 20.- *Apuntes de TECNOLOGIA DE PINTURAS, BARNICES Y RECUBRIMIENTOS*. Curso sobre pinturas y afines. EUITI (UPM) Madrid (1990).
- 21.- <http://www.european-coatings.com/>
- 22.- <http://www.european-coatings-show.com/en/>
- 23.- <http://www.paint-test-equipment.co.uk/index.php>
- 24.- <http://www.tqc.eu/en/products/search-on-application>. Equipamiento para pinturas y recubrimientos.

DEFINICIONES Y COMPONENTES de las pinturas.

Cuando se habla de recubrimientos nos referimos a pinturas, temple, barnices, esmaltes, lacas, imprimaciones, incluso recubrimientos electrolíticos, que escapan de este campo. En general cualquier película de material de unas características determinadas con las que se recubre un sustrato a proteger.

Se puede definir una pintura líquida como una mezcla heterogénea de componentes que una vez aplicada y seca se transforma en una película continua de espesor más o menos uniforme, sin pegajosidad al tacto y con las características o aptitud al uso con la que ha sido diseñada.

Los componentes de la pintura varían en gran manera en función del tipo de acabado que se requiera y de las condiciones de aplicación y secado.

La composición genérica de una pintura es la siguiente, aun cuando algunos tipos pueden no contener todos los ingredientes:

- Ligante, resina, polímero o vehículo en algún caso.
- Cargas o *fillers* o componentes de relleno (no imperativo).
- Pigmentos naturales, artificiales o para efecto especial.
- Disolvente o disolventes más o menos volátiles (*Thinner*) (no imperativo).
- Aditivos o en general todo tipo de coadyuvantes.

El ligante o resina son productos cuya misión es la de mantener unidas las partículas sólidas, pigmentos y cargas, una vez esté seca la pintura. Los polímeros confieren a las pinturas las propiedades que definen los diferentes tipos de producto según su resistencia química, dureza, elasticidad, adherencia, viscosidad, secado, etc. Pueden ser acrílica, vinílica, poliéster, poliuretano, epoxi, etc. También aceites vegetales y animales que en el proceso de secado por oxidación forman una película seca y uniforme.

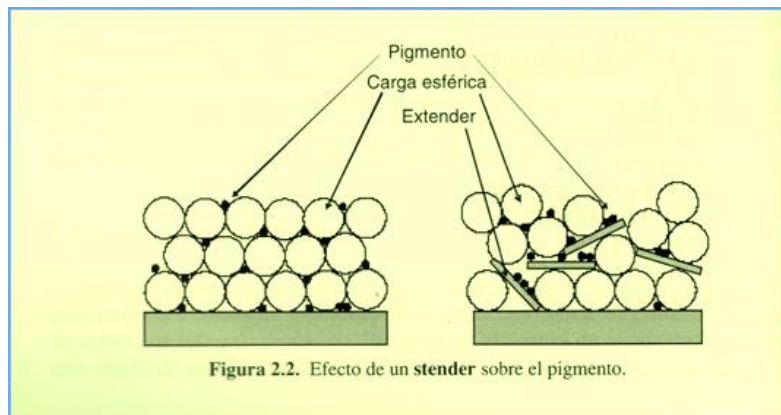
Las cargas, extendedores o fillers son, en general de naturaleza inorgánica, aportan cuerpo, materia sólida, y dan estructura, viscosidad y reología a la pintura. También proporcionan espesor de capa, opacidad, propiedades anticorrosivas, etc. Las cargas son opacas cuando están secas pero son traslúcidas en estado húmedo. Cabe distinguir entre cargas propiamente dichas y los extendedores (*stenders*). Los primeros aportan materia sólida a la pintura, mientras que los segundos mejoran el rendimiento de los pigmentos cubrientes. También es preciso indicar que en función de la carga utilizada variará de forma ostensible la viscosidad, la reología el brillo y otras características del producto final. Otra cuestión importante es la diferencia entre los índices de refracción de la carga y el ligante utilizado, cuanto mayor es la diferencia mayor es el poder cubriente de la carga. Las cargas son en general de geometría esférica, mientras que los *stenders* son de estructura laminar o acicular.

Los pigmentos son compuestos orgánicos e inorgánicos cuya función es proporcionar a la pintura color y poder cubriente. Los pigmentos son opacos tanto en seco como en húmedo. Un pigmento muy empleado es el bióxido de titanio de gran poder cubriente y alta solidez a la degradación ambiental en comparación con otros pigmentos blancos históricamente empleados.

Disolventes suelen ser el agua, alcoholes, cetonas, ésteres, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, hidrocarburos clorados y otros productos de naturaleza orgánica que proporcionan a la pintura manejabilidad, aplicabilidad, etc. por medio de su control se varían propiedades como son viscosidad, consistencia, tiempos de secado, formación del film, etc.

Los disolventes se utilizan además para solubilizar las resinas y regular la velocidad de evaporación. La utilización de disolventes que no disuelven al vehículo es frecuente en la formulación de pinturas, se les denomina **cosolventes**.

Las dos características más importantes de los disolventes son su *poder solvente (índice kauri-butanol)* y *velocidad de evaporación (curva de evaporación)*.



Aditivos: son productos que se dosifican en pequeñas cantidades para facilitar el proceso de fabricación de la pintura, aportar unas características concretas a la película de pintura seca, crear las condiciones adecuadas para que el secado se produzca de forma correcta y para estabilizar la pintura en el periodo de almacenamiento.

Dentro de este grupo de productos encontramos **humectantes y dispersantes** cuya función es facilitar el mojado de pigmentos y cargas y su posterior dispersión y estabilización; **espesantes** que se utilizan para conseguir una consistencia determinada; **agentes reológicos** para dar un comportamiento determinado a la pintura durante y después del proceso de aplicación, **antioxidantes**, gelificantes, anti-moho, antiespumantes, etc.

Aspectos generales.

El proceso de fabricación de pinturas es totalmente físico y se efectúa en cuatro fases perfectamente diferenciadas:

- *Dispersión*: en esta fase se homogeneizan disolventes, resinas y los aditivos que ayudan a dispersar y estabilizar la pintura, posteriormente se añaden con agitación los pigmentos y las cargas. Se efectúa una dispersión a alta velocidad con el fin de romper los agregados de pigmentos y cargas.
- *Molido*: el producto obtenido en la fase anterior no siempre tiene un tamaño de partícula homogéneo o suficientemente pequeño para obtener las características que se desean. En este caso se procede a una molturación en molinos, generalmente de perlas o bolas.
- *Dilución (let-down)*: la pasta molida se completa siempre con agitación, con el resto de los componentes de la fórmula. Los componentes se deben añadir uno a uno para evitar posibles reacciones entre ellos.
- *Ajuste de viscosidad*: es el último paso en la elaboración de una pintura, consiste en proporcionar a la pintura fabricada un aspecto de fluidez homogéneo en todas las fabricaciones y que se ajuste a las necesidades de aplicación de la misma.

Tipos de pinturas al agua.

Son aquellas en que su disolvente principal es agua. Podemos distinguir los tipos siguientes: temple, pintura al cemento, pintura a la cal, pintura al silicato y pintura plástica.

Temple. Tiene agua como disolvente y como aglutinante colas celulósicas o amiláceas. Como pigmentos principales sulfato de calcio (yeso) o carbonato cálcico (blanco España). Se trata de un tipo de recubrimiento poroso, permeable, de aspecto mate agradable, dureza baja, de bajo coste y respetuoso con el medio ambiente. No resiste el agua o lavado y al repintar hay que eliminar todas las capas anteriores. Se emplea en superficies interiores de yeso o cemento que no sufran mucho frote. No se debe aplicar en sitios donde se produzcan condensaciones de agua pues origina manchas de moho. El temple liso se aplica con brocha, rodillo de lana o proyectado con pistola. El temple picado, es decir con relieve, se aplica con rodillo de esponja. El temple *gotelé* se aplica con máquinas de proyectar gotas, con diferentes acabados: *gotelé* aplastado, *gotelé* rayado, *gotelé* arpillera, etc.

Pintura al cemento. Es una pintura al agua formada por cemento blanco y un pigmento que resiste la alcalinidad. Se dispensa en forma de polvo que puede estar coloreado o no. Nada más realizar la mezcla con agua se debe utilizar. Es mate, absorbente y resiste agentes atmosféricos. Se debe emplear sobre superficies ásperas, rugosas y porosas para que se adhiera con facilidad. Se utiliza en exteriores sobre ladrillos, mortero de cemento y similares. Se aplica con brocha, rodillo o pulverizado.

Pintura a la cal. Es una pintura al agua que tiene como aglutinante y pigmento hidróxido de calcio (cal apagada). El acabado es mate, poroso, absorbente, endurece con el tiempo, la humedad y la lluvia favorecen la carbonatación. Resiste los agentes atmosféricos. Tiene buenas propiedades biocidas. Puede colorearse. Se debe manejar con precaución dada su causticidad. Tiene buena adherencia sobre mortero, piedra, ladrillo, cal, etc. Se emplea en interiores y exteriores. No emplear sobre yeso, maderas, metales. Se aplica con brocha, rodillo o pulverización.

Pintura al silicato. Tiene como aglutinante una disolución acuosa de silicato de potasio o sodio y como pigmentos blanco de zinc y otros pigmentos resistentes a la alcalinidad. Es dura, resistente a la intemperie y a la alcalinidad del soporte, por lo que se puede emplear sobre el hormigón y el cemento, pero no sobre el yeso. Tiene una gran adherencia al vidrio y aleaciones férreas. Se transportan separados el vehículo del pigmento pues la vida de la mezcla es limitada. Se utiliza en exteriores sobre cemento y derivados, piedra, ladrillo y vidrios. Se aplica a brocha, rodillo y pistola.

La norma que determina sus especificaciones es:

UNE 48312:2016, vigente 21/ 12/2016. Pinturas y barnices. Pintura de silicato en base acuosa para hormigón y albañilería en exteriores.

Pintura plástica. Es una pintura al agua que tiene como aglutinante resinas plásticas o acrílicas y como pigmento cualquier tipo que resista la alcalinidad. El aspecto varía de mate a brillante. Buena adherencia. Resistencia al lavado y al frote debido a su contenido en resinas. Se seca con rapidez. Es perjudicada por las bajas temperaturas (temperaturas mínimas entre 5 y 10 °C). Sobre el hormigón se recomienda resina acrílica. Hay una gran gama de colores. Se utiliza tanto en interior como en exterior sobre yeso, cemento y derivados. Si se utiliza sobre madera y metal se debe aplicar previamente una imprimación. Se puede aplicar tanto liso como picado, con brocha rodillo y pistola.

PINTURAS HIDROSOLUBLES.

El desarrollo y aplicación cada vez mayor de las pinturas hidrosolubles en todos los sectores viene a resolver simultáneamente varios problemas. Por una parte el impacto ambiental, eliminando la emisión de grandes cantidades de disolventes orgánicos a la atmósfera y por otra parte desde el punto de vista de la seguridad reduciendo en gran medida los riesgos de incendio.

Por su utilización se distingue entre tres tipos de productos hidrosolubles:

- a) Pinturas plásticas para decoración tanto en interior como exterior o pinturas arquitectónicas (emulsiones y dispersiones) como las anteriormente citadas.
- b) Pinturas electroforéticas (anaforesis y cataforesis).
- c) Pinturas hidrosolubles industriales (resinas en solución y en dispersión).

Es necesario recordar, aunque sea brevemente las diferencias entre soluciones, dispersiones coloidales y emulsiones. Aunque los límites entre los tres tipos de mezcla no son estrictos y definidos, como regla general podemos afirmar que las diferencias fundamentales entre las micelas cuando el disolvente mayoritario es agua son:

Soluciones. Tamaño de partícula inferior a 0,001 micras. Incorporación espontánea del soluto en el agua con la sola ayuda de agitación y temperatura. Aspecto completamente homogéneo y transparente, en ocasiones coloreado.

Dispersiones coloidales. Tamaño de partícula entre 0,001 y 0,1 micras. Incorporación por enérgica acción mecánica y temperatura, precisando además de aditivos coadyuvantes que mantengan las partículas en dispersión. Aspecto traslúcido y opalescente, de color normalmente blanquecino.

Emulsiones: tamaño de partícula superior a 0,1 micra. Mismo mecanismo de dispersión y estabilización que un coloide. Aspecto opaco debido al mayor tamaño de partícula. Veamos las características del agua como disolvente de las pinturas. Si comparamos algunos parámetros físico-químicos del agua frente a otros disolventes habituales podemos observar una serie de cuestiones.

El agua se caracteriza por su bajo índice de evaporación, mucho más bajo que el de disolventes de punto de ebullición similar. El calor latente de vaporización 585 cal/g, es muy elevado, por lo que el agua requiere mucho calor durante la evaporación. El agua al evaporar tiende a ocupar el espacio gaseoso superior saturándolo, solamente aumentando la temperatura del sistema es posible continuar la evaporación. Por otra parte, la humedad ambiental influye directamente sobre la velocidad de evaporación. Es importante recordar que el agua está caracterizada por una alta tensión superficial; esto se traduce en que baña o moja con dificultad las superficies metálicas.

Refiriéndonos exclusivamente al campo de las pinturas hidrosolubles de uso industrial, se puede indicar que en conservación industrial se emplean con notable éxito las dispersiones acrílicas. En cambio, en la industria manufacturada, por sus características especiales, se utilizan más los sistemas alquídicos ya sea en dispersión o mejor en solución. Casi se puede garantizar que cualquier aplicación industrial se consigue con productos en base agua con resultados similares a pinturas al disolvente.

Otras pinturas hidrosolubles muy interesantes son de naturaleza epoxi, ya sean de dos componentes secado al aire, del tipo éster-epoxi de secado en horno. Presentan muy buena resistencia anticorrosiva y buena resistencia a la abrasión.

Hidrosolubles en base poliéster se formulan pinturas de color blanco para electrodomésticos; no amarillean, buena solidez a la luz y demás agentes, excelente resistencia a las manchas, así como buenas propiedades físicas de embutición, impacto y dureza. Adherencia perfecta.

Pinturas a base de **poliuretanos acuosos en dispersión**; la alta calidad de estas dispersiones radica en el hecho de no contener tensoactivos. En su lugar, contienen grupos hidrofílicos incorporados químicamente, los cuales hacen que estos polímeros en principio hidrófobos, sean emulsionables. Este método de producir dispersiones auto-emulsionables tiene dos ventajas: una cantidad menor en grupos hidrofílicos y la no emigración del emulsionante en la película, dando como resultado un film de mejores propiedades.

También se obtiene excelentes resultados con pinturas hidrosolubles en el campo específico de pinturas ignífugas e intumescentes, así como en el caso de las pinturas anticalóricas para tubos de escape, chimeneas, radiadores, etc. Se pueden formular pinturas anticalóricas hidrosolubles con emulsiones de resina de silicona a partir de resinas de fenil-metil-silicona de elevado peso molecular emulsionadas en agua.

En los barnices protectores de madera (*Lasur*), los productos disponibles en base agua permiten reducir a un 5% el 73% de disolvente orgánico que en principio contienen los sistemas convencionales, poseyendo idéntica o mejor resistencia a la intemperie, no presentan termoplasticidad y son más resistentes a las bajas temperaturas.

Las ventajas de las pinturas hidrosolubles son patentes: reducción de la contaminación atmosférica, limpieza sencilla y eliminación de disolventes nocivos, economía de uso, eliminación de riesgo de incendio en la aplicación con la consiguiente reducción en las instalaciones contraincendios y reducción de riesgos laborales.

Mecanismo de formación de película y principales resinas.

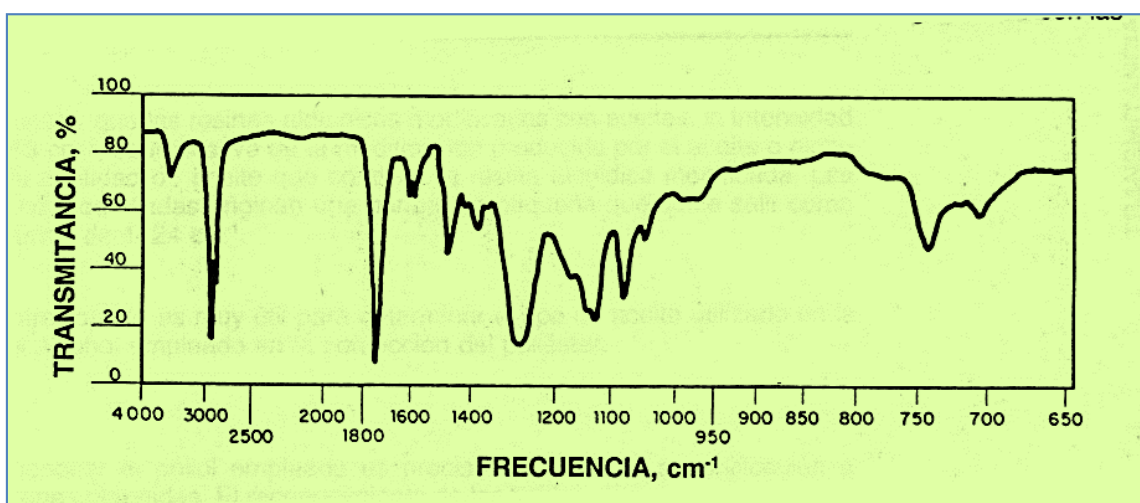
Caracterización.

Por lo que hace referencia a la formación de película después de la evaporación, puede llevarse a cabo a temperatura ambiente o bien en horno a elevadas temperaturas. Así, para los diferentes tipos de resinas más comúnmente empleados, pueden describirse los distintos mecanismos de formación de película.

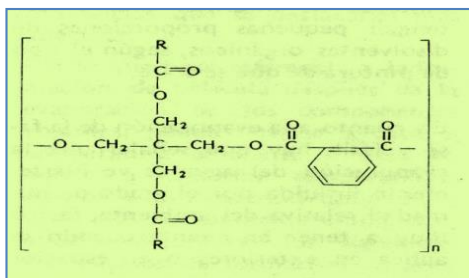
Alquídicas.

Las resinas alquídicas son productos de condensación de un poliol (etilenglicol, glicerina, etc.) con diácidos o sus derivados (generalmente, anhídrido ftálico) en presencia de otra sustancia que actúa como modificador (puede ser un aceite, un determinado compuesto químico orgánico o incluso otra resina). De los productos iniciales comentados, los de mayor uso han sido la glicerina y el anhídrido ftálico, de aquí que también se las conozca con el nombre de "resinas gliceroftálicas". Por lo tanto, las resinas alquídicas son poliésteres, por ello para su identificación por espectroscopía infrarroja habrá que buscar, fundamentalmente, las bandas del grupo carbonilo que caracterizan a estos materiales. El mecanismo de formación de película es oxidación al aire a temperatura ambiente. Polimerización por reacción con oxígeno.

Reticulación al horno a elevada temperatura con una segunda resina presente en la pintura, pero que no reacciona a temperatura ambiente (por ejemplo, una resina de melamina o resinas de urea-formaldehído que se presentan en solución acuosa). Las resinas alquídicas son un grupo de productos filmógenos obtenidos a partir de reacción entre ácidos polibásicos, como el anhídrido ftálico y el anhídrido maleico, alcoholes polihídricos como la glicerina y el pentaeritriol y ácidos grasos procedentes de aceites secantes, tales como el aceite de linaza o el de soja.



En la figura siguiente se ve fórmula estructural de una resina alquídica típica:



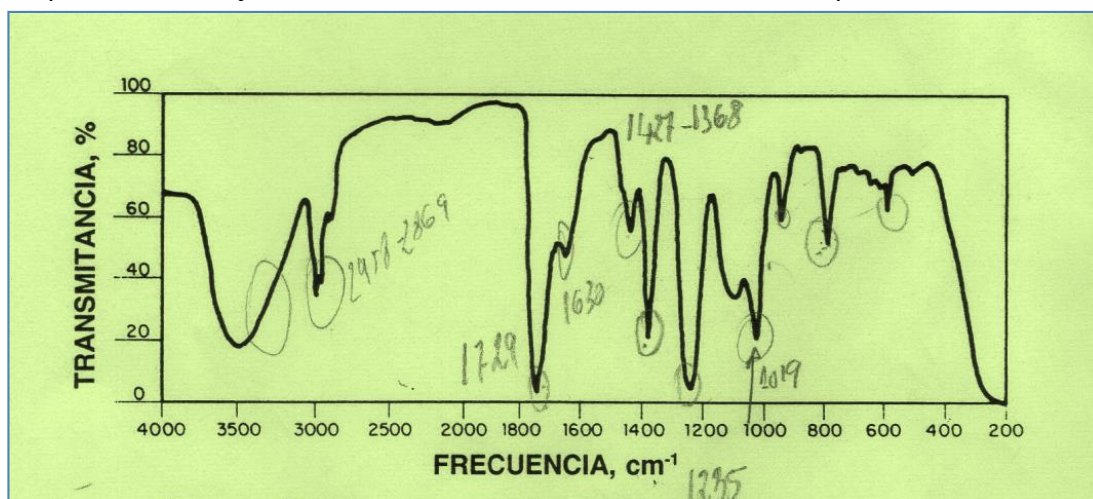
Las resinas alquídicas pueden obtenerse en solución acuosa a base de formularlas con bajo peso molecular y una elevada proporción de grupos carboxílicos que puedan formar sales amónicas, solubilizando así la resina. También se recurre a la incorporación de anhídrido trimetílico a la molécula.

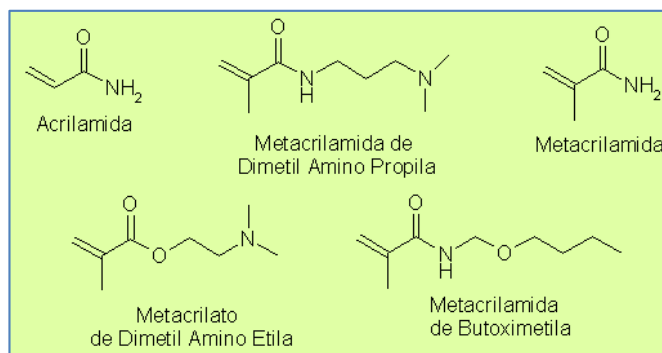
Acrílicas.

La formación de película se lleva a cabo una unión por atracción física entre las moléculas de resina, sin reacción química. También hay disponibles por autorreticulación por reacción entre moléculas, a elevada temperaturas. Las resinas acrílicas son polímeros de los ésteres de ácidos acrílicos. Debido a la gran diversidad de ácidos acrílicos y de acrilatos de los que se puede partir, es posible obtener una gran variedad de polímeros acrílicos, desde productos duros a partir por ejemplo del metacrilato de metilo, hasta otros más blandos, utilizando por ejemplo el etil-hexil acrilato. El término “resinas acrílicas” se aplica a los homopolímeros y copolímeros de ésteres de los ácidos acrílico y metacrílico. Entre los monómeros más empleados en la formación de copolímeros acrílicos cabe destacar el estireno, butadieno y acetato de vinilo. Las principales propiedades de este tipo de resinas son su gran resistencia a la intemperie, flexibilidad, brillo y resistencia química.

Partiendo de moléculas que contengan ácido acrílico libre, el cual se puede solubilizar con una amina, es posible obtener soluciones de resina acrílica en agua, aunque los tipos más frecuentes de resinas acrílicas al agua son emulsiones obtenidas por polimerización en fase acuosa.

El espectro infrarrojo característico de una resina acrílica es del tipo:

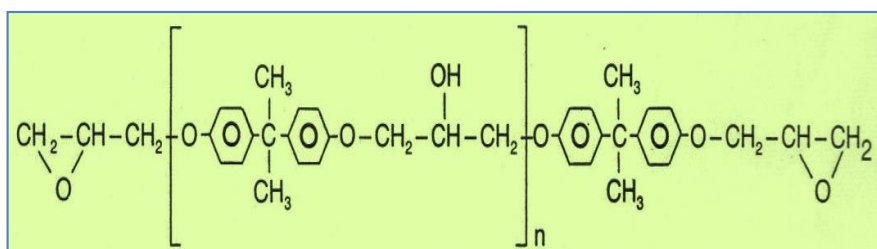




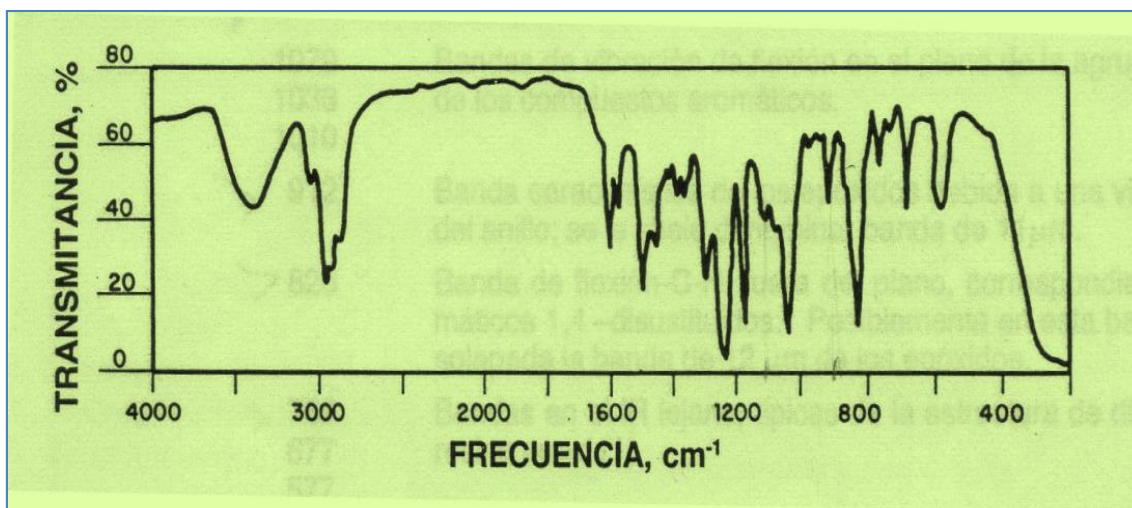
Epoxi.

La formación de película se lleva a cabo por reacción entre la resina epoxi y una resina amínica o amídica, sea a temperatura ambiente o con calor para acelerar la reacción. Las resinas epoxi son el resultado de la reacción entre la epiclorhidrina y el bisfenol A ó sus derivados; conteniendo en su molécula grupos epoxi y grupos hidroxilo. Las resinas epoxi forman película a base de reticular por polimerización con aminas o poliamidas, y también por esterificación con ácidos grasos, a temperatura ambiente. Las resinas epoxi se presentan en solución acuosa y las películas de pintura obtenidas son de gran resistencia mecánica y química.

Las resinas epoxi, llamadas también epoxidicas o etoxilínicas, se emplean con frecuencia en el campo de la construcción, ya sea como adhesivos, como recubrimientos impermeabilizantes, juntas, pinturas, etc.



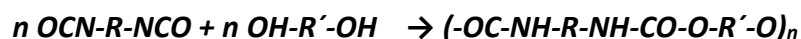
La caracterización de una resina, por espectroscopía infrarroja, pasará por la identificación de las diferentes agrupaciones de átomos que intervienen en su fórmula y fundamentalmente por el grupo epoxi que le hace diferir de otros tipos de resinas. Los grupos epoxidicos son éteres cíclicos u óxidos de olefinas, susceptibles de transformarse en productos más reticulados por reacciones de adición.



Espectro IR resina epoxi típica

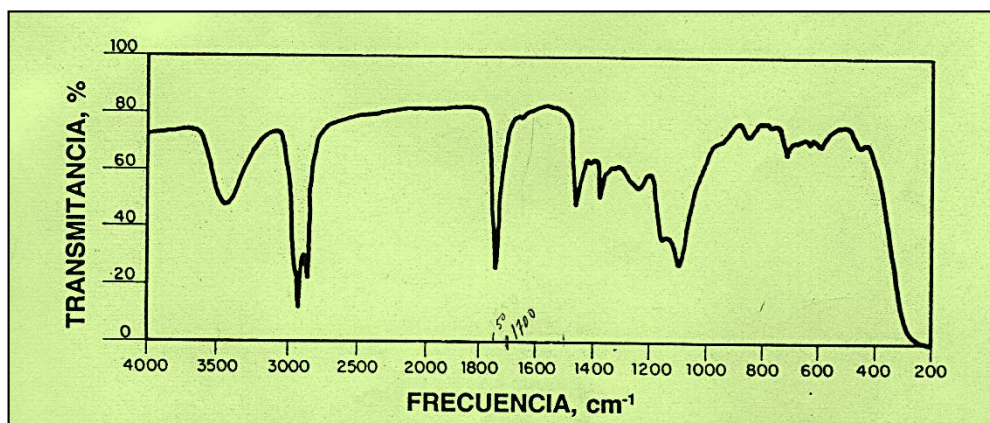
Poliuretanos.

Los poliuretanos son polímeros de adición entre un di- o poli-isocianato con compuestos hidroxílicos, generalmente poliésteres y poliéteres hidroxilados. Por tanto, en su forma más simple la reacción de polimerización podríamos esquematizarla de la forma:



No obstante, dependiendo del medio de reacción la reacción puede variar; así en presencia de piridina la polimerización conduce a uretidionas y con metóxido sódico se producen isocianuratos. Para la identificación por espectroscopía IR, se extrae la resina de la pintura tomando una muestra de aprox. 4 a 5 gramos y se pasa a un tubo de centrífuga al que se agrega dimetilformamida. Se centrifuga por encima de 6.000 rpm y se decanta el líquido; al sólido que queda en el tubo se le añade de nuevo dimetilformamida y se opera de la misma forma. Se repite una vez más la operación.

A continuación, se concentra la solución en rotavapor o similar y una pequeña cantidad del extracto concentrado se deposita sobre un disco de haluro sódico, evaporando en estufa o se obtiene una película por otro procedimiento. El espectro obtenido será del tipo:

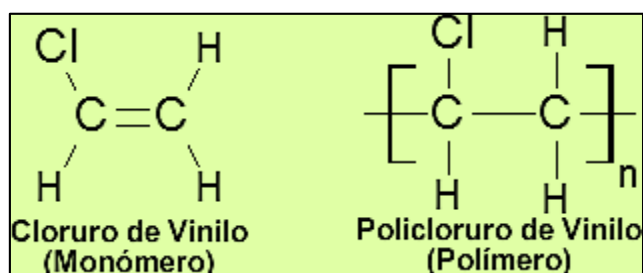


Las resinas de poliuretano en solución acuosa pueden prepararse de diversas maneras. Pueden obtenerse ionómeros de poliuretano catiónicos mediante la incorporación de aminas terciarias en el prepolímero, o ionómeros aniónicos, haciendo reaccionar un diisocianato alifático o aromático con un polioliol difuncional de bajo peso molecular.

Se dispone de una gran variedad de poliuretanos al agua, capaces de producir pinturas de unas características muy diferentes, no solo por la naturaleza del isocianato (aromático o alifático) sino por el tipo de molécula de isocianato de partida, el procedimiento de emulsificación del prepolímero de poliuretano, la presencia o no de agentes reticulantes externos, etc. Son pinturas muy versátiles que dan películas de gran flexibilidad hasta productos de gran impermeabilidad, dureza y resistencia química para la protección anticorrosiva. En el caso de los isocianatos alifáticos obtendremos pinturas de poliuretano de excepcional solidez de color y brillo.

Resinas vinílicas.

Las resinas vinílicas están formadas, fundamentalmente, por homopolímeros y copolímeros de cloruro de vinilo, acetato de vinilo y cloruro de vinilideno. Las resinas vinílicas presentan un amplio campo de aplicación como recubrimientos, destacando su gran resistencia a ambientes marinos. Se caracterizan por su solidez del color, flexibilidad y en general, resistencia química. Para mejorar la flexibilidad de las mismas suelen ir acompañadas de plastificantes tales como ftalato de dibutilo, o bien pueden también copolimerizarse con monómeros flexibles como dibutil-maleato, etil-acrilato, etilino, etc. La formación de película del acetato de vinilo y emulsiones similares es una unión por atracción física entre las moléculas de resina, sin reacción química, a temperatura ambiente.



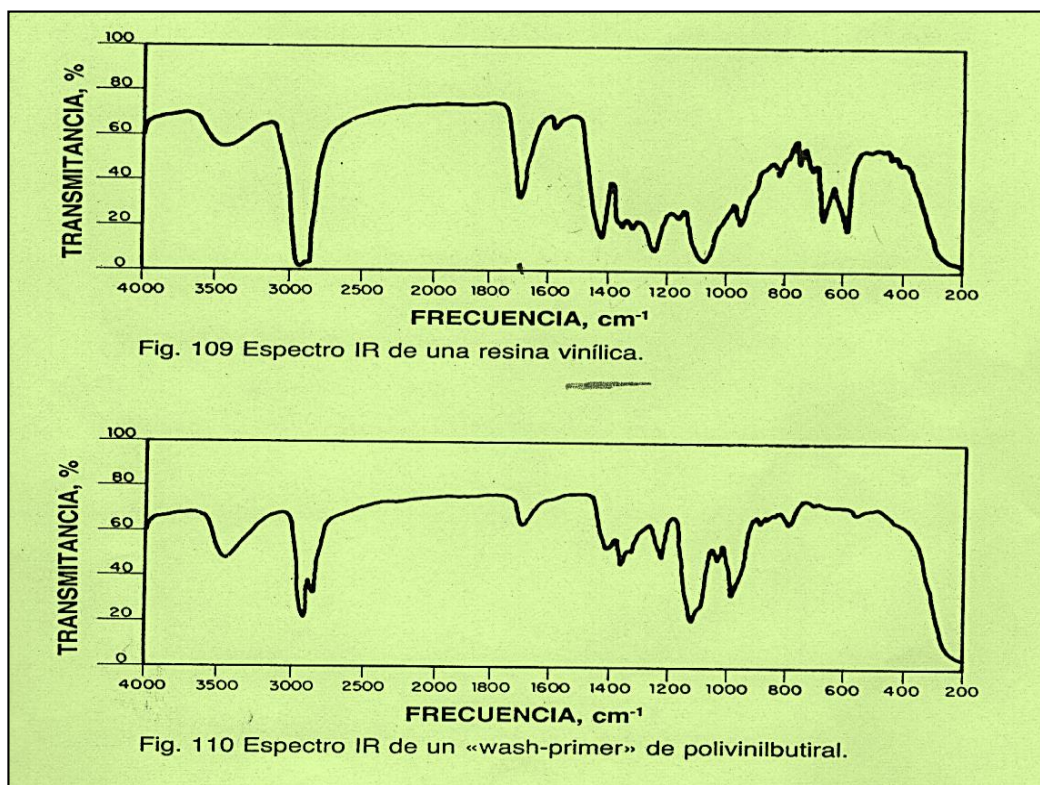
Es muy frecuente, el empleo de copolímeros de acetato y cloruro de vinilo, en algunos casos modificados con compuestos que contienen grupos hidroxilo que confieren compatibilidad con otro tipo de recubrimientos tales como los alquídicos, fenólicos, etc. en estos copolímeros el acetato de polivinilo aporta su insolubilidad, la resistencia a la luz, su resistencia a la abrasión y a la intemperie.

El cloruro de vinilo mejora la resistencia química al agua, ácidos y álcalis, siendo así mismo retardador del fuego debido a su contenido en cloro.

Otros monómeros utilizados en la fabricación de pinturas vinílicas al agua son el polivinilbutiral, muy tenaz y flexible y el cloruro de vinilideno, que se emplea en forma de copolímero con cloruro de vinilo o con acrilonitrilo, aportando una baja absorción y transporte de agua, así como propiedades retardadoras del fuego, por su contenido en halógeno.

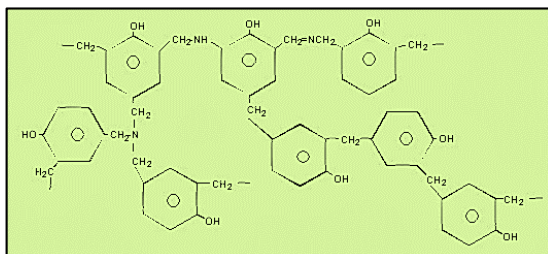
La mayor aplicación de los polímeros vinílicos la constituye la fabricación de pinturas plásticas para el pintado de edificación civil. En la protección anticorrosiva de superficies metálicas es muy común el empleo de "wash-primer" que es una resina de polivinilbutiral, generalmente combinada con ácido fosfórico y un derivado de cromo.

Para **identificar la resina por espectroscopía infrarroja** se debe aislar para lo cual se toma una muestra de pintura entre **4-5 g** aproximadamente, se pesa en tubo de centrifuga y se añade 50 ml de una mezcla de **tolueno-acetona** en proporciones **1:1**. Se centrifuga a un mínimo de 6.000 rpm durante 30 minutos. Luego se decanta y se repite el proceso dos veces más. Una vez concluidas las tres extracciones se concentra bien en rotavapor o en placa calefactora no superando los 90 °C hasta consistencia pastosa, se deposita una cantidad de forma uniforme en un disco de cloruro sódico y se evapora en estufa vacío, hasta formación de película. Los espectros infrarrojos obtenidos serán del tipo:

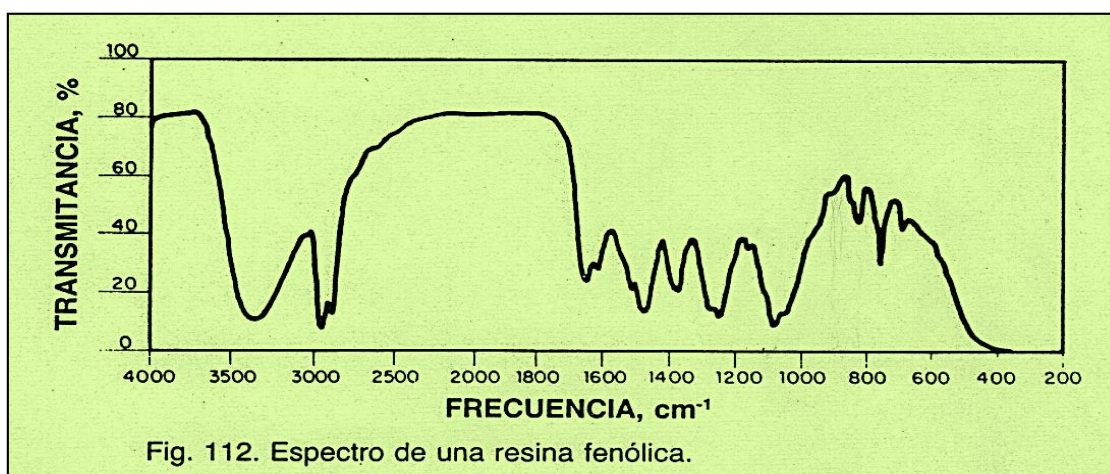


Resinas fenólicas.

Las resinas fenólicas pueden considerarse unos materiales procedentes de la reacción entre fenoles y formaldehído. Dependiendo de la relación empleada de reactivos y del pH del catalizador empleado en el proceso se obtienen distintos tipos de resinas (resoles y novolacas). Estos productos se utilizan en protección anticorrosiva y especialmente en estructuras próximas al mar. En el mercado pueden encontrarse diversos tipos de resinas fenólicas en solución y en emulsión en agua.



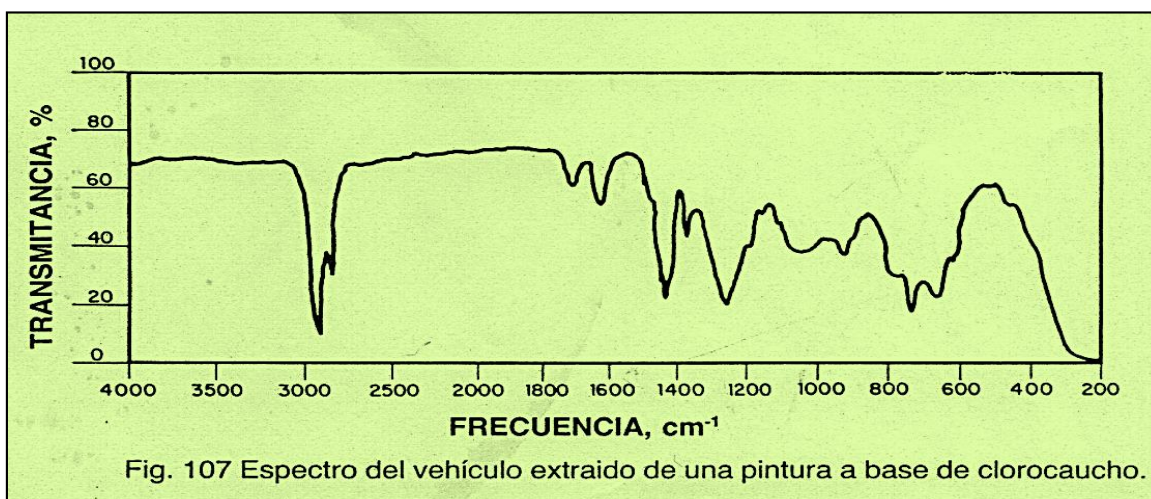
El aislamiento de la resina se hace por procedimiento similar a los anteriores empleando acetona caliente como medio de extracción. El espectro de una resina fenólica es del tipo:



Resinas a base de clorocaucho.

El clorocaucho, también conocido como caucho clorado, es un polímero sintético que se caracteriza por su resistencia a los productos químicos, a la intemperie y a la abrasión. Ello lo ha convertido en una alternativa sumamente demandada para toda clase de revestimientos protectores y recubrimientos industriales.

Las resinas de clorocaucho se obtienen por cloración directa del caucho natural, normalmente en solución de tetracloruro de carbono. Parker sugirió que la reacción de cloración ocurre en tres etapas que conducen a un aumento progresivo del contenido en cloro. La estructura atribuida a las resinas de clorocaucho lleva consigo una gran dificultad para la identificación de las mismas por IR, pues tendremos espectros que además de las bandas C-Cl, tendrán bandas de vibración C-C y C-H propias de cualquier material orgánico. Para la extracción de la resina se emplea una mezcla 1:1 de tolueno: acetona durante 30 minutos a min. 6.000 rpm como en anteriores extracciones. El espectro es del tipo:



ACEITES COMO COMPONENTES FORMADORES DE PELICULA.

Los aceites son sustancias grasas compuestas por triglicéridos o ácidos grasos (esteárico-oleico- linoleico -linolénico, etc.)

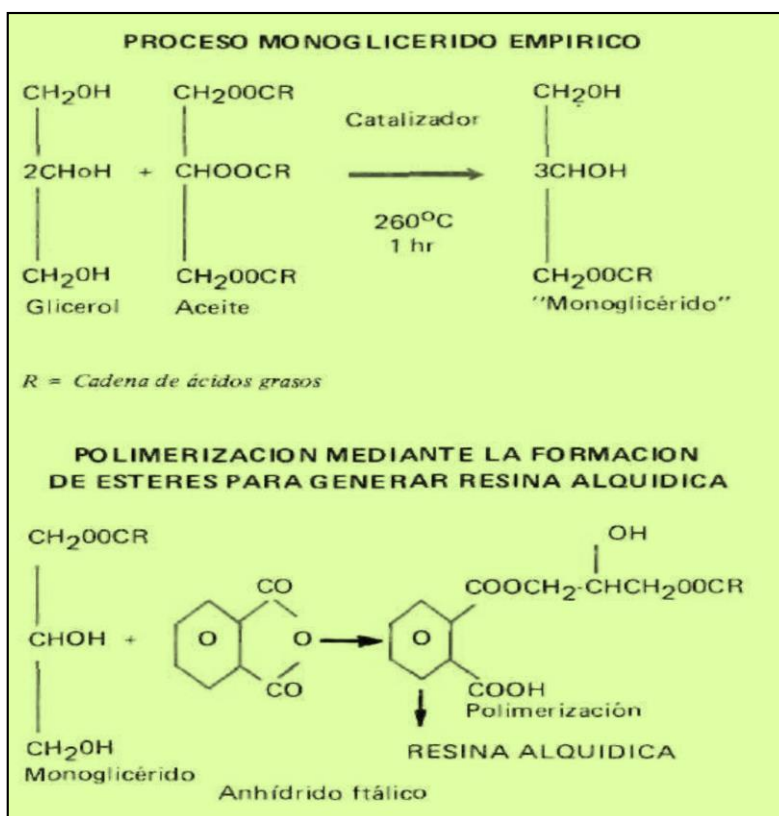
Los ácidos grasos insaturados descritos tienen una propiedad única que los hace vitales para la industria de las pinturas. Esta radica en su capacidad de reaccionar espontáneamente con el oxígeno atmosférico a temperatura ambiente para formar hidroperóxidos. Estos hidroperóxidos se pueden descomponer utilizando los catalizadores adecuados (secantes) para producir radicales libres, los cuales, mediante una serie de complejos mecanismos, pueden conducir a la formación de reticulaciones químicas entre las cadenas de los ácidos grasos y por lo tanto controlan el secado de la película de pintura.

El proceso para la fabricación de resinas alquídicas modificadas con aceite es sencillamente la esterificación de alcoholes polihídricos, ácidos polibásicos y ácidos grasos. Cuando hay disponibilidad de ácidos grasos naturales, como en el caso del aceite de resina de trementina líquida, que es una mezcla de ácidos grasos saturados e insaturados, éstos se pueden emplear directamente en el proceso de esterificación.

No obstante, la mayor parte de los aceites ocurren naturalmente como el triglicérido y por lo tanto no pueden participar en la esterificación y es necesario modificarlos antes de poder entrar a la etapa de esterificación del proceso.

Es necesario preparar el denominado monoglicérido del aceite como etapa preliminar. El aceite se calienta con parte de alcohol polihídrico en presencia de un catalizador, de manera que dos de los grupos de ésteres del triglicérido se intercambian con el hidróxilo. Así, teóricamente, un mol de aceite y dos moles de glicerol producirán tres moles del monoglicérido y el aceite tendrá una forma tal que permite la etapa de esterificación. Aunque esto requiere una etapa adicional en el proceso alquídico, es más económico utilizar el aceite en lugar de los ácidos grasos derivados de la saponificación del mismo. Los álquidos de secado al aire poseen excelentes propiedades para la fabricación de pinturas y se obtienen utilizando aceites vegetales naturales. Son económicos comparados con muchos de los componentes de otras resinas, como los acrílicos. Constituyen un recurso natural renovable que no depende de la disponibilidad de petróleo y ofrecen la mayoría de las propiedades necesarias, como el secado rápido, la duración y la tolerancia al maltrato por parte del usuario.

No obstante, el aceite presenta dos desventajas relacionadas con la química de la autooxidación. Los radicales libres que la película de pintura forma no pueden iniciar la reticulación de la misma, sino que pueden reordenarse para producir aldehídos, como el hexenal. Estos generalmente despiden un olor acre y desagradable y cuando se liberan de la película en proceso de secado generan un olor secundario característico de la pintura que se está secando. Además, estos aldehídos pueden quedarse atrapados en la película seca y sufren una oxidación que da colores muy vivos.



La tasa de formación de peróxidos depende del grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en el aceite. El ácido linoleico triple insaturado es el más activo, mientras el ácido oleico monoinsaturado es el menos activo. Por consiguiente, el aceite de linaza contiene una alta proporción de ácido linolénico y cuando se utiliza para modificar un alquido produce películas que se secan rápidamente, mientras los alquidos modificados con aceites de soja, algodón o cártamo son más lentos, puesto que su contenido de ácido linolénico es muy bajo.

Los dobles enlaces presentes en la mayoría de estos aceites son, como ya se mencionará, reactivos e intervienen en el secado de la película; en consecuencia, el número de dobles enlaces es un factor determinante de las propiedades del aceite ya que permite una polimerización con el oxígeno atmosférico, catalizada por metales a temperatura ambiente, para generar puentes intra e intermoleculares que permiten la transformación del aceite en un polímero con uniones cruzadas de buenas propiedades mecánicas y químicas y con adecuada capacidad como formador de película.

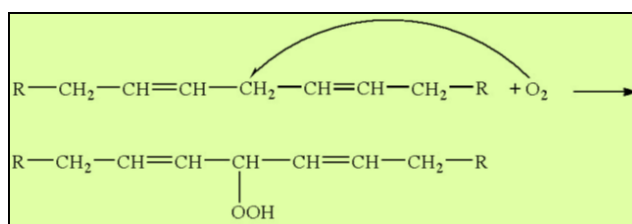
La posición de la insaturación define el tipo de polimerización; en general la polimerización auto-oxidativa se relaciona con la insaturación no terminal. Para ejemplificar esto último, resulta adecuado considerar el mecanismo de adición del oxígeno a un ácido con las características semisecantes del linoleico,

La primera etapa de esta reacción conduce a la formación de un hidroperóxido en el átomo adyacente al doble enlace, a través de un proceso de oxidación.

El paso posterior corresponde a la reacomodación de los dobles enlaces nuevamente en la posición conjugada y a la transferencia del hidroperóxido a otro átomo de carbono, obteniéndose una configuración que presenta isomería de posición con respecto a la anterior.

La última etapa involucra alguno de los siguientes procesos los que se llevan a cabo en forma independiente: la descomposición del hidroperóxido y la formación de una estructura anillada.

El primero de ellos involucra la formación de una unión tipo éter entre dos moléculas con eliminación de una de agua. Este mecanismo es aceptado debido a que se demostró que en la película de aceite existen uniones éter y que además el agua es uno de los productos de reacción de la polimerización auto-oxidativa; paralelamente y como la unión éter es más estable que la unión éster, la mayor resistencia a la saponificación de la película seca es atribuible a esto último.



En este proceso, el secado está vinculado al valor peróxido: el máximo valor corresponde al cambio de estado físico (pasaje de líquido a sólido blando) y el decrecimiento posterior se asocia a la descomposición del hidroperóxido y a la formación de la película sólida.

El segundo mecanismo posible para esta misma etapa está regido por la reacción entre los dobles enlaces conjugados de una molécula que posee en su configuración un hidroperóxido y el doble enlace de una molécula insaturada; en este caso tiene lugar la formación de una estructura anillada con eliminación de una molécula de oxígeno.

Estas estructuras anilladas, en las que sólo intervienen átomos de carbono, confieren a la película seca una mayor resistencia a los álcalis.

La presencia de enlaces saturados y no saturados permite clasificar los aceites, en:

- **Secantes:** Presentan una composición rica en ácidos grasos no saturados (di y poli, superior al 70 %), en proporciones variables de ácidos grasos monoinsaturados (aproximadamente 15%); el nivel de ácidos grasos saturados es inferior al 5%. El índice de yodo oscila entre 150 y 200.
- **Semisecantes:** Exhiben un nivel de ácidos grasos monoinsaturados entre el 15% y el 20% y de di-insaturados superior al 70%; el contenido de ácidos grasos no saturados es bajo, aproximadamente el 10%. El índice de yodo está comprendido entre 100 y 150
- **No secantes:** Incluyen mezclas ricas en ácidos grasos saturados, en contenidos porcentuales del 90 %; la participación de monoinsaturados es baja, el índice de yodo es inferior al 10 %.

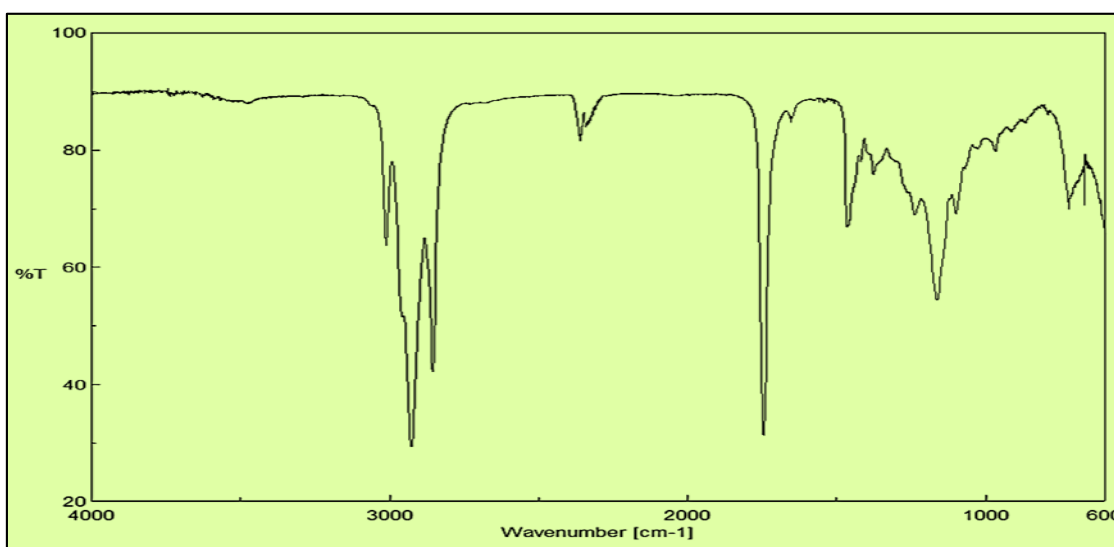
Aceite de linaza.

El aceite de linaza ha sido utilizado desde tiempos inmemoriales para la producción de bases para pinturas y es en la actualidad todavía la base por excelencia en las pinturas de aceite. El aceite crudo de linaza se usa profusamente en las pinturas y como vehículo para el molido en húmedo de los pigmentos.

El aceite bruto de linaza (*Linum usitatissimum*) tiene color ámbar oscuro y un fuerte olor característico. Este olor y el de otros aceites de ácido linolénico parece estar relacionado con la alta insaturación del aceite. El color del aceite puede ser amarillo pálido después de una refinación y decoloración adecuadas. El aceite bruto contiene bastante cantidad de fosfátidos y sustancias mucilaginosas. Que deben separarse de aceite antes de utilizarlo como componente en pinturas y barnices.

La calidad del aceite de linaza para usos técnicos y como agente secante depende del grado de insaturación, indicado por su índice de yodo. Para obtener aceites de alto índice de yodo (por encima de 170) se mezclan partidas de aceite de diferente origen. El índice de refracción varía con el índice de yodo, un valor promedio correspondiente a un aceite con índice de yodo 180 es 1,468 a 60°C.

Este aceite vegetal endurece al aire muy lentamente y en realidad nunca llega a ser completamente rígido y mantiene cierta plasticidad, por esta razón se ha usado extensamente para la preparación de masillas de relleno cuando se le agrega alguna carga para darle cuerpo. Esta misma propiedad es la que hace que sea una excelente base para las pinturas al mantener cierta flexibilidad por largo tiempo. Cuando el aceite de linaza se hierve, se polimeriza parcialmente y el secado posterior al aire se realiza mucho más rápido, es entonces cuando se convierte en base para pinturas y adquiere carácter de barniz por sí mismo. En ocasiones lleva catalizador de polimerización.



Espectro FTIR del aceite de linaza

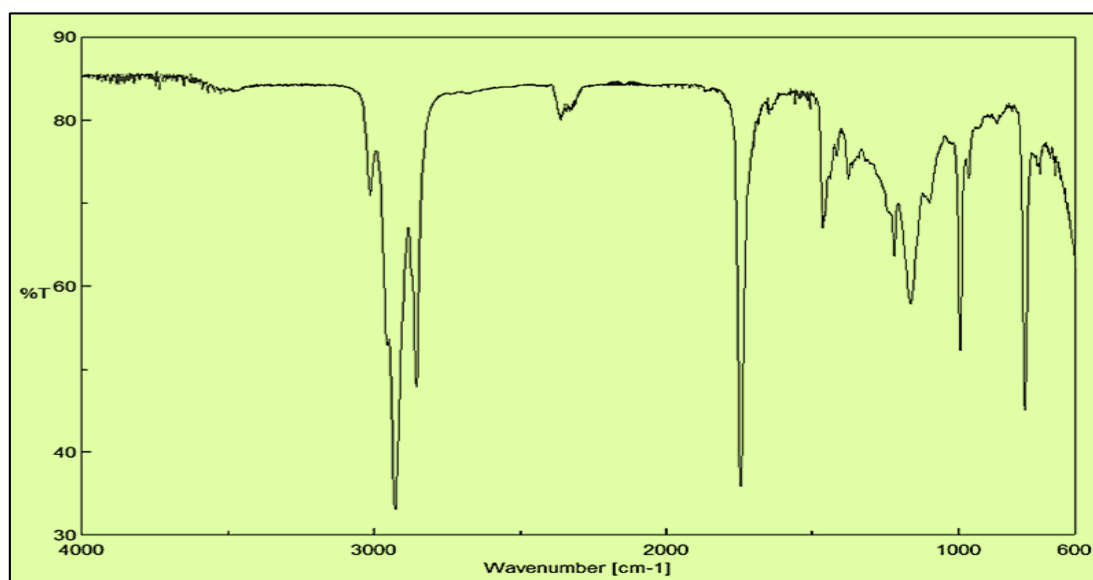
Aceite de *Tung* o de madera de China.

El aceite de *tung* o de China, es un aceite secante obtenido por prensado de la semilla de la nuez del árbol de *tung* (*Vernicia fordii*). Como un aceite secante, este aceite se endurece (seca) por exposición al aire. El revestimiento resultante es transparente y plástico. Se aplica en el acabado de madera y en la composición de las pinturas al aceite y tintas de impresión. Este aceite es de color relativamente pálido, está libre de fosfátidos, sustancias mucilaginosas y otros productos de escisión.

Es un aceite de ácido conjugado, cuestión importante ya que las propiedades de secado en este caso dependen del grado de conjugación y no de la insaturación. La calidad de un aceite de ácidos conjugados viene determinada por la cantidad que contenga de estos ácidos, la cual viene dada por el tiempo de gelificación.

Debido a la fácil isomerización de la forma α (líquida) a la forma β (sólida) del ácido eleosteárico, el aceite de *tung* contiene en ocasiones un precipitado de glicéridos sólidos y a veces se solidifica completamente. La isomerización se produce por la exposición del aceite a la luz o por la acción de compuestos de azufre y selenio.

Tiene un índice de refracción a 25°C de 1,5165 a 1,5200. Su composición de ácidos grasos es ácido palmítico 5.5%, ácido oleico 4.0%, ácido linoleico 8.5%, alfa-ácido eleosteárico 82.0%. El árbol de *tung* crece básicamente en China, Paraguay y Argentina.



Espectro FTIR del aceite de Tung

Aceite de *oiticica*.

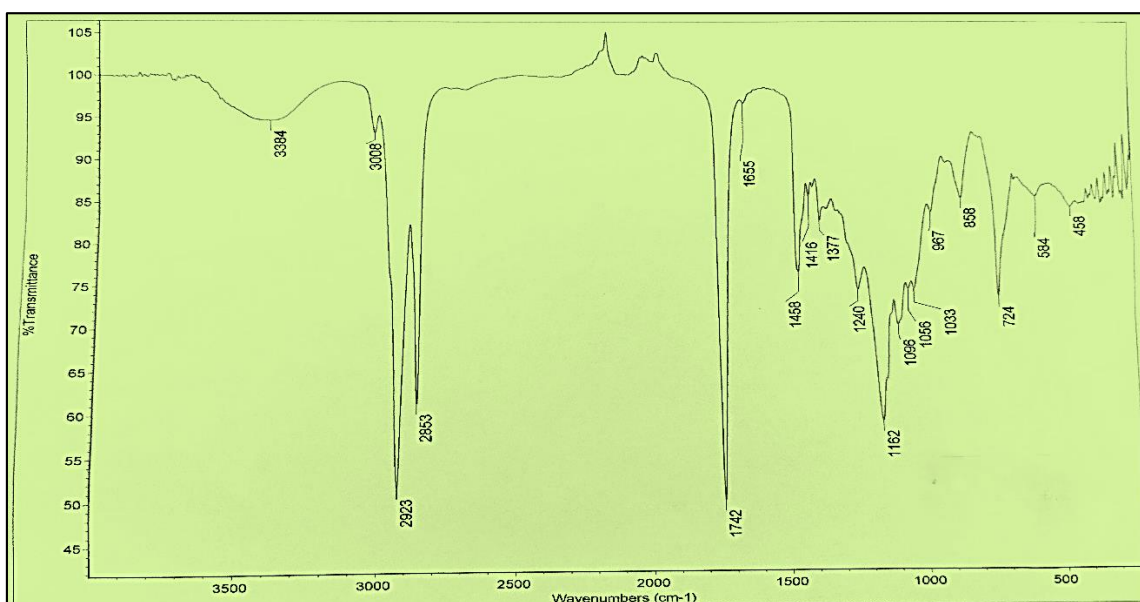
El aceite de *oiticica* (*Licania rigida*) es muy similar al de *tung* en casi todos sus aspectos, sin embargo, no es tan fuertemente secante. El componente ácido principal es el ácido licánico. Las especificaciones ASTM para este aceite son: densidad 0.978, índice de refracción, min 1,5100. Este aceite y *el tung* se caracterizan por contener un ácido graso con triple saturación, el cual posee la singular propiedad de una fácil polimerización de la forma alfa (líquido) a la forma beta (sólido). Es el aceite licuado alfa el que se vende

en el comercio. El aceite de oiticica se diferencia del tung, en que contiene en lugar de ácido graso eleosteárico, ácido graso licánico, que también contiene tres enlaces dobles conjugados, pero con un grupo cetona en el cuarto carbono; en consecuencia, se polimeriza más lentamente y produce películas más quebradizas y menos resistentes al agua.

Aceite de ricino (*castor oil*).

El aceite de ricino (*Ricinus communis*) es el único aceite comercial que contiene una cantidad considerable de hidroxiaácidos. Se clasifica en dos calidades comerciales para fines medicinales y para fines comerciales. El aceite de ricino se distingue de los demás por su alto índice de aceto o de hidroxilo y de otros aceites con un índice de yodo semejante, por su alta densidad. A diferencia de los demás aceites es miscible en todas las proporciones en etanol, pero a temperatura ambiente es solo ligeramente soluble en éter de petróleo. Es mucho más viscoso que otros aceites.

Muchas de las propiedades del aceite de ricino deshidratado, como son, tiempo de secado, velocidad de polimerización, resistencia al agua y a los álcalis, en las películas de barniz son intermedias entre las del aceite de linaza y el de *tung*. Por carecer de ácidos triplemente insaturados su resistencia al amarilleo es notable. Este aceite ha alcanzado un gran uso sustituyendo al aceite de *tung* en la fabricación de barnices y esmaltes de secado rápido y resistentes al agua.



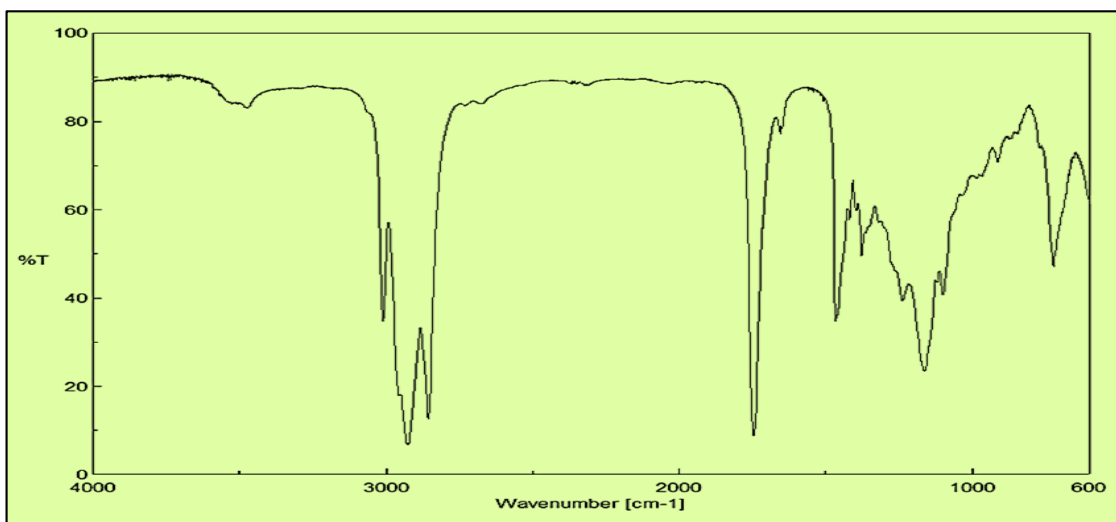
Espectro FTIR del aceite de ricino

[https://spectra.cs.ut.ee/paint/binders/Castor oil](https://spectra.cs.ut.ee/paint/binders/Castor%20oil)

Aceite de nuez.

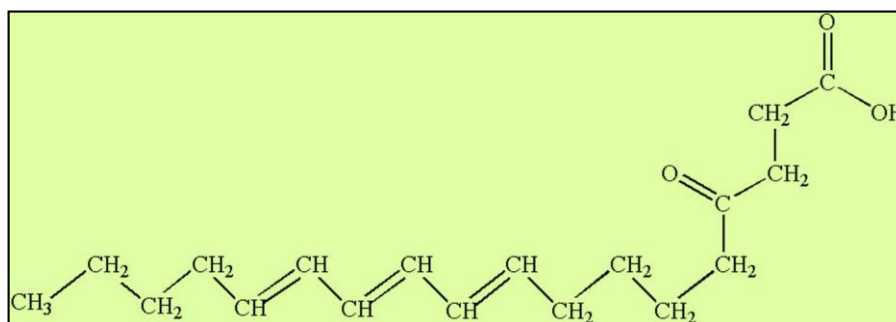
Los aceites secantes, sobre todo el aceite de linaza y el aceite de nuez, se secan por oxidación en vez de evaporación. En las pinturas al óleo los aceites son uno de sus principales componentes, son el vehículo en el cual están contenidos los pigmentos.

El agregado de mayor cantidad de aceite a los óleos modifica su: brillo, secado, elasticidad, y adherencia. También alarga el tiempo de secado. El tipo de aceite elegido en la preparación de los colores al óleo marcará las características físico/químicas que el mismo ha de tener.



Espectro FTIR del aceite de nuez

Se utilizan mezclados con los colores al óleo para lograr mayor fluidez, brillo, transparencia y elasticidad en los mismos. Es importante asegurarse que la proporción de pigmento/aceite esté equilibrada, ya que un exceso o la falta del mismo producirá inexorablemente efectos posteriores no deseados en la capa de pintura.



Estructura del ácido licánico.



***Espectrofotómetro FTIR: caracterización de vehículos, disolventes, etc.
Laboratorio QUÍMICA I de ETS Ingenieros Industriales (UPM)***

Propiedades generales de los pigmentos y características de los mismos.

Como **propiedades generales** de los pigmentos se pueden citar: **peso específico, índice de refracción, morfología y distribución de la partícula, superficie específica, absorción de aceite, grado de humectación y dispersión del pigmento, color y tono lleno, color en mezclas (subtono) metamería, poder colorante, efecto en la viscosidad del vehículo, resistencia a los disolventes y agentes químicos.**



Diversos pigmentos

El **peso específico** se utiliza para el cálculo de la fórmula de una pintura, de forma cuantitativa.

El **índice de refracción** de un pigmento en combinación con el índice de refracción del vehículo en el cual está dispersado tiene gran importancia en el fenómeno de opacidad, de tal manera que, si la relación de ambos es igual a la unidad, el pigmento es transparente en dicho medio y cuanto mayor sea esa relación respecto a la unidad el pigmento es tanto más opaco (en el supuesto de película ya aplicada y seca).

Morfología y distribución de las partículas. La forma de la partícula de un pigmento tiene su origen en la propia naturaleza del pigmento y en las condiciones en que ha sido obtenido y tratado. Tiene influencia en el color y poder cubriente y por tanto en el poder de protección de la pintura. Algunas formas típicas son alargadas, esféricas, finas láminas como el caolín, planas como los talcos, etc. Dentro de cada pigmento las partículas no son de tamaño homogéneo, sino que pueden oscilar dentro de amplios límites; por ello se habla de distribución de tamaño de partícula.

Las propiedades fundamentales de la pintura que pueden ser influidas por el tamaño de partícula son muchas, pero se pueden destacar: reología, protección al exterior, solidez y estabilidad. En general cuanto más homogénea es la distribución es mejor.

Según Mie el diámetro óptimo de la partícula viene dado por la relación siguiente:

$D = \lambda / 2,1 (n_p - n_o)$ donde D es el diámetro óptimo de la partícula, longitud de onda o longitud de onda media de la radiación incidente, n_p índice de refracción del pigmento con relación al aire y n_o índice de refracción del medio con relación al aire.

La **superficie específica** es el área superficial por unidad de peso del pigmento, se expresa en m^2/g . Como es lógico deducir la superficie específica incluye no solo la superficie externa, sino también la de los poros y grietas que la partícula elemental del pigmento presenta. Pensemos por ejemplo que la superficie específica de los negros de humo varía entre 20 – 1000 m^2/g , los pigmentos inorgánicos varía entre 5 – 50 m^2/g y los pigmentos orgánicos entre 10 – 100 m^2/g .

La superficie tiene una enorme importancia en la reología de la pintura, y por tanto en todas las propiedades relacionadas con ella. Hay que tenerla en cuenta en el cálculo para la composición de una fórmula y en el proceso de fabricación ó dispersión.

Absorción de aceite. Se define como la cantidad de aceite de linaza refinado necesaria para empastar 100 g de pigmento hasta producir una pasta coherente. El índice de absorción de aceite es una propiedad fundamental del pigmento, nos proporciona una idea de la facilidad de dispersión y de la cantidad de pigmento que podemos utilizar en la formulación de la pintura. Está íntimamente relacionado con la superficie específica. Cuanto más baja sea la absorción de aceite más fácil será la dispersión y se puede formular con más pigmento (mayor relación pigmento/vehículo). A mayor absorción tendremos mayor viscosidad.

El punto final es el que corresponde a la condición de máxima consistencia. Para evitar sobrepasarlo, es necesario que en las cercanías del mismo el agregado de aceite se realice gota a gota y se incremente la fuerza con que se maneja la espátula.

En este ensayo, los pigmentos tienden a exhibir en algunos casos dilatación (aumenta la viscosidad con la agitación) y en otros pseudoplasticidad (la viscosidad disminuye con la velocidad de corte).

Un pigmento **dilatante** es sencillo de spatular, debido a que ofrece cierta resistencia a fluir y consecuentemente el punto final es fácil de reconocer ya que superado este se produce un gran cambio en la viscosidad de la pasta con poco agregado de aceite.

Por su parte, un pigmento **pseudoplástico** es difícil de incorporar, ya que la mezcla pigmento / aceite tiende a deslizarse de la superficie de la espátula y el punto final no se observa con exactitud, ya que no hay grandes cambios de comportamiento del sistema en su entorno.

Desde el punto de vista teórico, el índice de absorción de aceite resume los conceptos de adsorción, capilaridad, humectabilidad y los factores que influyen sobre el empaquetamiento de las partículas de pigmento. Desde el punto de vista práctico, se interpreta como “el grado de empaquetamiento de los pigmentos compatibles con la obtención de un buen grado de dispersión”.

El valor de la absorción de aceite se expresa peso a peso (g/100 g); por razones teóricas y prácticas, es conveniente expresarlo como fracción de volumen (equivalente al valor de la CPVC del pigmento en aceite de lino). De este modo se obtienen relaciones en volumen de primordial importancia para la formulación de pinturas y la interpretación del comportamiento de las mismas.

Finalmente, la conversión del valor de OA a la CPVC se realiza con las ecuaciones:

$$\text{CPVC} = (100 / \rho) / [(OA / 0,935) + (100 / \rho)], \text{ o bien}$$

$$\text{CPVC} = 1 / (1 + OA \rho / 93,5) \text{ donde } \rho \text{ representa la densidad del pigmento.}$$

HUMECTACIÓN Y DISPERSIÓN DEL PIGMENTO. El pigmento se proporciona normalmente en forma de polvo. Las partículas constitutivas de este polvo son agregados formados por un cierto número de partículas elementales o individuales con una determinada distribución de tamaños. Será necesario por tanto realizar una dispersión para que se desarrollen todas sus propiedades, ésta será tanto mejor cuanto más cerca estemos de disgregar todos los aglomerados y llegar a la partícula elemental. La facilidad de dispersión es por tanto una importante propiedad del pigmento, además interesa que los lotes de pigmento dispersen siempre igual. Es difícil medirlo en una escala absoluta, lo normal es establecer resultados comparativos.

Color y tono lleno. Es el color que corresponde a un pigmento cuando se dispersa sólo en un vehículo, puede observarse en húmedo y en seco. Si se observa en seco debe hacerse mención del espesor de la película aplicada. Este espesor debe ser lo suficientemente grande para ocultar el fondo sobre el que se aplica.

Color en mezclas, subtono y metamería. Se refiere a los tonos obtenidos cuando pigmentos coloreados se mezclan con otros en proporciones apreciables. Relacionado con las mezclas se observa la metamería que es el hecho que dos colores que se ven iguales con una determinada fuente luminosa, se perciben como distintos cuando se iluminan con otra fuente luminosa.

Poder colorante. Es la capacidad de un pigmento de dar color cuando se mezcla con otro de muy distinto subtono. Se determina para el caso de pigmentos coloreados mezclando con blanco y en el caso de pigmentos blancos, mezclando con negro o azul. Es una determinación relativa y se compara con un estándar.

Poder cubriente. Es la capacidad de un pigmento de ocultar el fondo cuando se incorpora a un vehículo adecuado y se extiende sobre una superficie en forma de película de espesor uniforme. En la película de pintura el pigmento absorbe y dispersa la luz. En la dispersión de la luz tiene influencia decisiva el índice de refracción del pigmento, cuanta más diferencia exista entre el índice de refracción del pigmento y el índice de refracción del vehículo, mayor será el poder cubriente.

Efecto en la viscosidad del vehículo. Cuando a un vehículo le añadimos pigmento, la viscosidad del conjunto es distinta y mayor que la del vehículo aislado. En general ocurre lo siguiente: cuanto menor es el tamaño de partícula más viscosidad desarrolla en el vehículo; las partículas redondeadas producen menos espesamiento que las que tienen forma de agujas y láminas, pueden producirse también espesamientos por reacciones químicas entre pigmentos básicos y vehículos ácidos.

Resistencia a los disolventes. Como es propio de la formulación de la pintura los pigmentos estarán expuestos al contacto con los disolventes. El pigmento debe ser insoluble en la matriz de pintura, sin embargo, muchos pigmentos tienen una pequeña solubilidad en algunos disolventes.

El problema puede ser muy acusado cuando se trate de productos con disolventes muy activos, tales como productos nitrocelulósicos, vinílicos, esmaltes de secado en horno, etc. los efectos causados por esta pequeña solubilidad del pigmento son variados: cambio de tono durante el almacenaje, aparición de grumos, sangrado, eflorescencia (depósitos salinos) en su caso, etc. El sangrado se produce cuando al repintar una superficie los disolventes de la pintura que se está utilizando disuelven a los pigmentos de la capa ya aplicada.

CLASIFICACION DE LOS PIGMENTOS.

La clasificación más general es según su naturaleza química en INORGANICOS y ORGANICOS. Los inorgánicos a su vez se pueden dividir en:

- Pigmentos blancos
- Pigmentos negros
- Pigmentos coloreados
- Pigmentos metálicos

Los pigmentos orgánicos a su vez se pueden dividir en:

- Pigmentos coloreados
- Pigmentos negros (negros de humo)

Veamos algunas características prácticas de los mismos que son de gran utilidad. Los pigmentos inorgánicos poseen una excelente opacidad y proporcionan una amplia gama de tonos, aunque muchos de ellos no son de gran pureza. Son generalmente estables al calor y a la luz, resisten bien a los disolventes orgánicos, pero pueden ser atacados por los ácidos y álcalis. En general son más sólidos que los orgánicos.

Los pigmentos orgánicos ofrecen una amplia gama de tonos brillantes, vivos de gran pureza más que los inorgánicos, pero les falta la opacidad de estos. La resistencia a la luz, al calor y a los disolventes es limitada, su tamaño de partícula es en conjunto menor que la de los pigmentos inorgánicos. Presentan más superficie específica y mayor absorción de aceite que los inorgánicos.

La falta de opacidad de los pigmentos orgánicos implica que deben ser utilizados en combinación con los inorgánicos, frecuentemente con bióxido de titanio o litopón.

El peso específico de los orgánicos es mucho menor que el de los inorgánicos, y por lo general mucho más caros.

PIGMENTOS INORGANICOS.

Pigmentos blancos. Los compuestos fundamentales de este grupo son bióxido de titanio y pigmentos de zinc (óxido de zinc, sulfuro de zinc, litopón mezcla de sulfato de bario y sulfuro de zinc). También de uso más restringido por diversos motivos técnicos y de seguridad pigmentos derivados del plomo (sulfato básico de plomo y carbonato básico de plomo) y del antimonio (óxido de antimonio para pinturas resistentes a altas temperaturas). Los pigmentos blancos constituyen, con mucho, el porcentaje más alto de los pigmentos usados.

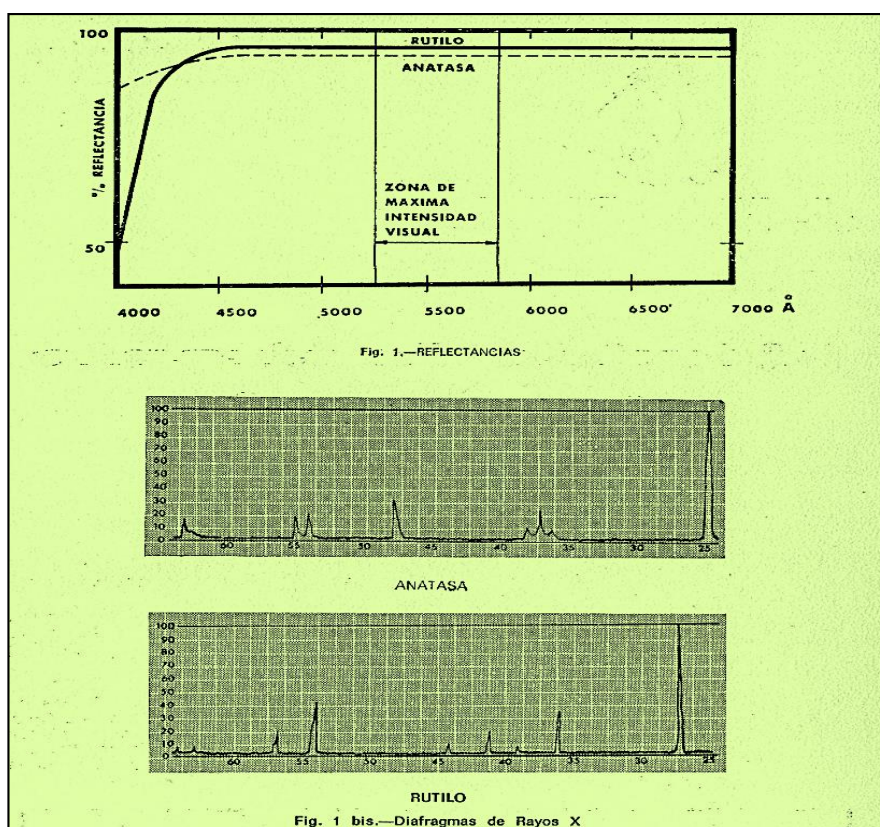
El bióxido de titanio es el más utilizado. Existen tres formas cristalinas de TiO_2 : **rutilo**, **anatasa** y **brookita** de las cuales solo las dos primeras se obtienen industrialmente, la

brookita no presenta interés comercial. La *fórmula de Mie* da un diámetro óptimo de partícula de 0,3 micras para el TiO_2 .

Como cargas acompañantes de este tipo de pigmentos se emplean carbonato de calcio, silicato de magnesio, sílice, caolín, sulfato de bario, sulfato de calcio y mica.

El TiO_2 se ha impuesto por su alto poder cubriente y su elevada estabilidad. El rutilo se estabiliza añadiendo ZnO y aparte se suele añadir Al_2O_3 y SiO_2 .

En pinturas en emulsión se utilizan indistintamente las variedades anatasa y rutilo. Suelen llevar un alto porcentaje de pigmentos y, con el fin de conseguir un mayor poder cubriente al coste más bajo posible, se mezcla el bióxido de titanio con extendedores y también en ocasiones con litopón 30%. Se usa preferentemente en interiores, siendo más seguro emplear rutilo anticaleante en exteriores. Como vehículo se emplea el látex de butadieno-estireno, el acetato de polivinilo y las emulsiones acrílicas.



El **litopón** consiste en una combinación de sulfuro de zinc, el cual aporta sus excepcionales propiedades ópticas con todo tipo de vehículos, y de sulfato de bario que actúa como material de carga.

Los dos componentes se forman en el transcurso de una precipitación en común, por doble descomposición entre el sulfato de zinc y el sulfuro de bario. El producto contiene proporciones equimoleculares, lo cual corresponde aproximadamente a un 25% de ZnS y un 75% de BaSO₃.

A causa de su gran finura, buena brochabilidad y de su fácil dispersabilidad, el litopón puede trabajarse perfectamente en todos los vehículos. Su densidad es alta, presentando, por otra parte, una baja absorción de aceite. Tiene una baja dureza por lo que no se produce abrasión. Está exento de impurezas activas y no presenta ninguna toxicidad. La granulometría de ambos pigmentos se complementa y la superficie de la partícula es cristalina.

La heterodispersabilidad y el estado superficial determinan débil toma de vehículo, facilidad de dispersión, lo cual influye en un gasto mínimo de energía, compacidad del litopon en las películas de pintura lo que proporciona buena opacidad, buena elasticidad, permeabilidad mínima de la película al agua y gases.

La débil toma de vehículo posibilita el formular unas pinturas de alta concentración en pigmentos, obteniéndose una compacidad máxima de pigmento en la capa de pintura. En el caso particular de pinturas para señalización horizontal con la adición de litopón se obtienen unas películas sumamente resistentes al tráfico.

Es de destacar la estabilidad al envasado que aporta el litopón a las pinturas al agua. También se logra una buena resistencia al lavado y se suprime la discontinuidad en los bordes, logrando una gran uniformidad.

Los pigmentos de plomo son poco utilizados en pinturas por su tendencia a ennegrecer y por su toxicidad.

En cuanto al óxido de antimonio, la razón fundamental de su uso es su facilidad de combinarse con el cloro para proporcionar a las pinturas propiedades de resistencia al fuego.

Pigmentos negros.

Se emplean poco en general, son el óxido de hierro negro natural y el óxido de hierro negro sintético. El primero se emplea porque tiene excelente resistencia a la luz. Es insoluble en los disolventes orgánicos y agua, resiste la temperatura (150 °C) y su precio es bajo. Sin embargo, su tono es grisáceo y su tamaño de grano es grande y no uniforme. Se utiliza fundamentalmente en pinturas de imprimaciones para metales.

Por lo que respecta al segundo tiene excelente resistencia a la intemperie, a los disolventes y a agentes químicos. Su dispersabilidad es buena.

Pigmentos coloreados.

Se pueden citar como más importantes: óxidos de hierro naturales, óxido de hierro sintético, óxidos de cromo, cromatos de plomo, molibdatos de plomo, verdes de cromo, sulfuros de cadmio, sulfuros de cadmio y mercurio, ferrocianuros, etc. veamos con un poco más detalle cada uno.

Los óxidos de hierro rojo naturales se usan para imprimaciones, están constituidos fundamentalmente por óxidos de hierro, óxido de hierro hidratado y ocasionalmente óxido de manganeso en asociación con sílice, óxido de aluminio, etc. Existen tres colores fundamentales: amarillo-ocre, marrón y rojo. Son muy estables a la luz, humedad, álcalis y ácidos débiles, tienen gran resistencia a la temperatura (400-500°C). Su aplicación fundamental es para protección del metal y son relativamente baratos.

Los óxidos de hierro sintéticos colores rojo Fe_2O_3 , amarillo $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y marrón $(\text{FeO})_x \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ iguales características a los anteriores, pero más pureza, grano más fino, más caros, se emplean en todo tipo de pinturas.

Oxido de cromo verde Cr_2O_3 , es un producto sintético, es el más resistente de los pigmentos verdes del mercado, se emplea para todo tipo de pinturas.

Los cromatos de plomo, se fabrican en cuatro tonalidades: amarillo verdoso, amarillo limón, amarillo medio, amarillo naranja es el más utilizado.

El tono no solo depende de la composición química, sino de la estructura cristalina y de la distribución de partícula. Tienen buena opacidad, resistencia a la luz y tonos limpios y brillantes. Coste relativamente bajo. Además, casi no hay amarillos orgánicos.

Como inconvenientes, resisten poco a los ácidos y álcalis y tienden a oscurecer con la exposición a la intemperie.

Molibdatos de plomo. Contienen también algo de cromato de plomo y sulfato de plomo. El tono varía del naranja claro al rojo. Tienen buen poder cubriente y colorante, buenas características de dispersión. Coste relativamente bajo. Son resistentes al calor y su uso en pinturas es general.

Sulfuros de cadmio, se fabrican en varias tonalidades: amarillo limón, naranja pálido, naranja, rojo, el precio es relativamente elevado y el balance precio/características hace que sea poco empleado.

Ferrocianuros (azul de Prusia), es el pigmento azul más barato para pinturas, pero tiene baja resistencia a los álcalis, temperaturas y exterior, por lo que se usa poco.

Pigmentos metálicos.

Pigmentos de aluminio, pigmentos de cobre y sus aleaciones y pigmentos de zinc.

Los pigmentos de aluminio son muy importantes van en todos los coches metalizados. El aluminio es estable en el aire como consecuencia de la presencia de una capa muy fina y muy adherente de óxido de aluminio. Resiste en general bien el ataque de los ácidos, pero es atacado por las disoluciones alcalinas. Presentan alto poder reflectante, baja transmisión de vapor de agua y excelente resistencia a la corrosión.

Existen dos variedades de aluminios en lo relativo a su empleo en pinturas NONLEAFING y LEAFING. En el primer tipo de aluminio, las partículas se distribuyen en todo el espesor de la película (más empleado en automoción), mientras que para el segundo tipo las partículas se agrupan en la superficie. Esta flotación de las partículas de aluminio se debe a un recubrimiento de ácido esteárico. Este pigmento se utiliza en pinturas industriales, pinturas anticorrosivas y pinturas para automóviles.

Los pigmentos de cobre y sus aleaciones con zinc o estaño, son pigmentos laminares con colores que van desde tonos cobre a tonos oro verdoso. No son muy utilizados en pinturas, se emplean más en tintas.

El pigmento de zinc metálico es un polvo gris azulado en partículas muy finas, tamaño medio de partícula 2,8 micras. Se utiliza fundamentalmente para pinturas anticorrosivas sobre sustratos metálicos. Existen dos tipos de pinturas basadas en zinc las que no conducen la electricidad y las que son conductoras.

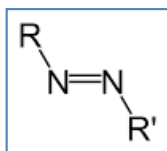
PIGMENTOS ORGÁNICOS.

Los más importantes son los pigmentos coloreados. Todos son sintéticos. Comparados con los inorgánicos, son generalmente de más alto precio, mayor absorción de aceite, menor peso específico, más limpieza de tono y mayor poder colorante. Desafortunadamente, algunos tienen escasa resistencia al exterior, no resisten temperaturas elevadas y su resistencia a los agentes químicos es baja.

Cuando se fabrica un pigmento nuevo se le asigna un nº INDEX y se le incluye en la enciclopedia de pigmentos junto con sus propiedades, solidez, fabricante, etc.

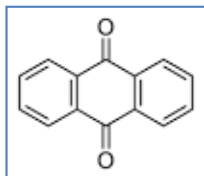
Los pigmentos orgánicos son **muy numerosos**, se clasifican normalmente en: **azoicos, antraquinona, tioíndigo, ftalocianinas, quinacridona, isoindolinona, perileno, azoicos de condensación, dioxacina y perinona.**

Los pigmentos azoicos se caracterizan por tener en su molécula el grupo “azo”:



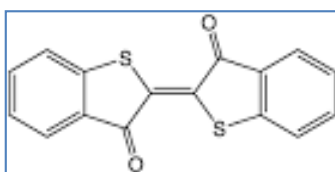
Los pigmentos azoicos cubren los tonos del amarillo al rojo. Pueden ser pigmentos precipitados sin formar sal metálica y pigmentos precipitados formando sales metálicas. Como ejemplos de los primeros tenemos: amarillo diclorobencidina, amarillos hansa, naranjas diclorobencidina, naranja dianisidina, rojos diclorobencidina, rojos naftol, etc. Como ejemplo de los segundos: rojo litol, rojo lacas, escarlatas, marrón BON, etc.

Los pigmentos derivados de antraquinona más interesantes son: amarillo flavantrona, amarillo antrapiridina, naranja adantreno, naranja pirantreno bromado, azul idantreno, violeta isoviolantrona. Son pigmentos de amplio uso industrial, buena resistencia al exterior, buena resistencia a temperaturas elevadas y fáciles de dispersar.



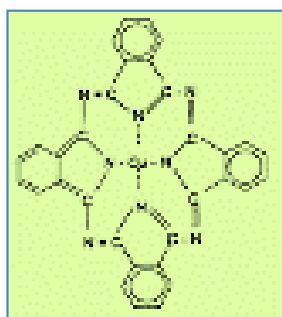
Molécula antraquinona

Los pigmentos de tioíndigo cubren la gama de colores del naranja, rojo, violeta y marrón. Se comercializan muchos tipos, el más utilizado es el pigmento Rojo 88. Tienen una resistencia elevada a diversos agentes externos, se fabrican pinturas de calidad elevada. Se emplea mucho en esmaltes de automoción.



Molécula de tioíndigo

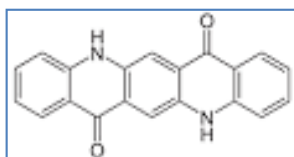
Pigmentos de ftalocianinas, también muy empleados. Pueden ser de cobre o también con cloro o bromo. Los pigmentos ftalocianina de colores verdes y azules son ampliamente utilizados en pinturas. Dependiendo de la forma del cristal del pigmento, de que lleve o no lleve metal y de la cantidad y tipo de sustituyente halógeno que esté presente en la molécula, el tono de los pigmentos de ftalocianina con cobre varía de azul rojizo (cristal alfa sin halógeno) al verde amarillento (molécula con cloro y bromo).



Molécula ftalocianina

Las razones fundamentales de su uso son: resistencia a agentes químicos diversos, buen comportamiento a temperaturas elevadas, luz e intemperie.

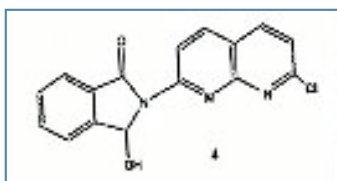
Los pigmentos de quinacridona presentan tonos que van del naranja al rojo violeta. Estas tonalidades se consiguen introduciendo diversos sustituyentes en la molécula.



Molécula de quinacridona

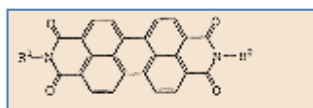
Las razones que justifican su uso son: resistencia a ácidos, álcalis, luz y exterior. Resistencia a los disolventes y tonos limpios. Se utiliza cuando se desee un pigmento rojo de gran resistencia. Se trata de pigmentos caros.

Los pigmentos de isoindolinona varían de tonos dependiendo de la naturaleza de los sustituyentes, desde el amarillo verdoso al marrón pasando por el naranja y rojo.



Molécula de isoindolinona

Son pigmentos de elevada resistencia ambiental, en la línea de las ftalocianinas y quinacridonas. De elevado precio y se utilizan sobretodo en la industria del automóvil. Los pigmentos de perileno habitualmente proporcionan tres tonos: bermellón, rojo y marrón. Proporcionan tonos transparentes con buenos efectos en pinturas metalizadas y tienen excelente estabilidad a productos químicos.



Molécula perileno

Los tonos varían dependiendo de la naturaleza del sustituyente R.

Los pigmentos azoicos de condensación son: amarillo Cromoftal 3G, 6G, Gr, Naranja Cromoftal 4R, rojo Cromoftal BR, escarlata Cromoftal R y marrón Cromoftal 5R. Son pigmentos excelentes, aunque algo peor que las ftalocianonas. Los más usados son los amarillos.

Como otros pigmentos tenemos dioxacina, el más importante violeta Dioxacina y pigmentos Perinona. Tienen excelente poder colorante y limpieza de tonos.

Cargas o extendedores.

Prácticamente todas son inorgánicas y de origen natural. Como ya se ha comentado, en el caso de los pigmentos blancos, el poder cubriente está basado en el poder de dispersión de la luz por el pigmento. Este poder de dispersión está en gran medida regulado por la diferencia de índice de refracción entre el pigmento y el vehículo en que se dispersa. Si los índices de refracción de vehículo y pigmento son muy parecidos, entonces el conjunto aparece transparente. Este es el caso de los “extendedores” o “cargas”. Podemos ver que los índices de refracción de los vehículos habituales para pinturas están comprendidos entre 1,40 y 1,70. Los de algunas cargas usuales son: baritas 1,64, carbonatos 1,58, talcos 1,49 como vemos muy parecidos a los de los vehículos. Por tanto, una de las diferencias más importantes entre carga o extendedor y pigmento es que estos cubren y las cargas no cubren. La carga tampoco da color.

Los componentes fundamentales de este grupo son:

CARBONATOS. Carbonato de calcio natural, más económico, muy empleado y carbonato de calcio sintético. El carbonato de calcio natural CaCO_3 es de origen natural y se presenta molido. No es nunca carbonato cálcico puro, lleva impurezas hasta el 5% de carbonato de magnesio, óxido de aluminio, sílice, etc. Como propiedades más destacables se trata de un polvo blanco, tamaño de partícula en torno a $40 \mu\text{m}$, de densidad $2,71 \text{ g/cm}^3$, índice de refracción de 1,48 a 1,65, índice de absorción de aceite del 15% al 20%. Pueden comprarse diferentes calidades con distinto tamaño de partícula y distinta blancura. Mejora la estabilidad de envasado, proporciona poco brillo (pinturas mate), mejora la textura y propiedades mecánicas de la pintura, tiene bajo coste, muy empleado para pinturas plásticas al agua en decoración. Se emplea casi siempre para esmaltes sintéticos y no en imprimaciones.

El carbonato de calcio precipitado o sintético se emplea muy poco, es bastante más caro. Químicamente es más puro y más fino para aplicaciones más especiales. Índice de absorción de aceite del 30 al 35%, tamaño de partícula entre 10 y $20 \mu\text{m}$. No altera el brillo.

SÍLICES. Sílice natural: polvo de cuarzo y sílice de diatomeas. Sílice sintética: sílice pirogenada. La sílice pirogénica se emplea para espesar y tixotropar muchas resinas orgánicas, como resinas de poliéster, viniléster, epoxi, pinturas, etc.

Las **sílices naturales** más utilizadas es la sílice de diatomeas. Se obtiene de rocas sedimentarias formadas por esqueletos fosilizados de animales marinos. Su fórmula es $\text{SiO}_2 \cdot n \text{ H}_2\text{O}$ se proporciona en dos calidades, una natural molida y otra calcinada. La natural molida tiene aspecto de polvo gris, densidad de 2 g/cm^3 , índice de refracción 1,42 y absorción de aceite del 150 al 180%. Por otra parte, la sílice calcinada es un polvo blanco, densidad $2,30 \text{ g/cm}^3$, índice de refracción 1,48 y absorción de aceite 120 a 140%. Las sílices de diatomeas se utilizan fundamentalmente para reducir el brillo y disminuir el “blistering” o ampollamiento.

En cuanto al **cuarzo en polvo** la partícula tiene forma de poliedro hexagonal casi equiaxial. Debido al efecto de la meteorización y la lixiviación, se forman hoyos de disolución de diversos grados en la superficie de las partículas. La pasivación por corrosión hace que las partículas tengan las características de alta esfericidad (los tres ejes son casi iguales) y baja redondez (con bordes), que se denominan partículas cuasi esféricas. La distribución del tamaño de partícula del cuarzo en polvo es relativamente estrecha. El tamaño de partícula principal de los productos de malla 400 se distribuye en el rango de 5-20 μm , el contenido es superior al 70%, el tamaño medio de partícula es de aproximadamente 14 μm y el tamaño de partícula es normal.

Composición mineral y composición química: cuarzo microcristalino, una cantidad muy pequeña de impurezas como caolín, mica y restos vegetales. La composición química del polvo de cuarzo: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , TiO_2 , etc.

Propiedades fisicoquímicas: polvo blanco claro, brillo es 60% a 80%; el polvo seco tiene buena dispersabilidad, no se aglomera y a la mano se siente fino y suave. Densidad: 2,55 a 2,65 g/cm^3 , densidad aparente 1,96 g/ml , volumen de sedimentación 0,6 a 0,9 mg/g , dureza Mohs 7, índice de refracción 1,544.

El cuarzo en polvo también se utiliza como relleno inorgánico más común para resinas epoxi, caucho, plásticos y pigmentos extendedores de pintura.

Las sílices sintéticas son sílices pirogenadas SiO_2 , se trata de un producto de gran pureza, de tamaño extraordinariamente fino de partícula (4 a 17 micras), el aspecto es de un polvo fino blanco-azulado, densidad 2,20 g/cm^3 , índice de refracción 2,45, absorción de aceite entre 300 y 400%. Su utilidad fundamental en pinturas, es que actúa como espesante, agente tixotrópico, evita la sedimentación y el descuelgue en su aplicación.

SILICATOS. Silicato de aluminio (caolín), silicato de magnesio (talco, asbestos), silicato de aluminio y potasio (mica). El caolín de fórmula química $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ procede de la caolinita y comercialmente se dispone de dos calidades: producto natural lavado y molido y producto calcinado. Sus propiedades fundamentales son para el lavado molido: densidad 2,58 g/cm^3 , índice de refracción 1,56, índice absorción aceite 45%, su estructura es laminar. Para el producto calcinado: densidad 2,63 g/cm^3 , índice de refracción 1,56, índice absorción aceite 55%, su estructura es laminar. La razón de su frecuente uso es que es un producto fácil de dispersar y muy inerte. Se desarrolla cierta tixotropía que mejora las características de brochabilidad y nivelación de la película de pintura, mejora también la propiedad eléctrica aislante de la pintura. El silicato de magnesio (talco) de fórmula química $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, aunque muchos de los talcos usados en la actualidad pueden contener también magnosita y otros minerales. La estructura del talco es laminar, una hoja de MgO entre dos hojas de SiO_2 . Las características de los talcos varían ampliamente de unos tipos a otros, el tamaño normal de partícula es el menor de 10 micras, su aspecto es el de un polvo blanco grisáceo, de densidad 2,7 a 2,8 g/cm^3 , índice de refracción de 1,54 a 1,59, porcentaje de absorción de aceite del 30 al 50%. El talco es probablemente la carga de más amplio uso.

Debido a su estructura, evita el sedimento de otros pigmentos y cargas presentes, se dispersa con facilidad en la mayor parte de vehículos, mejora las propiedades de flujo, brochabilidad, extensibilidad e impide descolgamiento. Se comporta bien frente a agentes corrosivos. También se utiliza como carga impermeabilizante para imprimaciones, no más de un 10%.

El silicato aluminico-potásico (mica) es el nombre aplicado a una serie de minerales que responden aproximadamente a la fórmula: $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ el mineral fundamental en la obtención de mica para utilizar como carga es la moscovita. La mica presenta un aspecto de polvo blanco plateado, con estructura laminar, de densidad $2,82 \text{ g/cm}^3$, con índice de refracción 1,58 y una absorción de aceite entre el 56 y 75% la cual es alta y limita su uso. Sus características hacen que mejore la impermeabilidad de la película de pintura, protege frente a la humedad, se emplea en imprimaciones.

SULFATOS. Sulfato de bario natural (barita), sulfato de bario sintético (blanco fijo). El sulfato natural barita de fórmula BaSO_4 , tiene aspecto de polvo blanco denso, su densidad es $4,5 \text{ g/cm}^3$, índice de refracción 1,64, porcentaje de absorción de aceite del 10%, se emplea fundamentalmente en la fabricación de imprimaciones y masillas de relleno. El sulfato de bario sintético (blanco fijo), reúne las ventajas del producto natural y además presenta mejor aspecto y un tamaño de grano más fino. Esto mejora las propiedades de dispersión y la tendencia a sedimentar.

FOSFATOS. También se emplean en la formulación de pinturas, sobretodo como anticorrosión y en imprimaciones. Como, por ejemplo, el fosfato de zinc.

Como acabamos de ver de forma somera, las cargas o extendedores tienen como función principal: mejorar las propiedades generales de la pintura y abaratar los costes de fabricación.

ADITIVOS.

Dosificados en pequeñas cantidades, facilitan el proceso de fabricación de la pintura, le aportan estabilidad durante su almacenamiento y le proporcionan unas características adecuadas durante y después de ser aplicada. A continuación, se describen los aditivos más habituales en la formulación de pinturas, en concreto de pinturas decorativas base agua.

Reductores de dureza del agua.

Las resinas en emulsión se encuentran estabilizadas por tensoactivos, parte de ellos aniónicos. El agua contiene iones Ca^{2+} y Mg^{2+} en disolución, que pueden reaccionar con los tensoactivos, provocando su insolubilidad y desestabilizando el sistema. Es por ello que en pinturas plásticas es necesario el uso de aditivos secuestrantes. Su misión consiste en insolubilizar estos iones bivalentes con el fin de reducir la dureza del agua. Los productos más utilizados son los polifosfatos, entre ellos el hexametáfosfato de sodio.

Alcalinizantes.

Se utilizan para aumentar el pH con el fin de dar estabilidad a la pintura y de preparar el medio para que ciertos aditivos, como algunos tipos de dispersantes y espesantes, puedan actuar. Algunos de los productos más usados a tal fin son el hidróxido de sodio, la dietanolamina (DEA) y el amino metil propanol (AMP).

Dispersantes y humectantes.

Posibilitan una correcta dispersión y estabilización de la mezcla.

Antiespumantes.

En el proceso de fabricación de la pintura, debido a la agitación, el aire entra fácilmente en el producto que se está fabricando. Las moléculas de tensoactivo que contiene el producto forman micelas alrededor de las burbujas de aire y dan lugar a la espuma. Los principales antiespumantes suelen ser aceites minerales modificados con silicona, en el caso de pinturas acuosas.

Espesantes.

Influyen en el comportamiento reológico, fluidez y estabilidad de las pinturas.

Biocidas.

La pintura en base acuosa resulta un medio de cultivo excelente para la formación de bacterias, pues está formada en gran parte por agua y materia orgánica. Si además esta pintura debe permanecer almacenada por un espacio de tiempo prolongado, concurren las condiciones ideales para que se formen colonias bacterianas que contaminarán el producto provocando su pudrición. Así pues, son necesarios los agentes biocidas. Las isotiazolonas, como la benzoisotiazolona, (BIT) o la metilisotiazolona (MIT), son algunos de los productos biocidas usados con mayor frecuencia. Su uso está regulado por normativas medioambientales. Para un estudio más en profundidad sobre el comportamiento medioambiental de biocidas usuales consultar el TFM del autor:

Alonso Felipe, José Vicente (2011). Evaluación de efectos de biocidas contenidos en recubrimientos "antifouling "(AF coatings) en ecosistemas marinos. Tesis (Master), E.T.S.I. Minas (UPM). Depositado en Archivo Digital Politécnica.

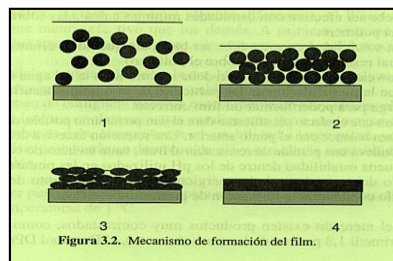
<https://oa.upm.es/33952/>

Mecanismo de formación de película o film: COALESCENCIA.

Los polímeros que forman el vehículo o ligante son en su mayoría productos de alta resistencia, en el caso de los polímeros en emulsión cuando se evapora el agua pueden dar lugar a un film polvoriento de gran fragilidad. Esto se debe a que no forman un film continuo. Cada polímero en emulsión precisa de una temperatura determinada para formar una película uniforme y homogénea, transparente y dura, a esta temperatura se le llama: **temperatura mínima de formación de film (TMFF)**.

Para determinar la temperatura de formación de film se utiliza un aparato que consiste en una placa de acero inoxidable que está termostatazada de tal forma que de un extremo al otro la temperatura varía de 0 °C a 40 °C. Sobre esta placa se aplica la emulsión y se deja secar. La película que se obtiene aparece en las zonas más calientes como un film transparente y en las más frías como un polvo blanco, existiendo una zona intermedia donde se empieza a formar la película como tal. La temperatura en este punto es la TMFF.

Veamos ahora el mecanismo de formación del film de un polímero en emulsión a una temperatura correcta, es decir por encima de su temperatura mínima de formación de film.



En la figura vemos **las cuatro fases** que van desde la aplicación al secado final. En el momento de la aplicación la emulsión contiene el agua en su totalidad y las partículas de polímero (*micelas* para emulsiones y dispersiones) se mueven libremente en su seno. Después conforme se evapora el agua las partículas de polímero se acercan unas a otras; conforme se va evaporando el agua se deforman y se unen de manera progresiva formando una película; a este proceso se llama **COALESCENCIA**.

Mediante el empleo de coalescentes en determinadas proporciones se reduce la TMFF y así es posible aplicar películas de pintura en las condiciones reales. Estos productos son insolubles en agua y son capaces de disolver o ablandar el polímero. Se trata pues de disolventes.

Se emplean como tales una gran variedad de productos, como glicoles, ésteres, éteres, cetonas y también hidrocarburos con un contenido apreciable en aromáticos.

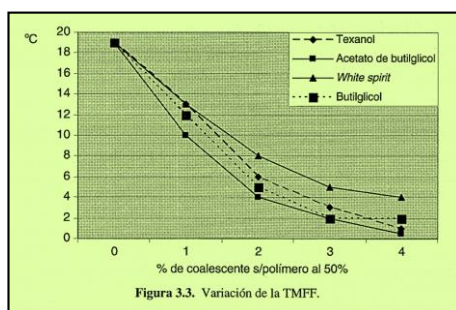
Un **buen coalescente** debe presentar unas **características** determinadas:

- Debe ser efectivo en cantidades mínimas calculadas sobre los sólidos del polímero.
- La solubilidad en agua debe ser baja, para que actúe sobre todo en el polímero.

- La velocidad de evaporación debe ser inferior a la del agua con el fin de que la plastificación de las partículas de polímero sea suficientemente larga para poder formar un film correcto.
- El efecto plastificante debe durar el mínimo tiempo posible, debe haber un balance con el punto anterior; una retención excesiva de coalescente apareja una pérdida de resistencia al frote, tanto en frote en húmedo como en seco.
- Buena estabilidad dentro del margen de pH utilizados en las pinturas.
- No debe ser demasiado energético en el ablandamiento del polímero, ello conllevaría la formación de grumos indeseados.

En el mercado existen productos muy contrastados, como el **Texanol** (2,2,4 trimetil 1,3 pentanodiol monoisobutirato), el **Dowanol DPnB** (dipropilenglicol n-butil éter) o el **Coasol** (mezcla de éteres diisobutílicos de los ácidos glutámico, succínico y adípico).

Para ver las diferencias entre coalescentes debemos verificar la efectividad y estabilidad de los mismos. Como ejemplo tomaremos una emulsión de acrilato de butilo-estireno con un TMFF de 19 °C, se trata de un polímero de amplia utilización.



En la figura se representa un gráfico de la caída de TMFF por la adición de 1,2,3 y 4% sobre peso de polímero de los siguientes coalescentes: *texanol*, acetato de butilglicol, *white spirit* y butilglicol.

En el gráfico anterior se aprecian algunas diferencias el *white spirit* es menos efectivo que los demás.

A primera vista podría parecer que los otros tres son similares, sin embargo, existen diferencias:

- El butilglicol, al ser añadido a la emulsión, produce en la mayor parte de los casos grumos indeseables.
- El acetato de butilglicol tiene un comportamiento muy similar al del *Texanol*, incluso en determinadas condiciones tiene una mayor eficacia. Sin embargo, debe comprobarse su estabilidad a largo plazo, ya que su hidrólisis provocaría un descenso de pH y con ello la inestabilidad de la emulsión.

Cualquier pintura o recubrimiento para exteriores debe ser capaz de formar el film a temperaturas de 1 °C

Propiedades generales de los disolventes orgánicos y su aplicación.

Los disolventes son fundamentales para el manejo y aplicabilidad de las pinturas. También tienen influencia en la formación del film por ejemplo en velocidad secado, ablandamiento polímero, viscosidad, etc.

En principio **se pueden clasificar por su polaridad** así distinguimos entre disolventes polares, semi-polares y disolventes no polares o alifáticos.

Clasificación según grupo funcional o estructura química:

Alcoholes

Cetonas

Esteres

Éteres

Hidrocarburos alifáticos

Hidrocarburos aromáticos

Éteres de glicol

Ésteres de éteres de glicol

Clasificación según su naturaleza:

Hidrocarburos alifáticos y aromáticos: hexano, heptano, ciclohexano, White Spirit, nafta, etc.

Hidrocarburos clorados. Percloroetileno, tricloroetano, etc.

Acetatos de etilo y butilo

Acetona, metil, etil cetona (MEK)

Metanol, etanol, butanol, etc.

Etilenglicol, propilenglicol, etc.

Aguarrás.

Símil aguarrás.

Nitrocelulósico

Tetrahidrofurano

Acetonitrilo

Aceites vegetales: linaza, ricino, tung, etc.

Disolventes nuevos de baja toxicidad y bajo impacto ambiental: dimetil carbonato, propilen carbonato, DBE (Di-Basic Esters), etil lactato, etc.

Los disolventes más usados son:

Agua. Es el disolvente universal empleado en pinturas base agua. Nula toxicidad y COV's. Forma parte de la formulación de pinturas acrílicas, vinílicas, esmaltes y barnices.

Esencia de trementina. Conocida como aguarrás vegetal. Se emplea como diluyente usual de barnices y pinturas alquídicas.

White spirit. Conocido como aguarrás mineral, utilizado para pinturas alquídicas: anticorrosivos, esmaltes sintéticos y barnices.

Etanol y otros alcoholes. Utilizados para limpieza de superficies y como diluyentes de goma laca, epoxi, etc.

Acetona, MEK y otras cetonas. Muy utilizadas en los trabajos con resinas de poliéster e industria de pinturas en general.

Disolvente nitrocelulósico. Para barnices, lacas de un componente, pinturas nitrocelulósicas, tapa poros, etc. Cuando es necesaria una rápida evaporación del disolvente en aplicación de pinturas sintéticas con pistola; lo cual es una característica de este tipo de disolventes.

Disolvente universal. El disolvente universal está indicado para esmaltes sintéticos de secado rápido, imprimaciones, clorocaucho etc. Su fórmula es fundamentalmente una mezcla de hidrocarburos aromáticos, acetatos de etil glicol, cetonas, alcoholes, etc.

Disolvente de poliuretano. Mezcla de hidrocarburos aromáticos, ésteres y disolventes cetónicos de evaporación relativamente lenta.

Disolvente epoxídico. Compuesto fundamentalmente de mezcla de xileno y butanol (mezclas de isómeros). En algún caso con éteres de glicol para pinturas epoxídicas con alto contenido en zinc.

Disolventes para cloro-caucho. Es una mezcla de hidrocarburos aromáticos (xileno fundamentalmente), esterés, cetonas (propanona) y algún alcohol. Pintura para piscinas al clorocaucho, pinturas para suelos al clorocaucho y esmaltes al clorocaucho.

Disolvente retardante. Retardan el tiempo de secado de la pintura y facilitan su aplicación evitando defectos superficiales, por ejemplo, en caso de trabajar a altas temperaturas.

Físico-química del proceso de disolución.

<https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-14.php>

La disolución de un material en un disolvente viene dada por un cambio en la energía libre:

$$\Delta G_{dis} = \Delta H_{dis} - T\Delta S_{dis}$$

Para que el material se disuelva la energía libre de Gibbs (G) debe ser negativa. El término de la entalpía de disolución se relaciona con la intensidad relativa de las fuerzas intermoleculares (puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals: dispersión de London y dipolo-dipolo generalmente) entre las moléculas de soluto y de disolvente. Dado un soluto S y un disolvente D, si la intensidad de las fuerzas S-D son mayores que las que se establecen entre las moléculas de soluto S-S y de disolvente D-D, la entalpía de disolución es negativa.

El parámetro de solubilidad es un valor numérico que indica el comportamiento de solvencia relativa de un disolvente específico. Se deriva de la densidad de energía cohesiva del disolvente, que a su vez se deriva del calor de vaporización.

El parámetro de solubilidad de Hildebrand se define como la raíz cuadrada de la densidad de energía cohesiva, que generalmente se encuentra dividiendo la energía latente de vaporización por el volumen molar $\delta = [- \Delta E (T) / v (T, P)]^{1/2}$ donde δ es el **parámetro de solubilidad de Hildebrand, MPa^{0,5}** El parámetro: $-\Delta E$ es la energía latente de vaporización, J/mol; v es el volumen molar L/mol; T es la temperatura K; y P es presión MPa. Para una información más detallada sobre disolventes y parámetros de solubilidad se puede consultar:

Solubility Parameters: Theory and Application. John Burke. The American Institute for Conservation. <https://cool.culturalheritage.org/coolaic/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>

En los procesos de disolución de un polímero rara vez se utiliza un único disolvente sino una mezcla de dos o más disolventes. Por ejemplo, una mezcla de alcohol-hexano presenta buenas cualidades para disolver una poliamida. El alcohol (isopropanol por ejemplo) forma puentes de hidrógeno con los grupos amida, mientras que el hexano interactúa con la cadena hidrocarbonada del polímero por fuerzas de dispersión de London.

Cuando se utiliza una mezcla de disolventes para disolver un material, las sustancias orgánicas empleadas en la mezcla se clasifican como:

Disolventes activos

Disolventes latentes (co-solventes)

Diluyentes.

Los disolventes activos son los que disuelven propiamente el polímero o resina. Generalmente son sustancias polares como ésteres y cetonas. Su forma de actuar es formando puentes de hidrógeno (con los pares de electrones no compartidos del oxígeno) o fuerzas dipolo-dipolo con el soluto.

Los disolventes latentes o co-solventes son generalmente alcoholes. No disuelven por sí mismos el polímero, pero aumentan el poder disolvente del disolvente activo.

Los diluyentes, casi siempre hidrocarburos aromáticos y alifáticos, se emplean generalmente para reducir la viscosidad del sistema, aunque en ocasiones pueden contribuir también a la disolución.

Disolventes para recubrimientos poliméricos.

Una pintura, como hemos visto, es una dispersión que contiene pigmentos (sustancia que proporciona el color), ligantes (resinas alquídicas, fenólicas, vinílicas, acrílicas, epoxi o de poliéster entre otras), disolventes y aditivos. Una pintura sin el disolvente tendría una viscosidad muy elevada y no podría aplicarse en películas delgadas.

Relación disolvente-aplicación del recubrimiento.

Un buen disolvente para recubrimientos permite la aplicación de la pintura por el procedimiento adecuado (brocha, rodillo, pistola de pulverización, inmersión, etc.) confiriéndola una consistencia óptima. No sólo debe disolver todos los componentes de la pintura sino proporcionar una viscosidad baja y orientar las moléculas del ligante en la película final, ya que esto influye en muchas otras propiedades. Otra de sus misiones es facilitar el proceso de fabricación y mantener su estabilidad en el envase.

La elección del disolvente es, por tanto, de importancia crítica ya que del mismo dependen las propiedades de la película final.

Las propiedades más importantes a tener cuenta en la elección de un disolvente (o mezcla de disolventes) son:

Poder disolvente.

Propiedades de flujo y humectación.

Velocidad de evaporación.

Inflamabilidad.

Toxicidad (COV's).

Normalmente se emplean varios tipos de disolvente en una misma pintura con el fin de regular el poder de disolución, la facilidad de aplicación y la velocidad de evaporación en la película.

Poder disolvente.

El poder disolvente varía con la temperatura y en una mezcla de disolventes rara vez es el promedio de los valores de los componentes individuales. Los líquidos de moléculas pequeñas son mejores disolventes que los de moléculas grandes y, en general, proporcionan disoluciones de menor viscosidad. Así, en una serie homóloga hay una disminución del poder disolvente y un incremento de la viscosidad al aumentar el peso molecular.

Propiedades de flujo (viscosidad) y tensión superficial (humectación).

La viscosidad de una disolución de un polímero es un factor importante en la aplicación de un recubrimiento. Si el recubrimiento se va aplicar con pistola se requiere menor viscosidad que si el recubrimiento se va a aplicar con brocha, y en ambos casos es importante que la viscosidad se incremente gradualmente y de forma adecuada a medida que el disolvente se evapora.

Relación viscosidad-poder disolvente.

Esto no significa que el disolvente que proporciona la menor viscosidad sea el más adecuado. En disoluciones muy diluidas, si el disolvente disuelve mal al polímero, la cadena de este está enrollada y la disolución es poco viscosa. Por el contrario, si el poder disolvente es elevado, las macromoléculas están extendidas proporcionando una mayor viscosidad. Sin embargo, en disoluciones concentradas las moléculas del polímero se agregan y el mejor disolvente es el que proporciona la menor viscosidad. Para evitar esta agregación molecular se elige un disolvente que no disuelva bien, para que las moléculas de polímero permanezcan enrolladas.

Relación viscosidad-tensión superficial.

Otro factor a tener en cuenta es la tensión superficial del disolvente. Esta influye en el brillo, en la textura de la superficie, en la flotación de los pigmentos y en la adherencia de la película. La flotación de pigmentos es un fenómeno por el cual una pintura que contiene dos o más pigmentos se seca de tal manera que uno de ellos se separa de los otros (dispersión no homogénea) y se concentra en forma de rayas sobre la superficie de la película (flota). El disolvente o mezcla de disolventes debe evitar este problema.

Los disolventes tienen tensiones superficiales que oscilan de 18 dinas/cm para los hidrocarburos alifáticos hasta 30 dinas/cm para los disolventes oxigenados. Estos valores son inferiores a la tensión superficial de la mayoría de los polímeros. Como consecuencia el disolvente disminuye la tensión superficial, moja la superficie del polímero y facilita la formación de la película. Si la formación de la película es buena hay mayor humectación de la superficie, lo que es esencial para una buena adherencia. Esto se debe a que las moléculas se aproximan lo suficiente para que se formen enlaces de adherencia (enlaces intermoleculares entre la superficie y las moléculas de resina). Varios recubrimientos se aplican como dispersiones en agua y dado que el agua tiene una tensión superficial muy elevada de 72,7 dinas/cm es necesario añadir tensoactivos para que esta disminuya.

Velocidad de evaporación.

La velocidad de evaporación es importante por dos razones: la película de polímero debe secar en un tiempo razonable y la presencia de disolvente residual disminuye la resistencia de la película.

La velocidad de evaporación depende entre otros factores de la temperatura y de la presión de vapor del disolvente. En el caso de mezclas de disolventes esta cuestión se complica por el comportamiento no ideal de la mezcla que da lugar a la formación de azeótropos. Cuando se emplean mezclas disolvente-diluyente es importante que el disolvente activo se evapore más lentamente que el diluyente con el fin de que durante el proceso de secado no se encuentre el diluyente en concentración superior a la relación de dilución.

Otro problema que se puede presentar, con disolventes excesivamente volátiles, es que la rápida evaporación enfría la película del polímero a una temperatura inferior a la de condensación del aire que lo rodea. El agua que se condensa produce en la película un defecto llamado "neblina". Además, se produce una contracción indeseable de la película del polímero dando lugar a superficies rugosas.

Si el recubrimiento se aplica por proyección o spray, el punto de ebullición y la evaporación del disolvente son particularmente importantes, ya que el disolvente no debe evaporarse antes de que las partículas se depositen sobre la superficie. No son adecuados disolventes de baja T_b como los ésteres, cetonas y compuestos clorados. La acetona por ejemplo es ineficaz para este propósito. Normalmente se emplean mezclas de disolventes, uno de ellos es un disolvente potente, relativamente volátil, que permanece en el recubrimiento hasta que las partículas llegan a la superficie. El otro se evapora con más lentitud y contribuye a la coalescencia de las partículas, formando una película continua.

En general los disolventes de baja T_b (muy volátiles) y alto poder disolvente (moléculas pequeñas como el diclorometano) permiten preparar disoluciones concentradas de baja viscosidad y con ellos se logra un secado inicial rápido. Los disolventes con T_b media (acetato de etilo) retardan la velocidad de evaporación, lo cual reduce los defectos de la película. También proporcionan buenas propiedades de flujo. En los recubrimientos que

se aplican con brocha se emplean disolventes de alta T_b (poco volátiles). Con ellos se obtienen tiempos de secado largos lo que proporciona un brillo elevado (en barnices se utiliza acetato de etilo; $T_b = 78\text{ }^\circ\text{C}$).

Hay que tener cuenta que un exceso de dilución provoca escurridos, descuelgues o sangrados y un exceso de viscosidad un aspecto similar a la "piel de naranja".

Inflamabilidad, toxicidad, olor y recuperación.

Además de las propiedades técnicas que hacen que un disolvente sea adecuado para una aplicación particular, hay diversos factores, como la toxicidad e inflamabilidad, con las que se decide si es aceptable su uso. Muy importante desde el punto de vista medioambiental, el contenido en Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).

La mayoría de los disolventes no clorados son inflamables a temperaturas ordinarias y representan un riesgo de fuego y explosión (los compuestos halogenados no arden, son ignífugos). Hay una legislación que reglamenta su almacenamiento, transporte y uso. Los disolventes con temperaturas de inflamación, T_i , menor de $23\text{ }^\circ\text{C}$ presentan un riesgo de incendio elevado, entre $23\text{ }^\circ\text{C}$ y $60\text{ }^\circ\text{C}$ moderado y por encima de $60\text{ }^\circ\text{C}$ el riesgo es ligero.

Los disolventes clorados constituyen un riesgo para la salud y su concentración máxima en aire está restringida para los trabajadores. El olor desagradable también puede descalificar a un disolvente.

La recuperación del disolvente es otro factor a tener en cuenta desde el punto de vista ambiental y económico.

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE ALGUNOS DISOLVENTES				
Tipo de disolvente	Temperatura ebullición	Índice evaporación nBut.Acet 100	Calor vaporización cal/g	Tensión superficie Dina/cm
Agua	100	75	585	72,8
Tolueno	110	240	94	28,5
Acetona	56	770	135	-
Metil-Isobutilcetona	115	165	86	22,7
Acetato de isobutilo	117	174	70	28
Alcohol isobutilico	108	80	138	23
Butil-cellosolve	171	6	92	32

El **butil-cellosolve** también llamado **2-butoxi-etanol** es un compuesto líquido incoloro, inflamable. Dentro de los **éteres de glicol** es uno de los que poseen alto punto de ebullición, es ampliamente empleado como disolvente retardador para lacas.

Los principales parámetros físico-químicos que caracterizan a un disolvente son:

- **Índice de refracción**
- **Peso específico.**
- **Viscosidad.**
- **Tensión superficial.**
- **Curva de destilación.**
- **Curva de vaporización.**
- **Poder de disolución o parámetro de solubilidad.**
- **Punto de anilina.** UNE 48171. Determinación punto anilina en hidrocarburos. No vigente en la actualidad.
- **Índice kauri-butanol.** UNE 48072:1960, vigente 15/06 /1960. Numero kauri-butanol, de los disolventes hidrocarbureados.

Entre los **disolventes polares** más utilizados en pinturas, se encuentran los siguientes: agua, alcoholes, ésteres, cetonas, ciclohexanonas, etc.

En el grupo de los **semipolares** están comprendida la familia de los aromáticos: xileno, tolueno, estireno, etc.

Por último, los **disolventes alifáticos o no polares**, proceden generalmente de las destilaciones del petróleo: heptano, decano, etc.

Otros de composición genérica como: *white spirit*, aguarrás, sucedáneo aguarrás, mezclas de hidrocarburos, etc.

El índice Kauri-Butanol (valor K_b). Se define como el volumen de solvente en centímetros cúbicos a 25°C de temperatura corregido a un estándar definido, que son requeridos para producir un determinado grado de turbidez, cuando 20 g de solución estándar de resina kauri son añadidos en alcohol butílico normal. La solución de resina kauri es estandarizada contra tolueno al cual se le asigna un valor de 105, y a una mezcla de 75 % de heptano normal y 25 % de tolueno, a la cual se le asigna un valor de 40.

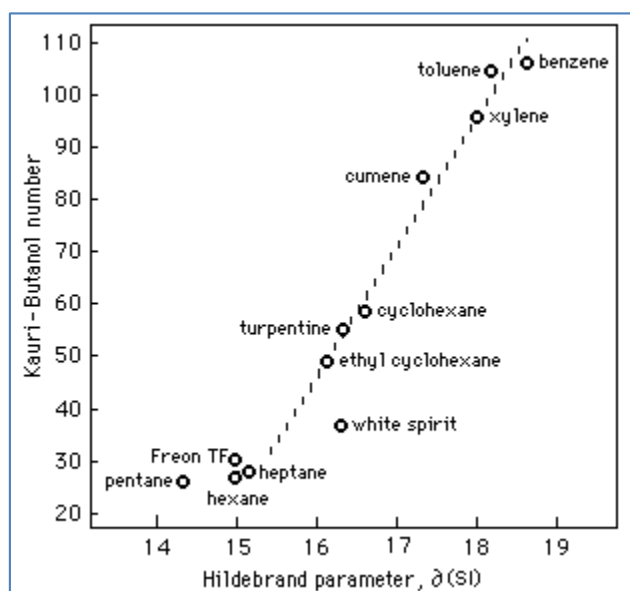
La resina Kauri es una resina fosilizada derivada de la savia del pino kauri, que crece principalmente en Nueva Zelanda. Esta resina se disuelve fácilmente en alcohol butílico normal (butanol), pero no se disuelve muy bien en disolventes basados en hidrocarburos. Para obtener experimentalmente el valor de K_b , se disuelven 20 gramos de resina Kauri en una cantidad fija de n-butanol. A continuación, esta solución se valora con el disolvente de hidrocarburos hasta alcanzar el "punto de turbidez" o hasta que la solución clara se vuelva ligeramente turbia o nebulosa. El volumen o el número de mililitros de disolvente de hidrocarburos utilizados para alcanzar el punto de turbidez se indica como valor Kauri-Butanol o K_b del disolvente de hidrocarburos. Según esta metodología, cuanto mayor sea el volumen de disolvente necesario para alcanzar el punto de turbidez, más fuerte será el disolvente de hidrocarburo. Un disolvente con un valor K_b de 100 (ml) es un disolvente mucho más fuerte que uno con un valor K_b de 50. Una idea común es que cuanto más alto sea el valor K_b , más rápido o más a fondo disolverá o descompondrá un disolvente el polímero, aceite, la grasa, etc.

Aunque los valores Kauri-Butanol y otras escalas de solubilidad tienen su propósito, no deberían utilizarse como la medida definitiva para la calificación del producto.

Definición de solubilidad.

Cuando hablamos de solubilidad en relación con las sustancias químicas, normalmente nos referimos a la disolución de una pequeña cantidad de un líquido o sólido (el soluto) en un volumen mayor de líquido (el disolvente). Cuando un disolvente líquido disuelve un soluto, las moléculas del disolvente rompen las fuerzas electrostáticas o de unión que unen a las moléculas del soluto. Las moléculas del disolvente se introducen a la fuerza entre las moléculas del soluto y las rodean, hasta que las moléculas que componían el soluto se dispersan delicadamente en el gran volumen de moléculas del disolvente.

El valor K_b o Kauri-Butanol es una prueba de la capacidad de un disolvente de hidrocarburo para superar estas fuerzas de unión en un soluto estándar. La prueba K_b es una de las determinaciones del "punto de turbidez" que puede utilizarse para ordenar los disolventes en una clasificación basada en el poder disolvente relativo. Otras determinaciones del punto de turbidez son el punto de turbidez de la anilina, el grado de solubilidad, el número de cera y el número de heptano. Todos tienen sus usos específicos, pero el valor K_b es la prueba más utilizada para calibrar el poder disolvente relativo de la mayoría de los disolventes basados en hidrocarburos.



Relationship between Kauri-Butanol Number and Hildebrand Parameter

<https://cool.culturalheritage.org/coolaic/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>

Las tablas de valores K_b para los disolventes de hidrocarburos se pueden encontrar en los manuales de química y en Internet. Por ejemplo, el cloruro de metileno tiene un valor K_b de 136, mientras que el tolueno tiene un valor K_b de 105, lo que hace que el tolueno sea un disolvente más débil que el cloruro de metileno. La nafta, que se utiliza habitualmente en los desengrasantes, y el queroseno tienen el mismo poder de solvencia relativo con valores K_b de 34.

Los valores Kauri-Butanol no son lo último en pruebas de solubilidad. De hecho, los valores K_b por lo general asignan a un disolvente una solubilidad mayor de la que realmente tiene. Además, ciertos tipos de disolventes no pueden probarse con el protocolo Kauri-Butanol, ya que resultan ser infinitamente solubles en este procedimiento de prueba. Por esta razón, las cetonas, como la acetona y el MEK, y los éteres de glicol no pueden probarse con el procedimiento Kauri-Butanol. Aunque los valores de K_b pueden dar resultados erróneos para muchos disolventes, sigue siendo útil cuando se utiliza para juzgar la solubilidad relativa de diferentes disolventes.

Otros parámetros de solubilidad.

Aunque no es tan conocida por los usuarios de disolventes industriales, existen muchas escalas de solubilidad diferentes además del valor Kauri-Butanol. La escala de solubilidad más utilizada es el **parámetro de solubilidad de Hildebrand**. Todas las fuerzas electrostáticas que unen las moléculas de un líquido o un sólido representan la densidad de energía cohesiva de esa sustancia. La suma de estas fuerzas de unión es lo que hay que superar para disolver una sustancia en un disolvente o para vaporizarla por completo, calentándola hasta que se seca. El parámetro de solubilidad de Hildebrand (la raíz cuadrada de la densidad de energía cohesiva) como hemos mencionado anteriormente, es una representación numérica de esta cantidad de energía, que suele expresarse como calorías/cm³, o en unidades internacionales estándar (SI), como megapascales de presión cohesiva necesarios para superar todas estas fuerzas de unión. El parámetro de solubilidad de Hildebrand puede representarse como la suma de tres parámetros de solubilidad de Hansen diferentes, cada uno de los cuales es una medida de una de las tres fuerzas electrostáticas (dispersión, polaridad y enlace de hidrógeno) que unen a las moléculas.

Si utilizamos el **parámetro de solubilidad de Hansen (HSP)**, podemos encontrar fácilmente disolventes para los polímeros. Explicamos brevemente este procedimiento. Muchos investigadores y técnicos intentan utilizar el parámetro de solubilidad de Hildebrand para este fin y a veces no obtienen buenos resultados, porque el HSP predice una resolubilidad inferior al 60%. Si se utilizan muchos y muchos disolventes, el porcentaje de éxito bajará. La razón es muy clara. El SP de Hildebrand se basa sólo en el calor de vaporización, así que, si el calor de vaporización es muy cercano, aunque la estructura química sea tan diferente, el SP de Hildebrand se vuelve igual. Por ejemplo, el SP de Hildebrand del etanol y del nitroetano es casi el mismo. Pero todos los químicos se sienten extraños si escuchan que la solubilidad del etanol y del nitroetano es la misma.

Por el contrario, el parámetro de solubilidad de Hansen divide la energía de solubilidad en 3 partes. Estos son la dispersión (dD), la polaridad (dP) y el enlace de hidrógeno (dH), y tratamos estos 3 términos como un vector. Le mostramos el gráfico tridimensional del parámetro de solubilidad de Hansen para el etanol y el nitroetano. El porcentaje de éxito en la predicción de la resolubilidad es superior al 90% con el método del parámetro de solubilidad de Hansen.

Los tres parámetros de Hansen pueden representarse en un gráfico tridimensional, y este gráfico puede utilizarse para predecir el comportamiento de la solubilidad de diferentes sistemas de disolventes con un alto grado de precisión. Pero los gráficos tridimensionales son difíciles de visualizar en 2D. Trazar los tres parámetros en un gráfico bidimensional ignorando uno de los tres parámetros es una solución parcial, pero se pierde precisión.

Se encontró una solución a este problema cuando se desarrolló un gráfico triangular bidimensional que trazaba los parámetros fraccionarios de Teas, derivados de los parámetros de Hansen. Los parámetros de Teas muestran el porcentaje de contribución de cada una de las tres fuerzas de unión al conjunto de los parámetros de Hildebrand. Cuando se traza la posición de los disolventes individuales en un gráfico de Teas, encontramos que los disolventes con solubilidades similares tienden a ocupar la misma zona del gráfico. También podemos trazar la solubilidad de una resina o un polímero concreto con varios disolventes y determinar una ventana de solubilidad:

Los disolventes que disuelven el polímero se sitúan en la zona del gráfico de Teas definida como ventana de solubilidad.

Los que disuelven parcialmente el polímero se sitúan en el borde de la zona de la ventana de solubilidad.

Los que no disuelven el polímero caen fuera del área del gráfico definido como ventana de solubilidad.

Todo esto puede resultar bastante confuso, pero el punto principal es que mediante el uso de un **gráfico TEAS** se pueden determinar las propiedades de solubilidad de las mezclas de disolventes sin necesidad de preparar la mezcla y probarla. También se puede utilizar esta herramienta para determinar la composición de una mezcla de disolventes que disolverá una sustancia concreta en una mezcla sin disolver ninguna de las otras sustancias presentes (es decir, el sustrato).

Además, el gráfico de Teas y las demás escalas de solubilidad pueden utilizarse sin tener ningún conocimiento de la compleja química y física que interviene en la solubilidad de los polímeros y las resinas. Los trabajadores que restauran obras de arte valiosas utilizan el gráfico de Teas para determinar el sistema de disolventes necesario para eliminar las capas superpuestas de laca envejecida sin disolver la pintura subyacente que compone la obra maestra. Herramientas como el gráfico de Teas son muy útiles para determinar el sistema de disolventes necesario para disolver los numerosos polímeros que se utilizan hoy en día en el sector.

<https://mx.techspray.com/valores-de-kauri-butanol-kb-y-par%C3%A1metros-de-solubilidad>

<https://docplayer.es/16984626-Notas-sobre-el-triangulo-interactivo-de-los-solventes-y-de-la-solubilidad.html>

<https://polimeros.com.es/polimeros/tabla-de-parametros-de-solubilidad-en-polimeros/>

NOTAS SOBRE EL TRIÁNGULO INTERACTIVO DE LOS SOLVENTES Y DE LA SOLUBILIDAD[©]



APÉNDICE 2

Mezclas para el test de solubilidad con el TRIÁNGULO INTERACTIVO DE LOS SOLVENTES Y DE LA SOLUBILIDAD[©]

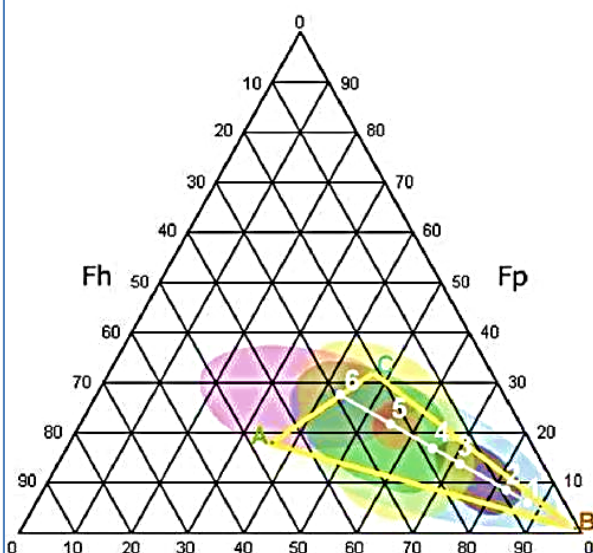


FIGURA 1– Mezclas para el test de solubilidad

Formulada una mezcla **6** con los solventes **A** y **C**, es posible diluir con ésta el solvente **B** para obtener una serie de mezclas que se alinean a lo largo del segmento **B-6**, útiles para los test de solubilidad sobre las sustancias representadas de las áreas sobre las cuales las mezclas recaen en sucesión. En la fig. 1 están las mezclas **1, 2, 3, 4, 5** que se obtienen diluyendo el solvente **B** – isooctano – con diversas de la misma mezcla **6** compuesta del 30% de alcohol etílico (**A**) y del 70% de acetona (**C**); los valores % están indicados en las columnas 6-8-10 de la tabla 2. En la columna 9 se evidencian las áreas de solubilidad sobre las que recaen las mezclas. Notar que la relación entre **A** y **C** permanece constante en las mezclas de la **1** a **5**²⁵.

n	Fd	Fp	Fh	solvente A	%A	solvente B	%B	solvente C	%C	notas
1	87	6	7	ETHANOL	6	ISOOCTANE	80	ACETONE	14	av-A
2	82	9	9	ETHANOL	9	ISOOCTANE	70	ACETONE	21	av-A, C
3	71	14	15	ETHANOL	15	ISOOCTANE	50	ACETONE	35	av-A, C, RS
4	66	17	18	ETHANOL	18	ISOOCTANE	40	ACETONE	42	av-A, RS, RN
5	56	22	23	ETHANOL	24	ISOOCTANE	20	ACETONE	56	av-A, RS, RN, AE
6	44	28	28	ETHANOL	30	ISOOCTANE	0	ACETONE	70	av-A, RS, RN, PP

TABLA 2 – Parámetros de solubilidad y porcentuales en volumen de los componentes de las mezclas 1, 2, 3, 4, 5, 6
Leyenda: PP:proteínas y polisacáridos; RN:resinas naturales; RS:resinas sintéticas; O:aceites;OI:aceites envejecidos; C:ceras.

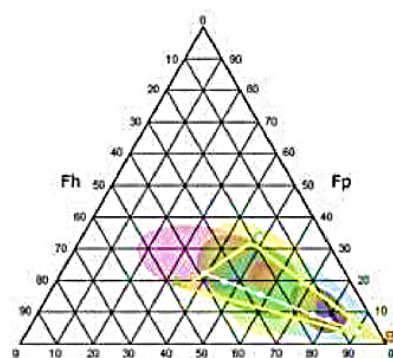


Figura 2

Es posible con el mismo procedimiento y según las exigencias, formular series de mezclas con porcentajes diversos entre los solventes **A** y **C** (fig. 2) o conjugar **C** con una mezcla entre **A** y **B** (fig. 3).

Naturalmente es válido conjugar **A** con una mezcla obtenida entre **B** y **C**.

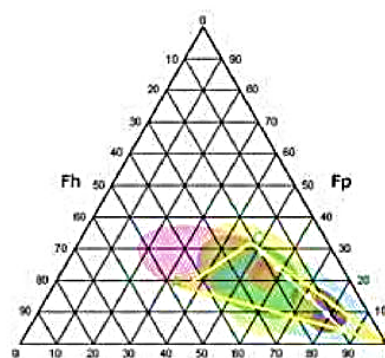


Figura 3

²⁵ Por las propiedades geométricas del diagrama ternario

RELACIONES Y CALCULOS EN FORMULACIÓN PINTURAS.

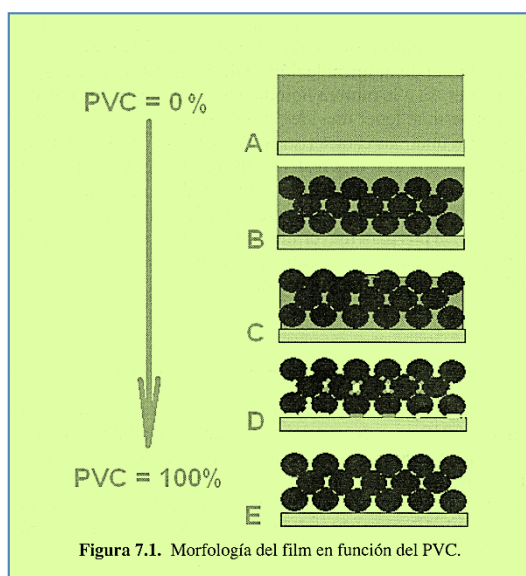
En cualquier formulación existe una relación entre pigmento y resina, que puede expresarse de diversas formas. La relación puede ser en peso o en volumen, o puede expresarse en forma de la concentración de uno de los componentes sobre el total de la formulación. Asimismo, estas relaciones se pueden expresar en referencia a la pintura líquida al film seco. Se estudiarán dos ratios la relación pigmento/resina en peso y el de la concentración de pigmento en volumen.

RATIO PVC.

La relación *PVC, Pigment Volume Concentration* o concentración volumétrica en pigmento, nos da una información importante sobre la composición física del film seco. Es la concentración de pigmento, cargas y aditivos expresada en volumen calculada sobre el total del film seco:

$$\text{PVC} = \frac{\text{Volumen de pigmento + cargas + aditivos}}{\text{Volumen de pigmento + cargas + aditivos + Volumen de resina}} \cdot 100$$

Como se modifican las propiedades del film seco conforme cambia el PVC. Trabajamos bajo la hipótesis de que todas las partículas de pigmento tienen la misma medida y son de geometría esférica.



En el supuesto A, sobre el soporte solo hay una película de resina, mientras que el caso E, correspondiente al 100%, solo hay pigmento. En el supuesto D, la resina es justa para mantener unidas las partículas de pigmento, en C la resina ha llenado los espacios ocupados inicialmente por aire y en B existe un excedente de resina que recubre exteriormente toda la superficie de las partículas.

De lo propuesto es fácil deducir que el recubrimiento E es totalmente pulverulento ya que no tiene ligante alguno, que D es una pintura con débil cohesión entre partículas, C es una película cohesionada están rellenos los huecos entre partículas, en cuanto al brillo puede ser mate y satinada ya que no existe sobrenadante y por último B además de cohesionada, tendrá brillo ya que el excedente de resina forma un film superficial.

CONCENTRACIÓN CRÍTICA DE PIGMENTO EN VOLUMEN (PVCC).

Se denomina así a un valor del PVC por encima del cual una serie de características del recubrimiento cambian de forma drástica. Se produce un aumento de la porosidad del film de pintura, aumento de la absorción de agua, pérdida de efecto barrera frente a contaminantes exteriores, pérdida de resistencia al frote en húmedo, pérdida de brillo, pérdida de poder cubriente tanto en seco como en húmedo, etc.

Este parámetro se utiliza de forma habitual en las llamadas pinturas plásticas, pero es de vital importancia en imprimaciones anticorrosivas y de forma generalizada en cualquier tipo de recubrimiento.

Se debe tener en cuenta el PVCC en la formulación de pinturas tanto para interiores como para exteriores. En el primer caso porque la resistencia al frote en húmedo es una cualidad muy importante para considerar una pintura lavable o no. En el segundo caso las pinturas para exteriores deben aportar al film seco una protección o barrera, capaz de impedir transmisión humedades y gases procedentes del entorno ambiental hasta el sustrato.

Debemos conocer que el PVCC varía en función del grado de dispersión del sistema pigmentario; cuando aumenta el grado de dispersión aumenta también el PVCC debido a que el volumen de huecos es menor. En segundo lugar, el tipo de resina o ligante puede variar también el PVCC. Ambos motivos crean la necesidad de determinar este parámetro para cada sistema pigmentario y para cada ligante.

MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN de PVCC.

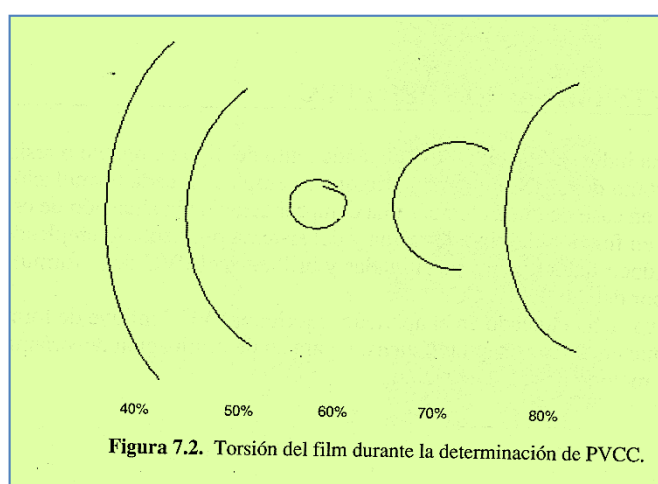
1.- Método de la tensión de secado.

Cuando una pintura o recubrimiento pasa del estado líquido al sólido se produce una contracción debida a la evaporación de todas las sustancias volátiles, lo que produce que el film de pintura seca esté sometido a una tensión que variará en función de la elasticidad del ligante, de la absorción de las cargas y pigmentos y de la composición del film, es decir en función de PVCC.

El PVCC según la composición de la pintura, se sitúa entre el 40 y el 80 %, por esta razón, formular pinturas con PVC de 40, 50, 60, 70 y 80 %. Se las deja acondicionar en el laboratorio durante 24 horas con el fin de que se produzca una perfecta humectación y estabilización de las mismas.

Sobre un soporte de PVC, polietileno o similar no absorbente, se efectuarán aplicaciones de las distintas pinturas con un aplicador de luz 200-300 micras. Las probetas recién aplicadas se cortan en tiras de 10 a 12 cm de longitud y 3 cm de ancho, se ponen de canto y se dejan secar durante un mínimo de 24 horas en las condiciones normales del laboratorio.

Se observará que las películas de pintura tienden a doblarse y transcurridas las 24 horas las deformaciones del film tienden a aumentar y luego a disminuir.



Se puede ver claramente que el film correspondiente al 60% ha tenido una deformación extrema y que conforme el PVC se aleja de este valor la deformación debida a la tensión es cada vez más pequeña. Los PVC inferiores tienden a dar menores deformaciones debido a la elasticidad de la película de pintura; las probetas correspondientes a los PVC superiores se deforman menos ya que se produce una rotura de la película debido a baja cohesión. Sería necesaria una segunda serie de ensayos con PVC entre 50 y 70% con el fin de obtener una mayor exactitud en la determinación. Se suele hacer con diferencias de PVC del 2%.

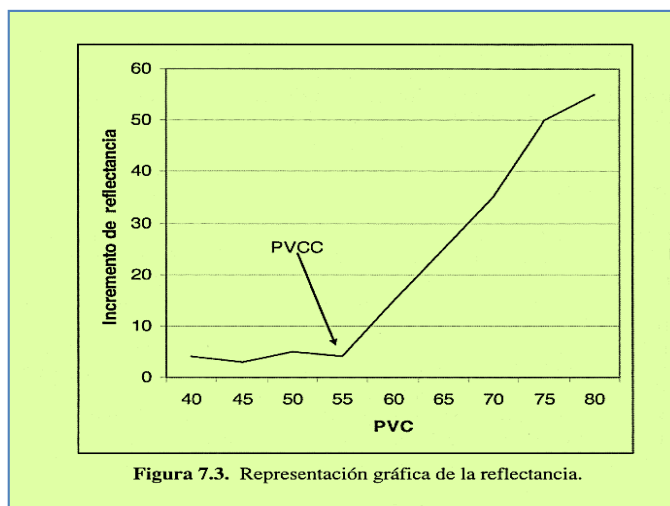
2.- Método de la *gilsonita*.

Este método se basa en la porosidad del film seco de pintura y en su capacidad de absorción de una sustancia que aporte color. Para ello se utiliza un betún natural denominado *gilsonita* o *gilsonite*, (en ocasiones también se emplea betún de Judea), cuyo punto de reblandecimiento se sitúa entre 155 °C y 165 °C.

Para efectuar el ensayo se procederá a preparar una disolución al 10% de *gilsonita* en *white spirit*. Una vez preparada, esta disolución se debe filtrar para eliminar posibles trazas de materias insolubles.

Se formulan pinturas con los intervalos de PVC que deban ensayarse, se aplican sobre sustrato no absorbente (cartulinas habituales ensayo en pinturas) con un espesor de 300 micras y se deja secar 7 días a 23 °C y 50% HR, o en su defecto durante 24 horas a 60 °C en estufa con circulación de aire. Una vez a temperatura ambiente las películas de pintura se cortarán de forma que quede un testigo de las mismas, la otra parte se sumerge en la solución de *gilsonita* durante 7 segundos e inmediatamente se limpian con *white spirit* mediante un frasco lavador hasta que no se arrastre más *gilsonita*. Se seca con paño que no deje hilos.

Se observará que según el PVC de las pinturas el matiz o la mancha de *gilsonita* es más intenso, la evaluación puede realizarse de forma visual o mejor con un reflectómetro 45°/0°. La medición de la reflectancia y su variación sobre el patrón tiene la ventaja de poder cuantificar los resultados.



Visualmente el PVCC corresponde al ensayo menos manchado. Al formular una pintura se debe adecuar el PVC teniendo en cuenta las características que esta deba tener. Se puede afirmar que el tamaño de partícula, el grado de dispersión en el proceso de fabricación, la compactación capaz de obtenerse con una determinada granulometría y el propio ligante pueden determinar una variación en el PVCC. Por este motivo los métodos de cálculo matemático para el PVCC adolecen de no tener en cuenta estas variables y por ello es necesario determinarlo experimentalmente a partir de materias primas reales.

3.- Determinación matemática del PVCC.

Debemos tener en cuenta como hipótesis de partida que el tamaño de partícula, el grado de dispersión en el proceso de fabricación, la compactación capaz de obtenerse con una determinada granulometría y el propio ligante, condicionan en gran medida la determinación del PVCC, y en los cálculos matemáticos no se suelen tener en cuenta estas variables.

La determinación matemática del PVCC se puede realizar a partir del conocimiento del índice de aceite y la densidad de cada pigmento o carga que interviene en la fórmula a partir de la expresión del PVCC:

$$\text{PVCC} = (V_p / V_p + V_{rc}) \cdot 100$$

Donde V_p : volumen del sistema pigmentario, V_{rc} : volumen de la resina necesaria para obtener el PVCC.

El volumen de pigmento se puede determinar mediante la fracción:

$V_p = P_p / \rho_p$ la densidad del sistema pigmentario se obtiene a partir de la ecuación:
 $\rho_p = [\sum (x_i / \rho_i)]^{-1}$ donde x_i tanto por uno de un componente del sistema pigmentario
 ρ_i es el peso específico de ese mismo componente del sistema pigmentario.

Si tenemos en cuenta que el PVCC es el PVC en el que todos los espacios están llenos de ligante, la cantidad de ligante se corresponde con el **índice de aceite (IA)** del sistema pigmentario.

De la misma forma que vimos antes se obtiene el índice de aceite de la mezcla pigmentaria:

$$IA_p = [\sum (x_i / IA_i)]^{-1}$$

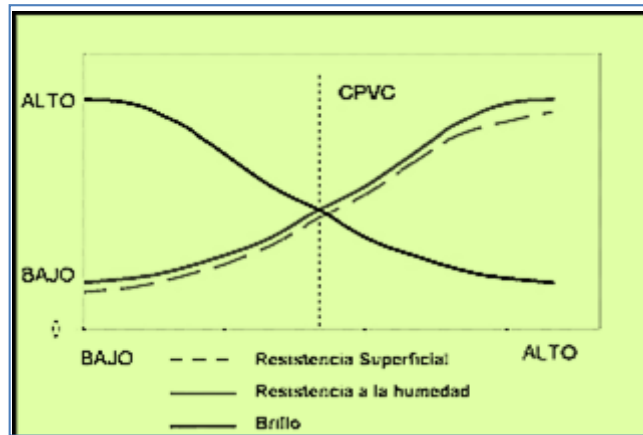
Se deberá tener en cuenta que la densidad del aceite de linaza utilizado para la determinación del **IA** es de 0,935 y que la del ligante varía entre 1,08 y 1,12.

Con estos datos podemos calcular ya el PVCC a partir de la expresión:

$$\text{PVCC} = [1 + V_{rc} / V_p]^{-1}$$

Donde $V_{rc} = (IA_p \cdot \text{densidad ligante}) / 0,935$, V_p = volumen de pigmento.

El valor obtenido es muy próximo al PVCC real.



Características de un film de pintura frente al CPVC

Cada gráfica de concentración de volumen de pigmento versus una propiedad particular del film de pintura mostrará cambios dramáticos en dirección del CPVC particular. El objetivo es no superar el CPVC.

Existe también una correlación entre el tamaño de la partícula de pigmento y el nivel de brillo del film de pintura. Una alta concentración de partículas de pigmentos traerá una reducción del nivel de brillo de la superficie del film, como contraparte una baja concentración de pigmento asociada a un fino molido del mismo producirá un film con alto brillo.

LA PVC REDUCIDA COMO VARIABLE DE FORMULACIÓN.

La PVC reducida Λ puede definirse como la relación entre la concentración de pigmento en volumen de la pintura y su valor crítico para una formulación dada, una eficiencia definida de la dispersión y un espesor de película seca especificado, tal como lo indica la ecuación dada por:

$$\Lambda = \text{PVC}/\text{CPVC}$$

Las pinturas brillantes se formulan con valores de Λ 0,05 a 0,15 para automóviles; 0,20 a 0,30 para acabados industriales de buena calidad y 0,35 a 0,55 para productos alquídicos para el hogar. Estos bajos valores aseguran la presencia de resina suficiente como para obtener una superficie brillante no interrumpida por exceso de partículas de pigmento.

Las pinturas semibrillantes (tipo hogar y obra) se formulan con valores de Λ que oscilan entre 0,60 y 0,85. Estas pinturas incluyen agentes mateantes o pigmentos de alta absorción de aceite para reducir el brillo a niveles aceptables.

Las pinturas mate se formulan con valores de Λ según el uso determinado; para mampostería exterior de 0,95 a 1,00 mientras que para mampostería interior de 1,00 a 1,10.

Las imprimaciones anticorrosivas de mantenimiento se formulan para un rango de Λ entre 0,85 a 0,95, lo que asegura una óptima resistencia a la corrosión y a la formación de ampollas.

Los fondos que se puedan lijar, deben formularse con valores de Λ comprendidos entre 1,05 y 1,15 a fin de asegurar que no haya retención de abrasivo en la película.

Las imprimaciones para madera se formulan con valores de Λ entre 0,95 y 1,05 con el objetivo de alcanzar un desempeño óptimo.

Finalmente, resulta oportuno mencionar que las modificaciones que se producen en el ligante durante el secado generan ligeros cambios en el valor del Λ inicial; en consecuencia, la PVC se incrementa en 0,0025% por cada 1% de contracción de la película.

Relación pigmento / ligante.

La relación **P/R** o proporción pigmento/resina en peso se utiliza de forma habitual en el cálculo de productos en base disolvente. Se trata de un parámetro que no define físicamente ni la composición del film ni de sus posibles características, se trata de una relación intuitiva que se utiliza frecuentemente debido a la facilidad de su cálculo.

En función de este parámetro podremos clasificar las pinturas como:

- **Acabados:** llamados en algunos casos esmaltes, son productos cuya aplicación se efectúa al final de todo el proceso de pintado y deben estar formulados para resistir el medio al que van destinados. Son productos que se formulan sin ningún tipo de cargas. La relación P/R tiene una importancia relativa ya que para el caso de los blancos puede ser 1/1 mientras que en acabados negros 1/25. La cantidad de pigmento viene determinada fundamentalmente por la opacidad del film seco.
- **Imprimaciones:** es una pintura que se aplica previamente al acabado, con el fin de proporcionar una buena adherencia sobre el soporte y unas características anticorrosivas adecuadas. Estos productos contienen cargas. Considerando el total de pigmentos y cargas la relación P/R varía entre 2/1 y 4/1.
- **Aparejos:** se trata de productos cuya misión es la de tapar pequeños defectos en la superficie a pintar. Su aplicación se realiza sobre la imprimación o en lugar de esta, lo correcto es sobre la imprimación. Estos productos se formulan con relaciones P/R entre 7/1 y 9/1.
- **Masillas:** pastas espesas y de elevada viscosidad y tixotropía, su misión es tapar defectos importantes en el soporte. Se aplican a espátula y la relación P/R puede variar grandemente entre 10/1 y 15/1.

Significado e interpretación del valor del índice de absorción de aceite.

Desde el punto de vista teórico, el índice de absorción de aceite resume los conceptos de adsorción, capilaridad, humectabilidad y los factores que influyen sobre el empaquetamiento de las partículas de pigmento.

Desde el punto de vista práctico, se interpreta como “el grado de empaquetamiento de los pigmentos compatibles con la obtención de un buen grado de dispersión”.

La conversión del valor de OA a la CPVC se realiza con las ecuaciones:

$$CPVC = (100 / \rho) / [(OA / 0,935) + (100 / \rho)] \quad \text{o bien}$$

$$CPVC = 1 / (1 + OA \rho / 93,5) \quad \text{donde } \rho \text{ representa la densidad del pigmento.}$$

Materia sólida en volumen y en peso.

La materia sólida o no volátil es el residuo de pintura que queda después del proceso de secado total de la película. Se trata de una característica que indica la capacidad de relleno de una pintura o recubrimiento. Sin embargo, es mucho más interesante la información que se obtiene de la materia sólida en volumen ya que da idea sobre la composición de la pintura o recubrimiento.

Así si el 60% del volumen de una pintura es materia sólida, si se aplica una capa de 100 micras, el film seco tendrá un espesor de 60 micras.

Determinación de diversos parámetros a partir de la formulación.

El cálculo teórico de la materia sólida se efectúa a partir de la fórmula de la pintura:

	Peso	MNV p	Densidad	Volumen	MNV v
Resina al 50% (1)	10,00	5,00	1,02	4,90	4,66
Aditivos varios(2)	1,50	0,75	1,00	0,75	0,75
Agua	38,50		1,00	43,40	
Bióxido titanio	10,00	10,00	4,00	2,50	2,50
Carbonato cálcico	40,00	40,00	2,60	15,38	15,38
TOTAL	100,00	55,75		66,93	23,29
Materia no volátil	En peso	55,75%		En volumen	34,79%

(1) La resina en forma líquida tiene una densidad de 1,02, en forma sólida 1,05

(2) Dada la diversidad de aditivos, se considera el 50% no volátiles con densidad 1,0

Una película húmeda de 100 micras una vez seca dejará un film de 34,79 micras.

Esta tabla nos permite calcular de forma teórica otros parámetros:

Materia sólida en peso: 55,75%

Materia sólida en volumen: 34,79%

Densidad de la pintura líquida. Peso/volumen: $100/66,93 = 1,494 \text{ g/ml}$

Densidad de la pintura sólida: $\text{MNV p}/\text{MNV v} = 55,75/34,79 = 1,602 \text{ g/cm}^3$

Relación P/R en peso: 10/1

Relación P/R en volumen: 3,83/1

Concentración pigmento en volumen (PVC): 79,3%

PROCEDIMIENTO OPERATIVO PARA FABRICAR PINTURA AL AGUA.

Antes de empezar cualquier diseño de pintura deben establecerse las características y parámetros que deberá cumplir el producto en cuestión, para ello es preciso establecer el tipo de pintura, las condiciones de secado, las de aplicación y las resistencias que debe tener el nuevo producto. Por ejemplo, podrían ser: pintura plástica mate para exteriores, aplicación a rodillo, color blanco, mate, viscosidad entre 200 y 300 mPa·s, poder cubriente perfecto con 40 micras en seco y el producto debe poder aplicarse en capas para espesor en seco de 50 micras sin descolgar.

Se va a obtener una pintura al agua. En este tipo de recubrimientos el agua se utiliza como diluyente ya que proporciona una serie de ventajas sobre los disolventes convencionales: bajo coste, nula toxicidad y no inflamable. Entre los inconvenientes podríamos citar inestabilidad de este tipo de pinturas, tiempos de secado, crecimiento de mohos, bacterias, etc.

Una **formulación tipo** es la siguiente:

• Resina Fastrack 2706	480,0 g
• Contrapen PR-388 (antiespumante)	2,5 g
• Calgon N 18% (secuestrante cationes)	11,0 g
• Dispersante TA-707	5,7 g
• Tritón X-405 (surfactante)	3,3 g
• Pigmento blanco (TiO ₂)	144,0 g
• Carbonato calcio 5 micras	92,0 g
• Carbonato calcio 10 micras	458,0g
• Texanol (coalescente)	20,0 g
• Metanol	20,0 g
• Agua	15,0 g

TOTAL peso pintura:

1.251,5 gramos

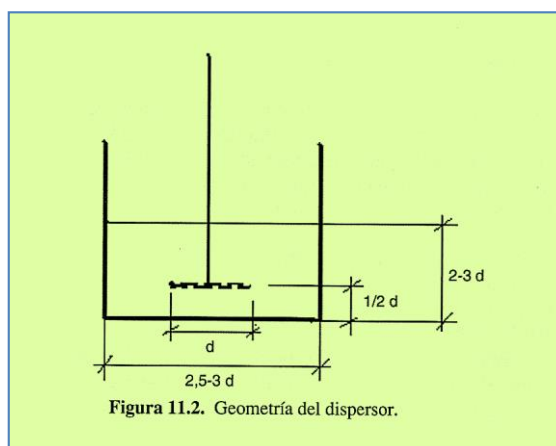
Veamos la naturaleza de las materias primas:

- **Resinas:** suelen ser insolubles en agua, pero se pueden adaptar a los sistemas acuosos mediante técnicas de emulsionado, es decir las finas partículas de polímero están dispersas en agua, pero no definitivamente disueltas.
- **Aditivos:** existen una extensa gama de aditivos para pinturas al agua. En este caso se van a emplear los siguientes: dispersante ayuda a la estabilidad de la pintura, antiespumante evita la formación de espuma en el proceso de mezcla y homogeneizado, surfactante disminuye la tensión interfacial entre el agua y las partículas de la pintura, agente secuestrante de cationes para eliminar la dureza del agua.
- **Pigmento**
- **Cargas**
- **Coalescente**, ayuda a una correcta formación de la película de pintura cuando seca.
- Agua más otro **disolvente** como metanol, etanol, para mejorar la evaporación del agua y el tiempo de secado.

La fabricación de la pintura al agua comienza con la pesada de cargas mezclándolas entre sí, en otro recipiente se pesa el pigmento (bióxido de titanio). Igualmente se pesan los disolventes o diluyentes necesarios para el completado.

Por otro lado, se pesa la emulsión de resina en agua en el tarro de fabricación y se procede a añadir en reposo únicamente 2/3 del aditivo antiespumante, al final de la fabricación se añadirá 1/3 restante.

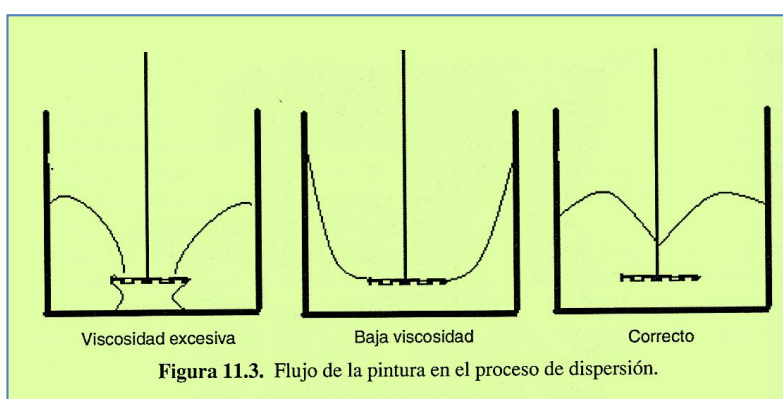
Se sitúa el tarro de fabricación en el equipo de mezclado **Dispermix** y se pone en marcha a una velocidad mínima de 1.700 r.p.m.



A continuación, se añaden los aditivos necesarios en agitación: agente eliminador de cationes, agente dispersante y agente surfactante.

Luego proseguimos con la adición gradual (lentamente) de pigmento y cargas. En el transcurso de la adición de materiales se puede subir la velocidad de agitación como máximo hasta 2.030 r.p.m. con el fin de mejorar la adición. El exceso de revoluciones o el calor generado por el esfuerzo de cizalla puede producir coagulación de la emulsión, esto supone obtener una pintura defectuosa.

Por otra parte, se debe ir añadiendo un poco de agua a la pintura para evitar que se adhiera a las paredes del tarro de fabricación y se seque. Si queda parte de las cargas por las paredes, se pueden recuperar con la espátula para que retornen a la masa de mezclado y molienda. PRECAUCION: NUNCA INTRODUCIR MANO EN TARRO DE FABRICACION Y PROTECCIÓN VISUAL CON GAFAS SEGURIDAD. USAR GUANTES Y BATA DE LABORATORIO.



Las cantidades de disolvente y resina respecto al conjunto del pigmento y cargas determinarán la viscosidad del sistema que deberá ajustarse.

Una viscosidad excesiva origina la formación de un *donut*, de forma que el esfuerzo de cizalla se ve reducido y se produce una importante incorporación de aire. Una viscosidad baja produce la formación de un cono de agitación sin cizalla e inclusión de aire; la viscosidad adecuada produce en la parte superior una curvatura totalmente convexa que en ningún caso debe llegar al disco de agitación.

Realizada totalmente la adición de las cargas, se deja un tiempo de dispersión de 10 minutos a 1.700 r.p.m. pasado este periodo se procede al completado en el siguiente orden. Primero se añade el agente antiespumante restante y se baja la velocidad de agitación (caso que se hubiera subido), luego el coalescente y los disolventes metanol y resto agua, llegando en su caso al mínimo de 1.700 r.p.m. Se baja el árbol de agitación, dejando aproximadamente 1 minuto en agitación. Se para el equipo *Dispermix*, se levanta el árbol de agitación y se envasa rápidamente la pintura tapando envase. Ver anexo sobre fabricación en laboratorio.

Procedimientos matemáticos para calcular composiciones adecuadas de base de molienda.

SISTEMA GUGGENHEIM.

Para un determinado tamaño de cubas de producción Guggenheim desarrolló una expresión empírica relacionando:

- Vehículo sólido S (contenido en sólidos del vehículo)
- Viscosidad del vehículo η
- Absorción en aceite del pigmento **OAc**

Para obtener una relación óptima en peso vehículo/pigmento o W_v/W_p

$$W_v/W_p = (0,9 + 0,0069 \cdot S + 0,025 \cdot \eta) \text{ OAc}/100$$

SISTEMA TAYLOR.

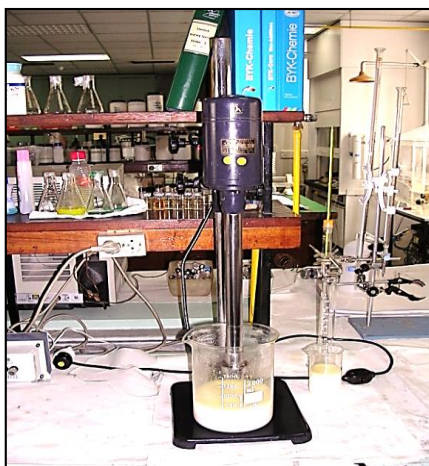
Para vehículos del 40% o menos de contenido en sólidos se cumple de forma más satisfactoria la ecuación:

$$W_v/W_p = (1,1 + 0,025 \cdot S) \text{ OAc}/100$$

Taylor sugiere que el contenido en sólidos del vehículo deberá de estar en el rango comprendido entre el 20 y 35% para una óptima dispersión.



Mezcladora de laboratorio "tipo dispermix" para fabricación de pinturas.



Dispersador tipo Ultra- Turrax

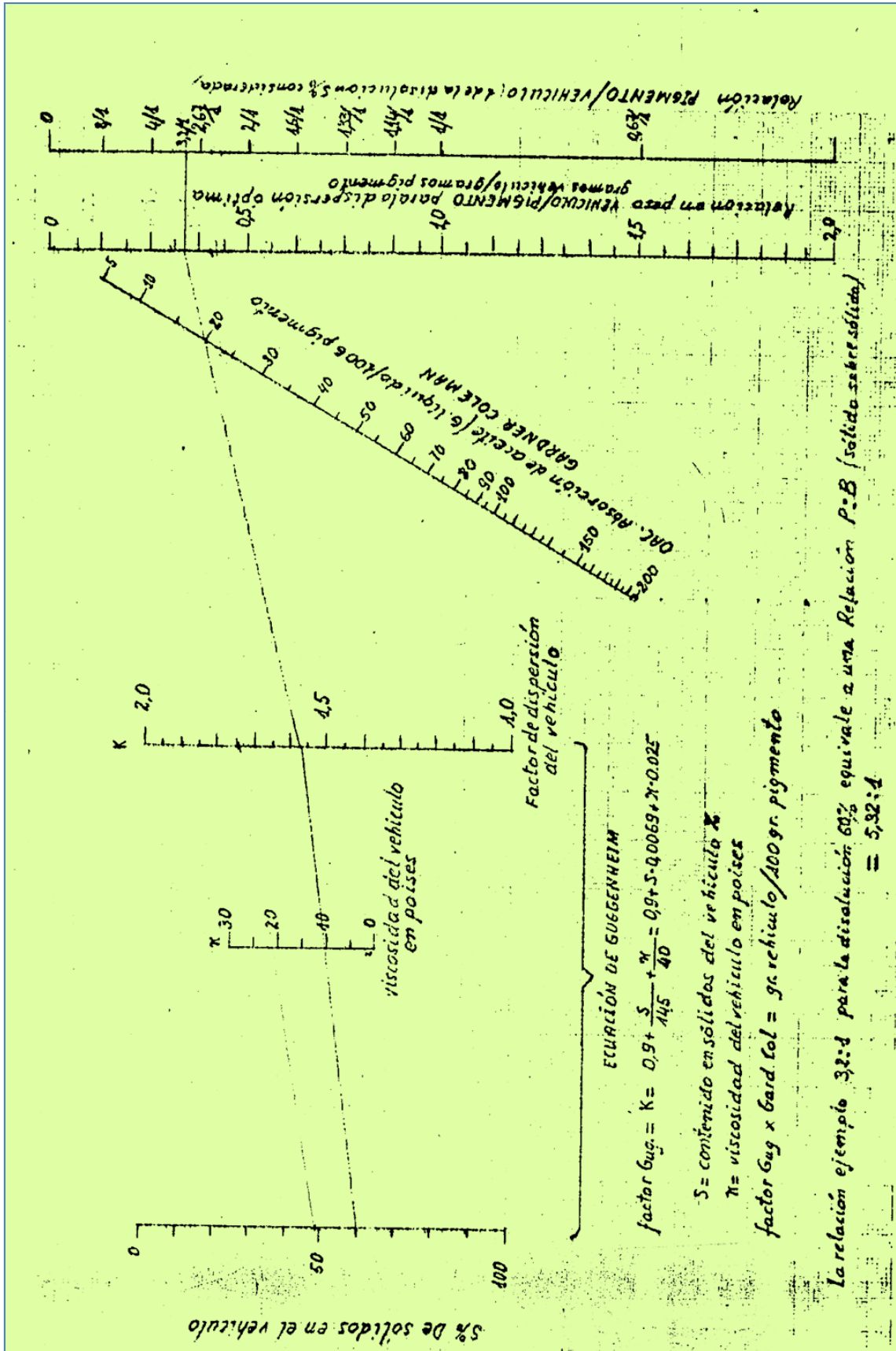
Formulación de la composición de la base de molienda.

Una base de molienda altamente viscosa se puede formular de diversas maneras: usando un vehículo de alta viscosidad, usando una carga elevada de pigmento o una combinación de estas dos. Debemos tener en cuenta una serie de consideraciones al respecto; los vehículos muy viscosos penetran muy lentamente en los intersticios de las partículas (humectan mal), una alta concentración en carga proporciona un empaquetamiento compacto de las partículas, lo que implica mayor dilatancia que si las partículas están sueltas.

La experiencia demuestra que la mínima cantidad de ligante a considerar está en torno al 15% (por debajo de este valor la dispersión es inestable). Además, durante la dilución posterior se puede presentar la dificultad de mantener el grado de dispersión inicial. Esta posibilidad sugiere un rango óptimo entre el 20 – 35% en peso de ligante (no volátil) y añadir el pigmento para dar una base de molienda de una viscosidad entre 30 y 40 poises.



Molino de bolas industrial



FÓRMULA TÍPICA de pintura al agua decorativa para interior según:

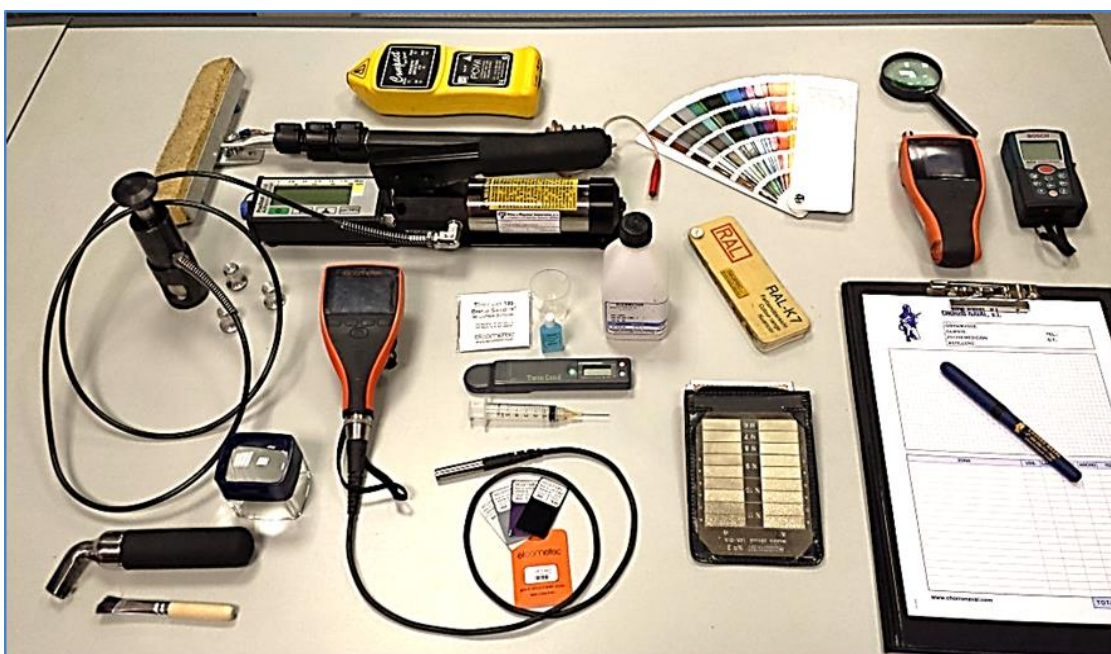
UNE 48243:2016, vigente 30 / 03 / 2016. Pinturas y barnices. Pintura plástica en dispersión acuosa, mate, para interiores.

UNE-EN 13300:2023, vigente 28 / 06 / 2023. Pinturas y barnices. Pinturas y barnices para paredes y techos interiores. Clasificación.

Componentes/función	Partes en peso	
	Tipo II	Tipo I
Agua desmineralizada (disolvente)	312	300
Hidroxietilcelulosa (M _w 30.000, modifica viscosidad)	5	4
NaOH al 10% (neutralizar pH del sustrato)	1	1
Polifosfato de sodio al 10% (Humectante)	5	5
Sal sódica de poli metacrilato (Dispersante)	2	2
Bióxido de titanio (pigmento)	80	85
Socal [®] P2 (carbonato calcio p.pdo. Fino)	150	120
Calcita 5 micras (carga)	270	315
Talco 5 micras (carga)	50	40
ACRONAL [®] 290D (Dispersión acrílica estirenada)	110	100
<i>White spirit</i> (coalescente retarda evaporación agua)	5	4
TEXANOL [®] (Coalescente)	6	7
Completar con agua a un total de	1000	1000
Contenido en sólidos:	aprox. 61%	aprox. 61%
CPV	aprox. 79,5 %	aprox. 81%
Blancura (DIN 53778)	aprox. 93,7	aprox. 90,6
Relación de Contraste	con 200 micras 98,8%	con 150 micras 98,2%
Resistencia al frote en húmedo con película de 100 micras en seco.	>5000 ciclos	>1200 ciclos
Desgaste según EN 13300	15 micras	44 micras
Se corresponde con	clase 2	clase 3

ENSAYOS de CONTROL DE CALIDAD en pinturas y afines.

Existen innumerables métodos, normas y ensayos para verificar si una pintura reúne o no las exigencias deseadas. Entre las normas más conocidas y utilizadas se encuentran las normas UNE – EN – ISO, DIN, normativa y metodología ASEFAPI, o las ASTM entre otras. Aunque en algunos casos, ciertas industrias, como la del automóvil, industria naval, industria aeroespacial, industria naval, la industria de la madera o incluso la construcción y obras públicas, dictan sus propias normas y certificados sin contravenir en ningún caso con las generales. Como ensayos generales y normalizados para toda la industria de la pintura se encuentran entre otras, las siguientes características a controlar o inspeccionar.



<https://chorrnaval.com>

Como ensayos generales y normalizados para toda la industria de la pintura, tanto en envasado como en control de pintura líquida como en control de película seca se encuentran entre otras las siguientes características a determinar:

Conservación en el envase. Estabilidad en almacenaje.

Viscosidad o consistencia

Densidad o peso específico

Porcentaje de sólidos en volumen

Rendimiento superficial específico

Dureza superficial de película

Extracto seco o materia no volátil

Identificación del vehículo fijo

Finura de dispersión

Grado de adherencia

Comportamiento al doblado en mandril cilíndrico y cónico

Ensayo de embutición

Resistencia a la corrosión. Niebla salina, otros agentes.

Resistencia a la humedad y en general, al medioambiente.

Durabilidad

Resistencia al gravillonado

Color y brillo

Resistencia al agua y otros agentes químicos

Poder cubriente

Resistencia al frote en húmedo

Extensibilidad

Nivelado y descolgamiento

Control de espesores de película húmeda y de película seca.

Abrasión Taber

Medida de la tensión superficial

**ENSAYO: CONTENIDO DE PRODUCTO, ESTADO DE CONSERVACIÓN EN EL ENVASE.
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE.**

OBJETO: Se verifica el estado de conservación de barnices, pinturas y afines en sus envases originales. También se determina en ocasiones la estabilidad de la pintura en su almacenaje en envases total y parcialmente llenos en las condiciones de ensayo: **UNE 48083:1992, vigente 30/12/1992. Pinturas y barnices. Conservación y estabilidad en el envase.**

Normas generales para muchos ensayos en los que haya que realizar extensiones sobre un soporte se debe consultar las normas en vigor sobre:

Pinturas y barnices. Probetas normalizadas para ensayo: UNE-EN ISO 1514:2017, vigente 05 / 07 / 2017.

Pinturas y barnices. Probetas normalizadas para ensayos. (ISO 1514:2016).

Pinturas y barnices. Toma de muestra: UNE-EN ISO 15528:2021, vigente 16 / 06 / 2021

Pinturas, barnices y materias primas para pinturas y barnices. Toma de muestras. (ISO 15528:2020).

Pinturas y barnices. Examen y preparación de las muestras para ensayo: UNE-EN ISO 1513:2010, vigente 20 / 10 / 2010. Pinturas y barnices. Examen y preparación de las muestras para ensayo. (ISO 1513:2010).

Temperaturas y humedades de acondicionamiento y ensayos: UNE-EN 23270:1993, vigente 22/01/1993. Pinturas, barnices y sus materias primas. Temperaturas y humedades para acondicionamiento y ensayo. (ISO 3270:1984). (Versión oficial EN 23270:1991).

Todas las pinturas y barnices presentarán con el almacenamiento, cierta separación de sus componentes más ligeros de los más pesados. En las pinturas, ciertos pigmentos sedimentan hasta formar un poso duro, mientras que otros forman un depósito blando. Esta propiedad determina en parte la vida de la pintura en el envase. La vida en el envase de ciertas pinturas es limitada, además, por la tendencia de su vehículo a coagular o gelificar bajo condiciones de almacenamiento prolongado. Este defecto no se debe confundir con las propiedades altamente tixotrópicas de ciertos vehículos que se vuelven homogéneos y fluyen con facilidad cuando se agitan.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO.

Se toman normalmente dos envases originales, con capacidad preferiblemente entre 500 y 1000 ml y se acondicionan a 23 °C durante 24 horas. Se observa sobrepresiones o vacío en el interior del envase, presencia de pieles en la superficie de la pintura, corrosión del envase, olores anormales (putrefacción o fermentación). Con una espátula de unas características determinadas por la norma UNE 48083, se comprueba la presencia de depósitos o sedimentos, pellejos y coágulos. Colocando la espátula en posición vertical y sin apretar se comprueba la presencia o no de sedimento y su facilidad de incorporación a la pintura. En función de esto se definen cinco estados de conservación de la pintura; desde **ESTADO 0** (no sedimento, suspensión perfecta) hasta **ESTADO 5** (sedimento duro e imposible de incorporar a la pintura).

En ocasiones también se verifica la **ESTABILIDAD del producto envasado**. Se somete el envase a periodos de almacenamiento y a las condiciones de temperatura o ciclos de temperatura que se establezcan en las especificaciones del producto o que hayan sido acordadas por las partes interesadas. Por ejemplo, ciclos de calor y frío midiéndose la viscosidad o consistencia antes y después del ensayo, comprobándose que no ha habido una variación apreciable.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO.

En este caso parece bastante evidente que una pintura que no presente una CONSERVACIÓN EN EL ENVASE correcta tendrá una muy difícil homogeneización, una composición de formulación no adecuada y en resumen una baja calidad del producto.

La aptitud al almacenamiento está compuesta por tres propiedades básicas: *resistencia a la sedimentación* o estabilidad de la emulsión, *resistencia a la gelificación* es la tendencia del ligante a polimerizar de forma espontánea en algunos puntos formando pequeños coágulos en el seno de la pintura (geles) o películas secas en la superficie (pieles), *resistencia al incremento de la viscosidad*, es la mayor o menor facilidad de una pintura para ir polimerizando lentamente en toda su masa no en puntos aislados, esto se pone de manifiesto con un incremento paulatino de la viscosidad.

La pintura en envase lleno y recientemente abierto será fácilmente homogeneizable por agitación con espátula según norma. Se incorporará fácilmente el sedimento, caso de existir. Después de agitada no presentará coágulos, ni depósitos duros, ni tampoco se observará flotación de pigmentos.

La pintura no aumentará su consistencia en más de 10 unidades Krebs, al cabo de seis meses de permanecer almacenada en envase herméticamente cerrado a temperatura ambiente; así como tampoco se formarán pieles, geles ni depósitos duros. La pintura será fácilmente homogeneizable por agitación con espátula según norma.

La pintura se aplicará a brocha sin dificultad, poseerá buenas propiedades de nivelación de la superficie, y no tendrá tendencia a descolgarse cuando se aplica sobre superficie vertical.

También consultar las normas:

UNE 48253:1992, vigente 21 / 09 / 1992. Pinturas y barnices. Determinación de la cantidad de producto en un envase.

UNE 48097:2001, vigente 28 / 07 / 2001. Pinturas y barnices. Estabilidad a la dilución.

Dos equipos para la homogeneización de pinturas y similares:



Agitador-homogeneizador Red-Devil



Dispersador para pinturas.

ENSAYO: DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO / DENSIDAD EN PINTURAS.

OBJETO: Calcular la densidad, por el método del picnómetro, de una muestra de pintura. Se calcula la densidad a partir de la masa del producto contenido en el picnómetro y el volumen conocido y aforado del mismo. Se la suele llamar más correctamente **Peso específico** (g/ml o kg/L).

Norma UNE-EN ISO 2811-1:2023. Vigente 20 / 12 / 2023. Pinturas y barnices. Determinación de la densidad. Parte 1: Método del picnómetro. Es fundamental acondicionar la muestra en el laboratorio en C.N. de temperatura y humedad, normalmente 23 ± 2 °C y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa y someter los envases a un homogeneizado adecuado antes de proceder a la toma de muestra.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Se llena con especial cuidado un picnómetro metálico de 50 o 100 ml (previamente aforado con agua desionizada o destilada a una temperatura de 23 °C) con el producto a ensayar y se pesa en balanza analítica. Es conveniente realizar la determinación al menos por duplicado y tener el envase de pintura muy bien homogeneizado. La densidad en gramos/ml se redondea con una aproximación de 0,001 g/ml. En las especificaciones técnicas de fabricantes de pinturas se suele expresar solo con dos cifras decimales.

Es muy importante en este ensayo el llenado correcto del picnómetro (recipiente cilíndrico metálico con tapa), su limpieza y la temperatura.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO: el peso específico (densidad) es una característica propia de la pintura y por tanto debe comprobarse siempre que se diseña un nuevo tipo, también en cada fabricación, ya que cualquier diferencia en una materia prima, en la etapa de formulado o en el producto final se manifiesta en un cambio en la densidad. Así por ejemplo un peso específico demasiado alto indica la presencia de un exceso de pigmentos o cargas minerales, o una falta de disolvente y/o ligantes (resinas, polímeros), un valor demasiado bajo indicaría lo contrario.

Para hacernos una idea las densidades en resinas están entorno 0,9 a 1,1 g/ml; para los disolventes 0,8 a 1,0 y para los pigmentos 0,9 a 7,0. Según estos datos la diferencia en la densidad difícilmente puede indicar que se haya añadido o que falte una cantidad de resina, o que se haya utilizado una resina en lugar de otra ya que todas tienen densidades muy parecidas. Lo mismo podemos decir para los disolventes, tampoco podemos detectar posibles errores mediante esta variable. Por el contrario, los pigmentos tienen valores de peso específico muy diferentes, por ejemplo 0,9 para el negro de humo 4,0 para el dióxido de titanio y 7,0 para el minio de plomo. En este caso pequeños errores en las cantidades formuladas de pigmentos pueden ser detectados por diferencia en la densidad. Dado que se trata de un atributo relacionado con la naturaleza de la pintura es necesario conocer su valor para otros ensayos, así como para el control de contenido de los envases.

ENSAYO: DETERMINACION DE LA MATERIA NO VOLATIL.

INTRODUCCION: también se denomina materia sólida, materia fija, extracto seco, es la materia no volátil contenida en una emulsión de polímero. Las especificaciones de cada pintura indican la tolerancia, que suele ser de $\pm 1\%$, la temperatura y tiempo a que debe efectuarse el ensayo, la **norma de referencia para este ensayo es UNE-EN ISO 3251:2020. Vigente 19 / 02 / 2020. Pinturas, barnices y plásticos. Determinación del contenido en materia no volátil. (ISO 3251:2019)**. El contenido en extracto seco de un producto no es una cantidad absoluta, sino que depende de la temperatura y el tiempo de calentamiento utilizados para el ensayo. Una fuente de error en el secado de la pintura a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 1 hora de duración según norma es que en estas condiciones suele suceder que las pinturas de secado al aire pierden total o parcialmente algunos componentes que a temperatura ambiente (20 a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) quedarían en la película aditivos, disolventes, etc. por ello es mejor efectuar el secado a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 7 días. El resultado en otras condiciones se obtiene más rápidamente, pero es solo aproximado.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta que solamente se pueden obtener valores relativos, no exactos del contenido en MNV, debido a la retención del disolvente, a la descomposición térmica y a la evaporación de los constituyentes de baja masa molecular. Para lotes de un mismo tipo de productos sería comparable. Los métodos de secado con radiación infrarroja o microondas en ocasiones producen descomposiciones y no dan resultados correctos. Es fundamental acondicionar la muestra en el laboratorio en C.N. de temperatura y humedad y someter los envases a un homogeneizado adecuado antes de proceder a la toma de muestra. Se puede determinar de dos formas: calculado sobre los componentes en fórmula, es decir, como valor en % en peso que sale de restar los disolventes no reactivos y agua que contiene la fórmula o experimentalmente según lo indicado en la norma.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

La determinación se hace por diferencia de pesadas. En primer lugar, se tara un platillo de aluminio o una cápsula tipo Petri P_1 conforme norma, se pesa una cantidad de pintura que suele estar definida entre $0,5$ y 1 g de emulsión P_2 . Se coloca en estufa de convección a una temperatura habitual de $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora o hasta pesada constante, como máximo 2 horas y se pesa de nuevo P_3 . La diferencia $P_3 - P_1$ es la cantidad de materia sólida. La diferencia $P_2 - P_1$ es el peso inicial de pintura tomado. Por tanto, la materia no volátil en % es: $P_3 - P_1 / P_2 - P_1 \times 100$. Las condiciones de secado temperatura, tiempo conviene sean las que sufrirá en la realidad. Para pinturas de secado al aire podrían tomarse condiciones más reales como $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 7 días.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

Nos sirve para controlar la uniformidad de distintos lotes de fabricación, la estabilidad con la temperatura, etc. Podría considerarse como aproximadamente el contenido en ligante, cargas y pigmento. El contenido en MNV tiene importancia comercial y técnica en este sentido su conocimiento tiene relación con la opacidad o capacidad de la pintura para tapar un fondo y con el contenido de volumen de disolvente que tendrá que evaporarse durante el pintado y por tanto del valor que se tendrá que asignar a ciertos parámetros para conseguir que esa evaporación tenga lugar sin problemas. La materia sólida o no volátil como se ha comentado es el residuo de pintura que queda después del proceso de secado total de la película.

Se trata de una característica que indica la capacidad de relleno de una pintura o recubrimiento. En todo caso hoy en día se está más interesado en la información que proporciona la materia sólida en volumen ya que nos da indicación sobre el espesor que se obtiene de película seca. Es fácil de determinar y suele venir en la ficha técnica de casi todos los productos. Es un dato muy habitual en fichas técnicas que nos orienta sobre la cantidad de producto que queda depositado una vez ha endurecido el recubrimiento y determinante en la calidad de protección de la superficie recubierta. Todas las pinturas y barnices líquidos contienen como vehículo disolvente o agua que les permite fluidificar sus componentes para poder ser aplicados, estos diluyentes se evaporan durante el proceso de secado salvo cuando estos son reactivos y quedan formando parte de la película endurecida.

En alguna ocasión he visto el dato como materia sólida en volumen, aunque es un dato muy deseable porque nos orienta sobre el espesor que queda en el sustrato, no es posible obtenerlo de forma calculada y muy difícil y poco preciso de forma empírica. La densidad de los sólidos depende de su compactación y sin una relación volumen peso exacta no podemos obtener el volumen de materia sólida. De forma empírica como espesor residual sobre espesor aplicado es muy difícil obtener por tratarse de un valor de micras, y además requeriría una uniformidad de aplicación muy exacta. Entiendo que cuando nos dan este dato se refiere a un valor de materia sólida en peso para un volumen de producto que es una expresión equivalente a peso de materia sólida sobre peso producto.

El tipo de barniz o pintura nos orienta sobre los sólidos que contiene, aunque para saberlo con exactitud debemos consultar su ficha técnica, una clasificación orientativa puede ser la siguiente: 100% sólidos, pinturas en polvo, sistemas de curado UV exentos de estireno y algunos sistemas epoxy. Entre 70 y 100% considerados como "altos sólidos": imprimaciones sintéticas, epoxy, poliésteres redox y UV con estireno, pinturas plásticas y revestimientos, etc. Entre 30 y 70% considerados como "normales" pinturas sintéticas, acrílicas, clorocauchos, etc. Por debajo del 30% consideradas como "bajos sólidos" nitrocelulosas, imprimaciones fosfo-cromantes, etc.



Picnómetros metálicos para pinturas



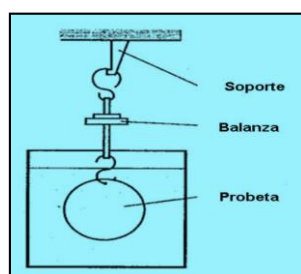
Platillos de aluminio para MNV

ENSAYO: DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE SOLIDOS EN VOLUMEN DE UNA PINTURA.

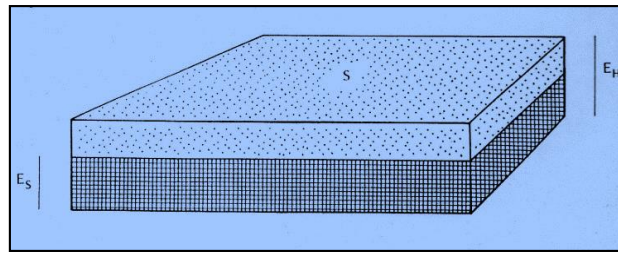
El porcentaje de sólidos en volumen de una pintura, también conocido como *Materia Fija en Volumen, volumen de sólidos, fracción sólida* u otras denominaciones es una característica de suma importancia práctica y económica. Se realiza conforme a **UNE-EN ISO 3233-1:2020. Vigente 03 / 06 / 2020. Pinturas y barnices. Determinación del porcentaje en volumen de materia no volátil. Parte 1: Método que utiliza una probeta recubierta para determinar el contenido de la materia no volátil y la densidad de la película seca según el principio de Arquímedes. (ISO 3233-1:2019).**

Define este parámetro como el porcentaje en volumen, del residuo obtenido cuando el producto es secado según un ciclo tiempo/temperatura especificado y referido al volumen inicial de producto. Es fundamental acondicionar la muestra en el laboratorio en C.N. de temperatura y humedad y someter los envases a un homogeneizado adecuado antes de proceder a la toma de muestra. Pintar no es otra cosa que recubrir una superficie determinada con una película de pintura de un cierto espesor, es decir, pintar es aplicar un cierto volumen de pintura sobre una superficie dada. Parte de los componentes de la pintura se evaporan, en su caso y la película seca está formada únicamente por los compuestos no volátiles. Si se conoce el porcentaje de sólidos en volumen de una pintura, es fácil calcular a partir del mismo, una serie de parámetros de gran importancia económica como son: rendimiento de una pintura en $m^2/litro$, coste de la aplicación en $€/ m^2$, consumo de pintura para una superficie determinada en litros totales o en $litros/m^2$. La pintura se aplica en espesores determinados de película y seca en unas condiciones que en ocasiones están controladas (pintado en cadena y secado en horno) y otras veces no (pintado a la intemperie y secado al aire). El valor del porcentaje de sólidos en volumen de una pintura o recubrimiento, no solo depende de la composición de la pintura, sino también del espesor con que se aplica y de las condiciones en las cuales seca y forma película. Los métodos de determinación en laboratorio deben reproducir de la forma más parecida posible las condiciones prácticas de aplicación. Una vez aplicada la pintura sobre el sustrato, se producen dos fenómenos simultáneos y complementarios:

- La evaporación de los componentes volátiles, mayormente disolventes, incluyendo el agua en las pinturas al agua.
- La formación de la película seca, que puede involucrar reacciones químicas.



Supongamos que sobre una superficie S aplicamos una capa de pintura que en el momento de la aplicación tiene un espesor e_h (espesor en húmedo) y que una vez seca tiene un espesor e_s (espesor de película seca).



Considerando matemáticamente el proceso, se tiene: $V_h = e_h \cdot S$ volumen de pintura recién aplicada. Asimismo: $V_s = e_s \cdot S$ para el volumen de pintura en seco. V_s será menor que V_h (excepto en los productos que no contienen componentes volátiles) y la relación entre ambos volúmenes es la proporción de sólidos en volumen de la pintura:

$V_s/V_h \times 100$ esta ecuación también se puede poner de la forma: $e_s \cdot S / e_h \cdot S \times 100$

- **%S.V. = $e_s / e_h \times 100$** el porcentaje de sólidos en volumen de una pintura o recubrimiento es equivalente a la proporción entre el espesor de película seca y el espesor de película recién aplicada expresado en porcentaje.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

En una primera aproximación podría parecer fácil, si conocemos la fórmula del producto, sabremos que componentes son volátiles y cuáles no. Deduciendo el volumen de componentes volátiles del total de la fórmula, nos quedará el volumen de los componentes fijos que formarán la película seca. Expresado en tanto por ciento esta relación de componentes obtenemos el porcentaje de sólidos en volumen. Sin embargo, la fiabilidad de este cálculo es muy baja en general. Las razones para estas diferencias son las siguientes:

- Los componentes volátiles (disolventes o agua en su mayor parte) casi nunca se evaporan en su totalidad, quedando pequeños porcentajes de los mismos retenidos en la película. Ello es particularmente cierto para disolventes poco volátiles y para determinados tipos de resinas tales como acrílicas, ciertas formulaciones epoxi, caucho clorado, etc. En cuanto al agua, la velocidad de evaporación y el porcentaje de retención de la misma, se ve grandemente afectado por la humedad ambiental.

- El empaquetamiento de los componentes de la película seca nunca es del todo compacto, quedando espacios vacíos rellenos de aire en el interior de la película. En películas con alto contenido en pigmento y cargas, especialmente por encima de su concentración crítica de pigmento en volumen (caso de pinturas anticorrosivas, ricas en silicatos zinc), el porcentaje de volumen vacío puede ser muy importante.
- Existen compuestos como las breas, determinados hidrocarburos, diluyentes reactivos, etc. que son parcialmente volátiles y cuya volatilidad depende de las condiciones de aplicación, por lo que cuando se hace el cálculo no pueden considerarse ni como completamente volátiles, ni como totalmente no volátiles, lo cual introduce un importante grado de incertidumbre.
- En las pinturas de secado por reacción química (pinturas alquídicas, epoxi, poliuretano, etc.), se producen reacciones que comportan apreciables variaciones de volumen en la película seca.
- La temperatura de secado influye mucho en el valor final, ya que de ella depende la volatilidad de los disolventes y su retención en la película, que el empaquetamiento sea más o menos compacto, así como el grado de reticulación en las pinturas de secado químico.
- El espesor de película también influye en los factores mencionados en el apartado anterior. A mayor espesor mayor retención de disolvente y empaquetamiento menos compacto.

Como en los controles habituales análisis de pintura por terceros, control de recepción en laboratorio del usuario, ensayos homologación, marca N, etc. no se conoce la composición cualitativa ni cuantitativa del producto, no es posible el cálculo mencionado y es necesario realizarlo experimentalmente de acuerdo a un procedimiento normalizado.

La forma de operar consiste en determinar la masa y el volumen de un disco que es recubierto con el producto a ensayar; después del secado, se determina de nuevo la masa y el volumen del disco recubierto. Los volúmenes son calculados a partir de pesadas al aire y sumergido el disco en un líquido de densidad conocida. La masa y el volumen de la película seca se calculan a partir de las masas y los volúmenes del disco obtenidos antes y después de ser recubierto con la muestra.

El volumen de la película húmeda aplicada sobre el disco se calcula a partir de la densidad y la materia fija en peso o materia no volátil. El cociente entre el volumen de película seca y el volumen de producto líquido correspondiente, multiplicado por 100 será el porcentaje de materia fija en volumen de la muestra.

Puesto que como se ha dicho el porcentaje de sólidos en volumen es equivalente a la proporción existente entre espesor de película seca y el espesor de película recién aplicada un método de medida muy sencillo y aproximado podría ser: aplicar la pintura con un espesor regular y uniforme sobre una superficie perfectamente lisa.

Utilizando un aplicador mecánico tipo *Dr. Blade* o similar y un soporte de metal o vidrio. Medir el espesor de película de pintura en húmedo recién aplicada con medidor tipo peine, *rulina* o similar. Dejar secar la pintura durante el tiempo especificado a la temperatura normal de secado. Medir mediante método destructivo o no destructivo espesor de película seca. Dividir el espesor seco entre el húmedo y multiplicar por 100, realizarlo con varios espesores y promediar un número de veces. Pero hay poca precisión en la medida de espesores en húmedo.

Veamos de forma somera el método operativo basado en la norma citada. Como premisas previas deben observarse las siguientes:

- La pintura debe homogeneizarse y acondicionarse convenientemente antes de efectuar cualquier determinación, cuidando que todo sedimento blando quede bien incorporado. Para ello es conveniente utilizar un agitador-homogeneizador tipo *Red Devil* o similar que permite realizar la operación a envase cerrado, con lo que se evitan pérdidas de componentes volátiles.
- Si la muestra de pintura presenta pieles, sedimentos duros, grumos y otros defectos que no quedan bien incorporados u homogeneizados, deben desecharse.
- Si la pintura es de dos componentes, debe realizarse previamente la mezcla de ambos en cantidad suficiente para que la pérdida de componentes volátiles durante las manipulaciones a realizar sea mínima y prácticamente despreciable frente al volumen total de pintura manipulado, usar una mezcla mínima de 500 ml, tapar y agitar.
- Después de la homogeneización y la mezcla, la pintura debe dejarse reposar durante el tiempo necesario para que libere el aire atrapado en la agitación.
- Proceder a operar como indica la norma UNE 48090 aptdo. 6, el ensayo se realizará al menos por triplicado para asegurarse su reproducibilidad.
- En general como líquido de inmersión suele emplearse agua destilada con agente tensoactivo apropiado, pueden emplearse aceites minerales (número Kauri-butanol menor de 36 hidrocarburos de bajo poder disolvente) o queroseno, aceite de silicona, etc.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO.

El conocer el % **SV** de una pintura sirve para controlar el espesor de pintura “húmeda” recién aplicada en una obra determinada, conociendo el espesor de película seca especificado a partir de la ecuación anterior.

Por ejemplo, si tenemos que aplicar una capa de una pintura que tiene un porcentaje de sólidos en volumen del 60%, a un espesor final de película seca de 100 micras, el espesor de película húmeda a aplicar será: $e_h = 100 \cdot 100 / 60 = 167$ micras. Controlando con un instrumento adecuado (peine, *rulina*, etc.) que el espesor de película recién aplicada se encuentre entre 150 y 175 micras, aseguraremos que el espesor final sea el deseado, sin

tener que esperar a que la película seque y cosa más importante, podremos introducir las correcciones oportunas sobre la marcha, en el mismo momento de la aplicación. En segundo lugar, el porcentaje de sólidos en volumen sirve para calcular el rendimiento teórico de una pintura aplicada sobre una superficie lisa, mediante la ecuación:

$$\text{Rendimiento teórico (m}^2\text{/litro)} = \% \text{ S.V.} \times 10 / \text{espesor película seca en micras.}$$

En el caso de la pintura anterior para un 60% de sólidos en volumen y un espesor de película seca de 100 micras, el rendimiento teórico es de 6 m²/litro, a partir de aquí se pueden hacer cálculos de consumos, precios/m², etc.

Cálculo de rendimientos.

Es difícil hacer un cálculo exacto de la cantidad de pintura que se va a necesitar para una aplicación determinada. Uno de los factores que afectan mucho al rendimiento práctico es el tipo de superficie de acero o de otro sustrato que se va a pintar ya que no es lo mismo pintar estructuras metálicas (superficies discontinuas), que grandes tanques de almacenamiento (superficies continuas grandes); que las estructuras sean pesadas, medianas o ligeras; que parte del trabajo puede realizarse en el suelo o después del montaje, etc. Por la abrasión propia del chorreo, las superficies chorreadas requieren más consumo de pintura.

Otro factor que influye son las condiciones de la aplicación ya que cuanto mayor sea la facilidad con que los operarios puedan realizar los trabajos y su seguridad, tanto mayor es la posibilidad de aumentar el rendimiento.

Además, hay que tener presente que, en la práctica, siempre se producen pérdidas de pintura (un envase que se cae; otro que se dejó catalizado la tarde anterior y al reanudar los trabajos se había gelatinizado; envases desechados sin agotar el contenido; formación de pieles, etc.), sin olvidar que parte de la pintura queda adherida al propio envase.

Aunque se puede dar una orientación sobre el rendimiento teórico de la pintura partiendo del contenido de sólidos en volumen de la fórmula, esto no es práctico puesto que está basado en el supuesto ideal en que la aplicación se efectúe en superficies completamente lisas y sin producir goteos u otras pérdidas. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento teórico} = \% \text{ sólidos en volumen} \cdot 10 / \text{espesor seco } (\mu\text{m}) = \text{m}^2/\text{L}$$

(Si el resultado obtenido se divide por el peso específico de la pintura, se obtendrá el rendimiento en m²/Kg).

El porcentaje de sólidos en volumen de una pintura es el volumen de los sólidos (materia fija) existente en 100 volúmenes de pintura. Puede determinarse experimentalmente de una forma muy sencilla: con un aplicador tipo BAKER, se aplica un espesor conocido de la pintura objeto de ensayo sobre una probeta de acero laminado en frío lo más lisa posible y perfectamente limpia, dejándola secar convenientemente. Cuando la película haya endurecido, se mide el espesor seco. El porcentaje de sólidos en volumen vendrá dado por la expresión ya conocida:

$$\% \text{ sólidos en volumen} = \text{espesor seco} \cdot 100 / \text{espesor húmedo}$$

(El espesor húmedo viene determinado por el propio aplicador BAKER).

Además de las causas antes mencionadas pueden existir otras que influyan en la pérdida de pintura durante la aplicación (presencia de viento cuando se realiza a pistola, por ejemplo) o que disminuyan su rendimiento. Una estimación de estas pérdidas, según el método utilizado en la aplicación, puede ser la siguiente:

<i>Método de aplicación</i>	<i>Rdto. teórico</i>	<i>Pérdida de pintura</i>	<i>Rdto. práctico</i>
Pistola sin aire	100 %	20-40 %	80-60 %
Pistola con aire	100 %	30-50 %	70-50 %
Brocha/Rodillo	100 %	10-20 %	90-80 %

ENSAYO: DETERMINACION DEL PODER CUBRIENTE DE UNA PINTURA.

El poder cubriente (*hidding power*) también llamado opacidad, es la capacidad de pigmentos y cargas para tapar las diferencias de color del fondo que debe cubrirse. Su determinación se puede realizar visualmente o mediante fotómetros, reflectómetros, etc. En ocasiones se determina la relación de contraste de la pintura aplicada sobre cartulinas con fondo blanco y negro.

Está muy relacionado con el índice de refracción del pigmento o carga, cuanto más elevado es el índice de refracción mayor es el poder de cubrición del pigmento o carga. Para verificar la opacidad de una pintura debe hacerse siempre en condiciones iguales y con garantía de repetibilidad. La aplicación más correcta se obtiene con aplicadores de cuatro caras y en cartulinas no absorbentes. Se suelen emplear las **normas UNE-EN ISO 6504-3:2021. Vigente 07 / 04 / 2021. Pinturas y barnices. Determinación del poder cubriente. Parte 3: Determinación del poder cubriente de pinturas para albañilería, hormigón y uso en interiores. (ISO 6504-3:2019). También las normas: UNE 48034:1980. Poder cubriente por comparación de recubrimientos orgánicos y UNE 48035:1982. Vigente 15 / 09 / 1982. Poder cubriente en húmedo de pinturas y esmaltes. También UNE 48259:1992. Aunque no está en vigor desde 2023. Pinturas y barnices. Determinación de la relación de contraste. Método de la cartulina.**

Se trata de conocer el número de metros cuadrados de superficie que pueden cubrirse con 1 LITRO de pintura, uniformemente aplicada, para alcanzar una relación de contraste de 0,98 (mínima cantidad de pintura necesaria para no apreciar visualmente el sustrato sobre el que se aplica, convenientemente preparado, en su caso).

La relación de contraste se define como el cociente entre la reflectancia de una película seca de pintura, medida sobre un sustrato negro y la reflectancia de esa misma película medida sobre un sustrato blanco. Se trata de encontrar ese mínimo espesor de pintura que nos hace desaparecer el contraste entre la zona blanca y la zona negra de la cartulina de ensayo. Si nos pasáramos en el espesor de pintura la reflectancia sobre zona negra y zona blanca sería la misma y el cociente nos daría 1,00 y no 0,98. Este valor límite de reflectancia se llama REFLECTIVIDAD. El poder cubriente y la relación de contraste se obtienen a partir de valores de reflectancia medidos mediante un reflectómetro sobre películas de espesor conocido utilizando las ecuaciones de Kubelka-Munk.

Los pigmentos deben tener índices de refracción mucho más altos que la resina aglomerante para cubrir por refracción y reflexión. Cuanto más pequeño es el tamaño de las partículas del pigmento, mejor es el cubrimiento hasta un cierto valor óptimo.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Sobre cartulinas blancas y negras se extienden cuatro espesores diferentes, habitualmente 100 micras, 200 micras, 300 micras y 400 micras, se deja secar la pintura, se mide la reflectancia en la zona blanca y en la zona negra y mediante una fórmula se obtiene la *reflectividad*. A continuación, se vuelven a extender los mismos espesores, pero ahora sobre cartulinas completamente negras y se mide la reflectancia y el espesor

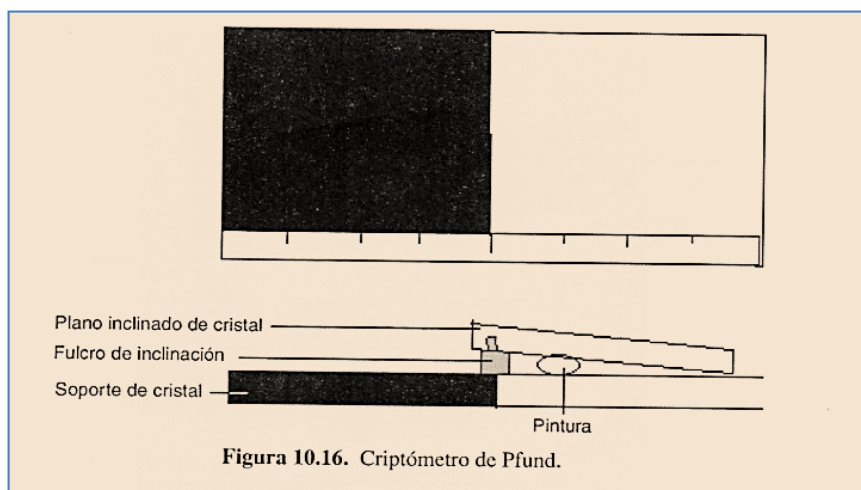
de película húmeda y mediante otra serie de cálculos obtenemos el poder cubriente para una relación de contraste de 0,98.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

El poder cubriente tiene una influencia decisiva en el rendimiento práctico de una pintura, como es fácilmente perceptible. Cuanto mayor poder cubriente tenga una pintura, menos espesor se necesita para no ver el sustrato, es decir menos pintura necesitamos para cubrir una superficie dada. El poder cubriente es aproximadamente proporcional al espesor de la película de pintura y al contenido en pigmentos hasta un cierto punto próximo al poder de cubrimiento compacto. El poder cubriente varía con el tipo de vehículo. Normalmente los pigmentos muestran un poder cubriente más alto con los vehículos de índice de refracción más bajo. Cuanto menor es la relación de contraste más bajo es el poder cubriente. No se debe confundir con el rendimiento práctico de aplicación.

Podemos realizar una determinación más sencilla de la relación de contraste con la norma **UNE 48259. Pinturas y barnices. Determinación de la relación de contraste. Método de la cartulina**. Norma no actual, pero referente para determinaciones sencillas y rápidas.

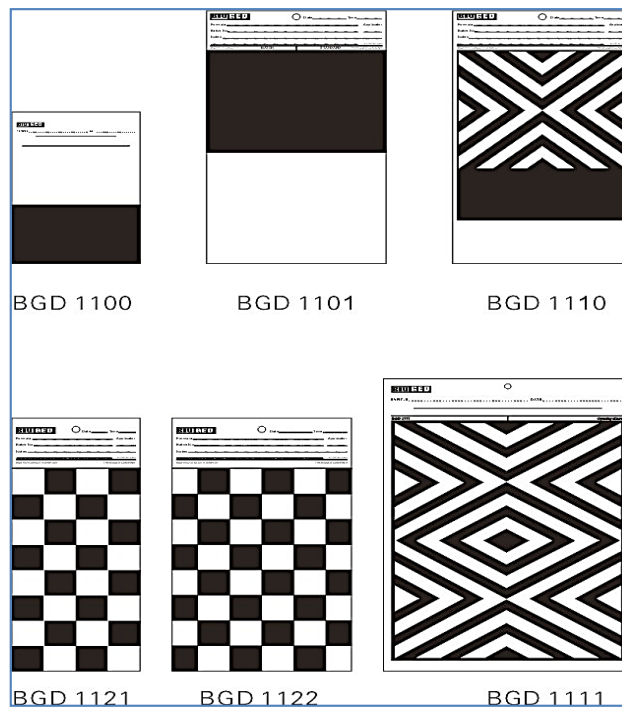
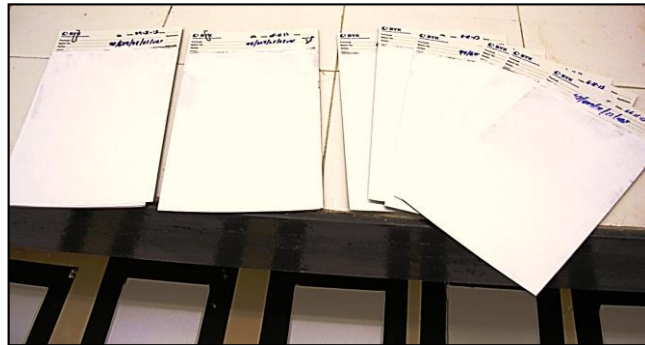
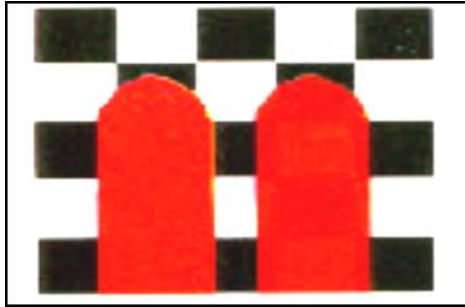
Para determinar la **capacidad de cubrición de una pintura líquida** en forma de película húmeda se emplea el aparato denominado **criptómetro de Pfund**. El equipo viene con una tabla en la que la lectura efectuada en la placa base nos indica directamente la cubrición en m²/litro. Presenta el siguiente aspecto:



Otro equipamiento instrumental de amplio uso es el **OPACIMETRO**. Como sabemos la relación de contraste o poder cubriente de una pintura o recubrimiento es la relación entre la reflectancia difusa sobre fondo negro y la reflectancia difusa sobre fondo blanco, expresada en tanto por uno o tanto por ciento, por lo que en ocasiones se llama de forma más precisa **reflectómetro**.

La pintura puede ser aplicada sobre una superficie con áreas blancas y negras o sobre una lámina de poliéster y las mediciones se realizan sobre un fondo negro (tapa negra del opacímetro) y sobre un zócalo cerámico blanco (baldosa).

Las normas específicas de poder cubriente con este equipo son: ISO 2814, ISO 6504 y BS 3900.



EJEMPLO DE FICHA DE TOMA DE DATOS PARA PODER CUBRIENTE:

INTA
DEPARTAMENTO DE MATERIALES
DIV. CORROSION Y PROTECCION
 Laboratorio de Pinturas

Muestra

HOJA DE RESULTADOS

Poder cubriente y relación de contraste. INTA 16 02 62

$T_k = \frac{\text{espesor en seco } (\psi)}{\text{Rel. contracción}} = \frac{1.000}{\text{m}^2/\text{N}} = \text{ml/m}^2 = \boxed{}$ μm
 $T = \frac{10^4 \cdot P}{M_f \cdot D \cdot A}; A = \boxed{32,17 \text{ cm}^2}$ \rightarrow *Rendimiento elegido*
 \rightarrow *Un caso particular, para una plantilla concreta.*

Película	Cálculo de la Reflectancia sobre sustr. negro (R _s)		Cálculo del Espesor húmedo (T)		Cálculo del Coeficiente de espesamiento (S)		Relación de contracción = ϵ/T	
	Media de lecturas	R _s (media: 0,8881)	P (g)	T (ψ)	ST $\frac{S \cdot T}{2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1}$	S (ψ ⁻¹) $(= \frac{ST}{T})$	Esesor seco ε (ψ)	
1
2
3
4

Cálculo de la Reflectividad (ρ_∞) sobre cartulina cubierta

R _{negro}	R _{blanco}
.....
Lecturas
Media
Media · 0,8881

$\rho_{\infty} = \frac{R_{\text{negro}} + R_{\text{blanco}}}{2} = \boxed{}$

Cálculo de la Relación de contraste (C) sobre cartulina cubierta

Σ =
Σ T _k =

$C = \frac{\Sigma}{\Sigma T_k} = \boxed{}$ para

$V_{0,98} = \frac{\rho_{\infty}}{A_{0,98} \cdot \bar{S}} = \boxed{}$ m²/l

Comprobación cuando podemos separar la película de la cartulina y medir luego un espesor de película seco (ε)

Rel. de contracción = $\frac{\epsilon}{T} = \boxed{}$

ENSAYO: DETERMINACION DEL RENDIMIENTO SUPERFICIAL ESPECÍFICO.

OBJETO: vamos a evaluar el rendimiento expresado como la superficie media de un determinado sustrato, que puede ser cubierta con una sola capa, por unidad de volumen o masa de la pintura, mediante un procedimiento definido, en condiciones prácticas de aplicación. Norma empleada **UNE 48282:2017, vigente 13 / 09 / 2017. Pinturas y barnices.**

Evaluación del rendimiento superficial específico.

El rendimiento superficial específico (RENDIMIENTO EN SUPERFICIE PARA UNA CAPA DE PRODUCTO), no solo depende de las características intrínsecas de la pintura sino también del estado superficial del soporte sobre el que se realiza la aplicación. Este rendimiento está afectado en la práctica por: porosidad y rugosidad del sustrato, espesor de la capa de pintura (variable en función del sistema de aplicación), viscosidad del producto en el momento de su aplicación y experiencia del aplicador.

El rendimiento superficial específico es una de las características de una pintura que ayuda a establecer criterios de elección, ya que permite establecer la cantidad de producto para la aplicación de cada capa, sobre una superficie dada. No debe confundirse con el poder cubriente, que indica la aptitud de un producto para ocultar por opacidad, después del secado el sustrato. En ocasiones el sustrato se puede acordar entre las partes; otros sustratos pueden ser fibrocemento, yeso-papel, etc.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Se emplea como sustrato una lámina de cartulina blanca de gramaje aprox. 224 g/m², de dimensiones 1 m x 0,70 m.

Previamente se recubre con el producto a ensayar; para productos blancos se tiñe con un 2% de tinta o colorante universal de color ocre-amarillo. El ensayo se debe realizar en las condiciones normales del laboratorio 23 °C ± 2 °C y 50% ± 5% de humedad relativa.

Se toma un recipiente de vidrio con cierre hermético se pesa con una determinada cantidad de pintura y una brocha tipo *paletina* en granatario o balanza con precisión de 0,5 g. Posteriormente se aplica el producto sobre la probeta colocada verticalmente, asegurando un reparto uniforme de la pintura y cubriendo por cuadrantes la cartulina, de forma que obtengamos un espesor homogéneo, sin descuelgues, ni sobre-espesores y evitando al máximo la pérdida de producto por goteo, salpicaduras, etc. Inmediatamente de pintar la cartulina se pesa de nuevo. Se calcula el rendimiento por el cociente entre la superficie de la cartulina y la masa de pintura depositada (m²/kg) o mediante la densidad en m²/ litro. El ensayo se realiza como poco por triplicado y en ocasiones por varios analistas.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

Conociendo este dato es posible calcular el coste de aplicación (euros/ m²), el consumo de pintura para una superficie determinada en litros totales o en litros/ m², etc. Normalmente, este dato se incluye en las fichas técnicas de los fabricantes. Siempre es conveniente definir el sustrato sobre el que se aplica, si exige una imprimación previa, el método de aplicación de la pintura, las condiciones de secado, etc. Con este dato también se contrasta la autenticidad del valor indicado por el fabricante en el envase, en las condiciones de ensayo especificadas.

CONSIDERACIONES SOBRE LA DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO DE UNA PINTURA LÍQUIDA Y LA DENSIDAD DE SU PELÍCULA SECA.

La densidad de la pintura en estado líquido ya sabemos cómo se determina, pero es interesante conocer su relación con otro parámetro técnico de importante utilidad como es la densidad de la película seca del recubrimiento (DPS).

La densidad de película seca en general, será superior a la densidad de pintura líquida para el porcentaje de sólidos en volumen habitual en pinturas y afines.

La DPS en gramos/cm³ se define como el cociente entre la masa media en miligramos de película seca dividido por el volumen de la zona de película seca tomada, es decir superficie en mm² multiplicada por el espesor medio de película seca en micras, y multiplicado todo ello por 1000 para obtener las unidades deseadas. Ver norma **UNE-EN ISO 11998:2007. Vigente 30 / 05 / 2007. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia al frote en húmedo y de la aptitud al lavado de los recubrimientos. (ISO 11998:2006).**

A partir del conocimiento del contenido en materia no volátil de una pintura y del porcentaje de sólidos en volumen podemos llegar a establecer una relación aproximada entre densidad o peso específico de la pintura líquida y la DPS. Si tenemos en cuenta que:

Densidad pintura (DPL) = masa pintura líquida / volumen de pintura

Densidad Película Seca (DPS) = masa pintura seca / volumen ocupado por esa masa de pintura

Para una superficie de control determinada o geometría establecida podríamos deducir:

Masa pintura seca = masa de pintura líquida multiplicado por % de Materia No Volátil

Volumen película seca = volumen de pintura líquida x % Materia Fija en Volumen

Según esto **DPS ~ DPL · (MNV/MFV)** nos da una aproximación razonable; conociendo la densidad pintura líquida, su contenido en materia no volátil y sólidos en volumen se podría conocer el valor de la densidad de película seca para una superficie de geometría dada y rendimientos determinados.

ENSAYOS EN PINTURA HÚMEDA: MEDIDA DEL ÍNDICE DE NIVELACIÓN Y TENDENCIA AL DESCUELQUE

MEDIDA DEL ÍNDICE DE NIVELACIÓN. UNE 48043:1984, vigente 15 / 12 / 1984.

Pinturas y esmaltes. Índice de nivelación.

OBJETO:

Se establece un método para determinar las propiedades de nivelación de pinturas y esmaltes. El índice de nivelación es una medida de la capacidad de una película húmeda de pintura para, mediante las deformaciones necesarias, eliminar de su superficie cualquier irregularidad producida en el proceso de aplicación. Nos indica el espesor mínimo aplicable de una pintura para conseguir que la superficie se nivele. Tiene relación con una propiedad física denominada tixotropía.

Una definición simple de este término sería la propiedad que muestran ciertos fluidos por la que disminuyen su viscosidad al someterse a una velocidad de cizalla constante a lo largo del tiempo. Esta propiedad se aprovecha en la aplicación de pinturas y barnices para evitar el descuelgue o movimiento del producto sobre la superficie. Cuando aplicamos una fuerza de cizalla durante su aplicación por diferentes métodos (pistola, brocha o rodillo), la viscosidad de un producto tixotrópico disminuye mejorando su fluidez y nivelación superficial, para una vez está en reposo recuperar la viscosidad original evitando que se mueva o descuelgue. Una viscosidad mayor en reposo dentro del envase también ayuda a evitar el poso de cargas y pigmentos.

Obtenemos esta propiedad en las pinturas y barnices añadiendo ciertos aditivos durante la dispersión de sus componentes que son seleccionados según el tipo de producto y la polaridad del sistema.

Para observar el resultado de esta característica se realiza un ensayo con unos aplicadores específicos para esta finalidad con los que se extienden horizontalmente una serie de franjas de diferente espesores del producto sobre un soporte que posteriormente se sitúa de forma en vertical observando a que espesor se produce el descuelgue y la calidad de nivelación superficial obtenida.

Se suele confundir tixotropía con alta viscosidad, para comprobarlo basta agitarlo o moverlo con una espátula y observar si se produce una disminución significativa de su viscosidad que se recupera al parar de hacerlo.

La nivelación de la pintura tiene que ver con la aplicabilidad, que es la facilidad de una pintura para ser aplicada mediante el sistema más adecuado, quedando con un aspecto y unas características determinadas según el tipo y propiedades de la pintura. Los defectos que se suelen comprobar en la aplicación de una pintura son: descolgados, formación de estrías, marcas de brocha, uniformidad de color y brillo, velados, veteado de superficie, separación de pigmentos, eflorescencias, goteo en la aplicación por inmersión, etc.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Se utiliza el aplicador de nivelación según norma, compuesto por cinco pares de muescas de profundidades decrecientes. Como sustrato se emplea un tipo de cartulina de 285 x 195 mm, de color blanco con una banda central negra de 140 mm paralela a la dimensión menor.

Con ayuda de un aplicador automático se deposita la pintura, quedando cinco pares de líneas paralelas que pueden llegar a juntarse o a juntarse y nivelarse. Previamente es necesario homogeneizar la muestra y realizar la aplicación en las condiciones normales de temperatura y humedad del laboratorio (23 °C, 50% HR), dejando secar la cartulina en posición horizontal. Se toma como índice de nivelación de la muestra, el número correspondiente al último par de bandas que lleguen a unirse y nivelarse, numerando dichos pares de 2 a 10 en el sentido de mayor a menor espesor. Si las bandas se unen parcialmente, o totalmente, pero sin llegar a nivelarse, se disminuye en una unidad el valor de la nivelación. La observación se realiza sobre la zona central de la cartulina.

En resumen, el valor 2 sería el peor índice de nivelación y valor 10 el mejor.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

La nivelación es frecuentemente una característica deseada de la pintura para que la película endurecida sea de una superficie lisa, sin surcos de pinceles, gotitas por pulverización y otras asperezas; defectos todos ellos que alteran el aspecto superficial de la película y que originan variaciones en el espesor de recubrimiento, alteraciones de brillo y en resumen un mal acabado.

ENSAYO DE LA TENDENCIA DE DESCUELGO.

OBJETO:

Se establece un método para determinar las propiedades de descuelgo de pinturas y esmaltes. El índice de descuelgo nos indica el máximo espesor, en húmedo, que se puede aplicar por capa sin que se produzca un descolgamiento de la pintura. Es un valor independiente de la temperatura ya que, si bien al aumentar ésta la pintura tendrá una viscosidad más baja, por lo que tenderá a descolgar con más facilidad, también se producirá una evaporación más rápida del disolvente y por tanto tendrá un tiempo de secado inferior (en su caso, tiempo de reticulación menor) que contrarrestará el efecto de la viscosidad. Este tipo del comportamiento de flujo no se puede detectar, o solo difícilmente, con viscosímetros. **Normas de consulta INTA 160288 y UNE-EN ISO 16862:2007, vigente 23 / 05 / 2007. Pinturas y barnices. Evaluación de la resistencia al descuelgo. (ISO 16862:2003).**

Cuando se aplica una pintura sobre una superficie vertical puede ocurrir que su cohesión sea vencida por la fuerza de la gravedad y se formen gotas de pintura que van escurriendo hacia abajo. En este caso se dice que la pintura “descuelga”. El descolgado es un defecto tan frecuente que en las especificaciones de calidad de una pintura es frecuente encontrar evaluaciones de la propensión al mismo por parte de la pintura.

La tendencia a descolgar de una pintura depende de: su viscosidad y tixotropía, la naturaleza del ligante, el contenido en disolventes y volatilidad. Los fenómenos de

descolgado también están determinados por: el espesor de la película aplicada, el método de pintado, el estado de la superficie a pintar, la temperatura, las condiciones ambientales.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

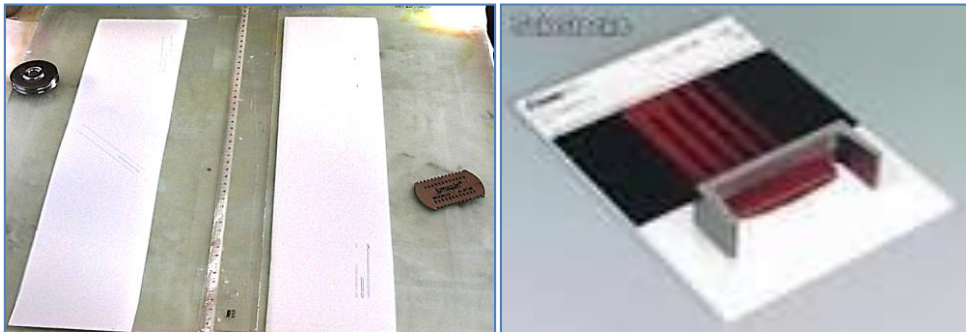
Se dispone una cartulina del mismo tipo que la empleada para el ensayo de nivelación sobre el extendedor automático, se ubica el aplicador de muesca múltiple según norma, la primera muesca tiene una luz de 75 micras y 300 micras la última, la luz de las intermedias aumenta a razón de 25 micras, en cada una. Se toma por índice de descuelgue, el número correspondiente a la primera banda que llega a tocar a la inmediata inferior, numerando estas del 1 al 10, en el sentido de menor a mayor espesor. Se hace la observación en la banda central de la cartulina. Después de realizar la aplicación hay que colocar inmediatamente la cartulina en posición vertical de forma que la banda de mayor espesor quede en la parte inferior.

Índice de descuelgue 1 sería el peor e índice de descuelgue 10 el mejor.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

El descuelgue, al contrario que la nivelación, se considera como un defecto de la pintura, que se produce especialmente en superficies verticales, bordes y esquinas.

Los efectos conocidos usualmente como “lágrimas, arrugamiento y gotas” caracterizan este fenómeno perfectamente.



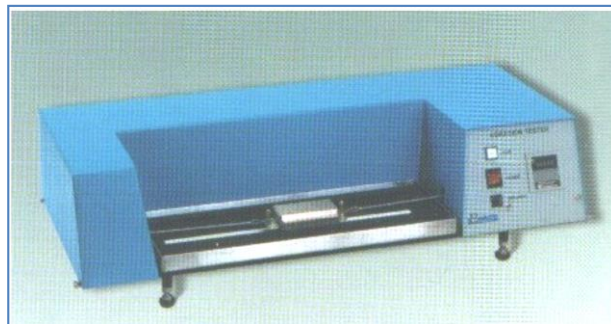
ENSAYOS EN PINTURA APLICADA Y SECA. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL FROTE EN HUMEDO.

OBJETO: es un valor que interesa de forma especial conocer para el caso de pinturas acrílicas al agua para interior. Determina de forma drástica su resistencia a ser limpiadas con frote sobre un paramento vertical.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Se realiza una serie de ciclos de frote sobre una probeta preparada en condiciones especificadas y con un determinado líquido de lavado. La norma que se sigue es:

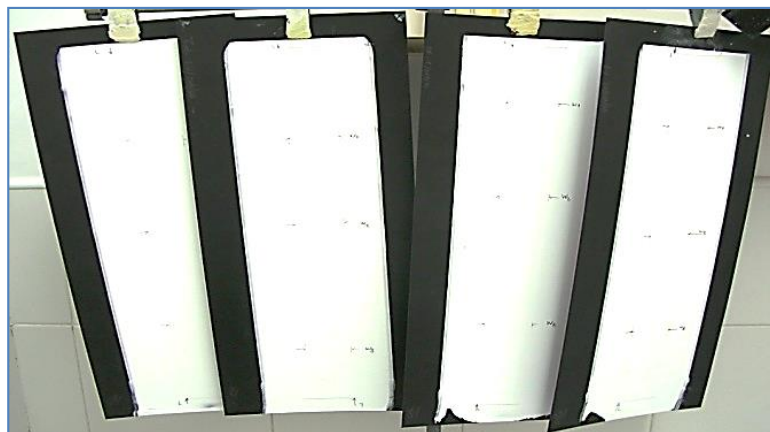
UNE-EN ISO 11998:2007. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia la frote en húmedo y aptitud al lavado de los recubrimientos.



IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

En función del tipo de pintura y de su resistencia al frote, se distingüendos tipos de pintura,

- **Tipo I:** pérdida de espesor después de 200 ciclos no superior a **45 micras**
- **Tipo II:** pérdida de espesor después de 200 ciclos no superior a **20 micras**



PINTURA APLICADA Y SECA. ENSAYOS DE ADHERENCIA.

Los recubrimientos deben adherirse satisfactoriamente al sustrato donde son aplicados. En la práctica se emplean tres procedimientos de ensayo diferentes para la determinación de la resistencia de las pinturas y recubrimientos al ser separados de los sustratos:

Ensayo de corte enrejado. UNE-EN ISO 2409:2021, vigente 23 / 06 / 2021. Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado. (ISO 2409:2020). Éste método especifica el procedimiento para determinar la resistencia a la adherencia de las pinturas y recubrimientos al ser separados del sustrato, realizando cortes en ángulo recto sobre el recubrimiento y penetrando hasta el sustrato. Este método se usa para un rápido ensayo de pasa / falla. Cuando se aplica un sistema multicapa, se ha de determinar la resistencia a la adhesión de cada capa del recubrimiento individualmente y entre capa y capa.

Ensayo de adherencia al rayado.

Este método de ensayo sirve para evaluar la adherencia de recubrimientos orgánicos tales como pinturas, barnices y lacas, cuando son aplicados sobre superficies lisas y planas. El ensayo de dureza al rayado, es útil para la clasificación de series de paneles recubiertos que muestran significativas diferencias de adherencia. Los materiales a ensayar, se aplican con un espesor de capa uniforme en chapas de metal planas y de textura uniforme. Después del secado, se determina la adherencia, desplazando la chapa por debajo de un punzón o cincel redondeado, el cual, es cargado con pesas hasta que el recubrimiento se desprenda del sustrato.

Ensayo de adherencia por tracción.

La adherencia de un sistema de recubrimiento unicapa o multicapa de pintura, barniz o productos similares, se determina midiendo la mínima tensión o fuerza necesaria para desenganchar o romper el recubrimiento en dirección perpendicular al sustrato.

Este método maximiza la fuerza en vez de emplear la velocidad, que aplican otros métodos tales como la adherencia al rayado, obteniendo resultados que no son comparativos. El ensayo se realiza pegando una sufridera perpendicularmente a la superficie del recubrimiento. Después que el pegamento se ha secado, el aparato de ensayo se fija y alinea en la sufridera, para aplicar una fuerza perpendicular a la superficie de ensayo. La fuerza aplicada se va incrementando gradualmente hasta que una parte del material se ha desenganchado o se ha alcanzado un valor de fuerza predeterminado. **Adherencia por tracción** se realiza con ayuda de un dinamómetro y sujeta- probetas especiales. Según norma **UNE-EN ISO 4624:2024, vigente 17 / 01 / 2024. Pinturas y barnices. Ensayo de adherencia por tracción. (ISO 4624:2023).**

Ensayo de adherencia por tracción, medidor electrónico KN-10 NEURTEK. El medidor de adherencia electrónico KN-10 le permitirá tener valores objetivos y precisos de la adherencia del recubrimiento, directamente en la escala de fuerza, huyendo de la subjetividad de los métodos visuales.

Instrumento electrónico de precisión, de indicación digital, para ensayo de adherencia de recubrimientos de pintura, capas galvánicas y materiales de construcción, utilizando sufrideras de diámetro 20 y de diámetro 50 mm respectivamente.

El ensayo se realiza del siguiente modo: se adhiere una sufridera a la superficie a estudiar realizando un corte en la capa alrededor de la misma para su aislamiento. Se coloca el instrumento sobre ella y, mediante el giro de una rueda, se va ejerciendo mayor fuerza de arranque de manera progresiva. Cuando se produce el desprendimiento, el *display* electrónico muestra en pantalla la fuerza ejercida en el momento de despegue.

Tiene interesantes aplicaciones tales como: Adherencia de pinturas y revestimientos de fachadas, enlucidos de interiores, baldosas y tratamientos pétreos, así como para conocer con precisión la idoneidad de los pre-tratamientos, de los métodos de limpieza de superficies y de los productos utilizados.



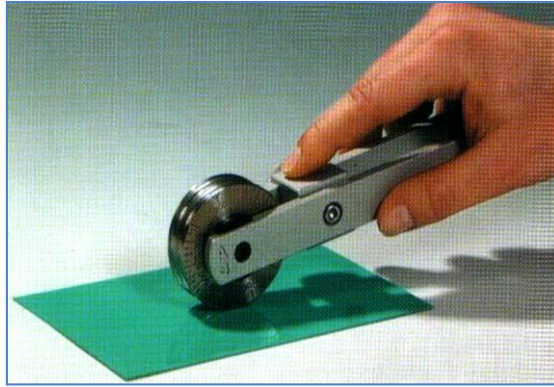
METODO DE CORTE POR ENREJADO.

OBJETO: Se especifica un método de ensayo (corte por enrejado) para evaluar la resistencia que ofrece un revestimiento de pintura a ser separado de su sustrato al realizar incisiones que alcancen dicho sustrato, en forma de red cuadrada a través del revestimiento. La propiedad medida mediante este método empírico de ensayo depende entre otros factores de la adherencia del revestimiento bien al sustrato o bien a la capa anterior a este. Puede aplicarse como un ensayo “pasa/ no pasa” o como un ensayo de clasificación en seis categorías.

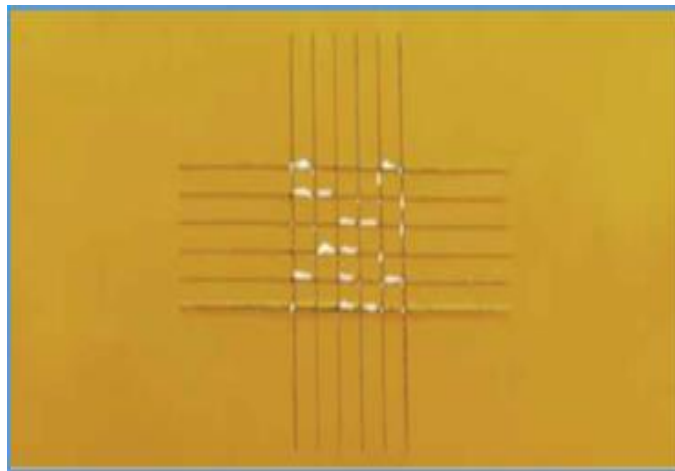
Podemos definir a la adherencia como la fuerza de enlace existente entre una película seca de pintura y el sustrato sobre el que se encuentra aplicada. El método más común para determinar el grado de adherencia es el ensayo de corte enrejado. Consiste en realizar, sobre la superficie seca, dos cortes cruzados y perpendiculares, con un útil que incorpora una cuchilla especial con seis filos. Se forma así un enrejado de 25 cuadros. Posteriormente, se cepilla la cuadrícula y se observa si se han producido desconchados en los ángulos. El ensayo se puede hacer aún más riguroso, recubriendo la cuadrícula con una cinta autoadhesiva y después desprendiéndola con un movimiento rápido. Dependiendo del comportamiento de los cortes, se establece una clasificación según norma.

Con sistemas multicapa, este procedimiento operativo permite, igualmente, realizar una evaluación de la resistencia que ofrecen las capas del revestimiento a ser separadas entre sí. El ensayo se puede hacer sobre productos acabados o sobre muestras preparadas al efecto. El ensayo puede llevarse a cabo sobre sustratos duros (acero) o blandos (madera, yeso, etc.).

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO: Se aplican películas uniformes de pintura, con ayuda de un extendedor automático, sobre diversos tipos de soportes (p.e.: cartulinas normalizadas, placas de aluminio, placas de chapa, fibrocemento, aglomerado de madera, yeso-papel, etc.), para obtener espesores en seco en el entorno de 100-140 micras, dejando secar en las condiciones normales del laboratorio (23 °C, 50% HR). A continuación, con la cuchilla de filos múltiples normalizada para corte por enrejado se realiza el corte en forma de cuadrícula, se pasa un cepillo en dirección diagonal o cinta adhesiva para quitar los trozos desprendidos en su caso y se valora el área de corte con ayuda de una lupa iluminada. Se clasifica **el grado de adherencia desde 0** (cortes con bordes lisos, nada se ha desprendido) **hasta grado 5** (área desprendida superior al 65%). En la norma existen unas imágenes de los distintos grados de deterioro para comparación visual.



IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO: Este ensayo nos proporciona información acerca de la calidad de la pintura, de su compatibilidad con la superficie a pintar, de una buena o mala preparación de la superficie antes de pintar, de la adherencia entre capas de imprimación y la inmediata, adherencia entre capas, etc. En suma, la adherencia de un recubrimiento sobre la base es de suma importancia tanto para el comportamiento mecánico como para la protección anticorrosiva.



Dado que se realiza una inspección visual por parte del operador es conveniente consultar la norma: **UNE-EN ISO 13076:2020, vigente 03 / 06 / 2020. Pinturas y barnices. Iluminación y procedimiento para las evaluaciones visuales de los recubrimientos. (ISO 13076:2019).**

MEDIDA DE COLOR Y BRILLO. ENSAYOS DE SOLIDEZ.

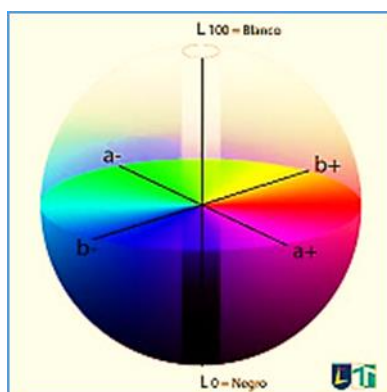
ENSAYO: MEDIDA DEL COLOR EN PINTURAS.

INTRODUCCIÓN:

El fenómeno del color se produce cuando una fuente de luz incide sobre un objeto y parte de esa luz es absorbida y el resto reflejada, siendo esta última la que somos capaces de ver. Una fuente de luz es una radiación electromagnética que se caracteriza por una longitud de onda, siendo las visibles para nosotros las que se encuentran entre los 400 y 700 nm. En el proceso de visualización de los colores el ojo convierte las ondas electromagnéticas en impulsos nerviosos que son interpretados y descompuestos en colores en nuestro cerebro.

En el fondo del ojo existen millones de células especializadas en detectar estas longitudes de onda que se denominan conos y bastones. Los conos son los responsables de la visión del color y se concentran en una región cercana al centro de la retina. Los bastones se concentran en zonas alejadas de la retina y aportan a la visión del color aspectos como brillo y tono. Esto hace que la visión del color por el ojo humano no sea uniforme, siendo mayor en la parte central y menor en los extremos.

Los seres humanos podemos distinguir entre 7 y 10 millones de colores diferentes. La visión de los colores puede variar de un individuo a otro por múltiples razones, tanto físicas como psíquicas, y para ayudarnos a evaluar nuestra percepción del color existen diversos test, como el de *Ishihara*, que permite identificar alteraciones en la percepción del color.



La colorimetría es la ciencia que estudia los colores a través de métodos que permite ubicarlos e identificarlos matemáticamente, y para ello se definió las coordenadas triestímulo X Y Z del color. Para medir estas coordenadas existen unos aparatos específicos como son los *colorímetros triestímulos* y los *espectrocolorímetros*. Aun así, la experiencia nos indica que sigue siendo fundamental una evaluación visual del color. Un gran número de colores se pueden obtener por adición de diferentes pigmentos, que en el caso de pintura líquida se hace en forma de concentrados de pigmentos a una pintura base, y es en esto en lo que se basan los sistemas tintométricos de preparación de pinturas. Como norma de interés se cita **UNE 48103:2014, vigente 23 / 12 / 2014. Pinturas y barnices. Colores normalizados.**

Es muy importante tener en cuenta las propiedades de los pigmentos seleccionados al realizar estas mezclas puesto que afectarán al color final en cuanto a su resistencia al exterior, cubrición, estabilidad química, etc.

OBJETO:

Se trata de medir las coordenadas cromáticas que nos identifican de forma exacta un color. Para ello nos valemos de colorímetros triestímulos y de espectrofotómetros, aparatos ópticos que evalúan el color por reflectancia. Esencialmente constan de una fuente de luz, una geometría de medición y un detector sensible a la luz reflejada. **De esta forma un color queda definido por un conjunto de números llamados coordenadas cromáticas (por ejemplo: L^* , a^* , b^* o luminosidad, tono y saturación) y por un intervalo de tolerancia (ΔE^*).**

Las normas empleadas más frecuentemente son:

UNE-EN ISO/CIE 11664-1:2020, vigente 03 / 06 / 2020. Colorimetría. Parte 1: Observadores colorimétricos patrón CIE. (ISO/CIE 11664-1:2019).

UNE-EN ISO/CIE 11664-2:2023, vigente 31 / 05 / 2023. Colorimetría. Parte 2: Iluminantes patrón CIE. (ISO/CIE 11664-2:2022).

UNE-EN ISO/CIE 11664-3:2020, vigente 03 / 06 / 2020. Colorimetría. Parte 3: Valores triestímulo CIE. (ISO/CIE 11664-3:2019).

UNE-EN ISO/CIE 11664-4:2020, vigente 03 / 06 / 2020. Colorimetría. Parte 4: Espacio cromático $L^*a^*b^*$ CIE 1976. (ISO/CIE 11664-4:2019).

UNE-EN ISO 11664-5:2017, vigente 15 / 02 / 2017. Colorimetría. Parte 5: Espacio cromático $L^*u^*v^*$ y diagrama de escala de color uniforme u' , v' CIE 1976. (ISO/CIE 11664-5:2016)

UNE-EN ISO/CIE 11664-6:2023, vigente 31 / 05 / 2023, Colorimetría. Parte 6: Fórmula de diferencia de color CIEDE2000. (ISO/CIE 11664-6:2022).

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Se extiende una determinada muestra de pintura sobre una probeta al efecto, se deja secar en las condiciones del laboratorio y se procede a su medida. En el caso de emplear colorímetro se realizan cinco medidas en zonas diferentes de la probeta. Si empleamos un espectrofotómetro será necesario recortar una probeta circular de aproximadamente 45 mm que se sitúa en la ventana de medición de la esfera integradora del equipo. Mediante este equipo obtenemos el espectro de reflectancia.



IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

El conocimiento de las coordenadas cromáticas es importante para:

- a) La descripción objetiva de diferencias de color entre la muestra a ensayar y una muestra de referencia.
- b) Determinar desviaciones de color en la producción de materiales pintados de forma que los resultados puedan utilizarse para el control ó regulación del proceso.
- c) Descripción objetiva de cambios de color originados por el envejecimiento climático y otras influencias de factores físico-químicos. Solidez del color.
- d) Supervisión objetiva de patrones de referencia de color y cartas colorimétricas. Los patrones de referencia de color están sujetos a envejecimiento, lo que puede provocar con el paso del tiempo cambios pronunciados de color.



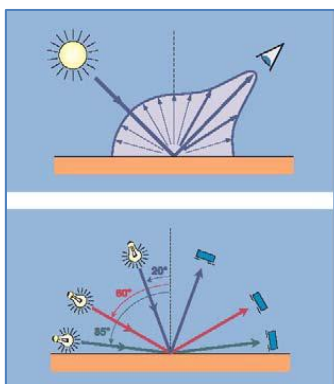
Colorímetro triestímulos, medida de un zócalo rojo. ETSII (UPM)

ENSAYO: DETERMINACION DEL BRILLO EN PINTURAS.

OBJETO:

Este procedimiento tiene por objeto establecer un método para determinar **el brillo especular** de películas secas no metálicas de pinturas, esmaltes y barnices, empleando diferentes condiciones geométricas de iluminación y observación. Por brillo especular se entiende la fracción luminosa reflejada por la muestra con el mismo ángulo que la radiación incidente. Se emplean tres diferentes condiciones geométricas de medición: 60° para cualquier tipo de muestra, 20° para comparar entre sí muestras cuyo "brillo especular 60°" sea superior al 70% y 85° para comparar entre sí muestras cuyo brillo especular 60° sea inferior al 30%.

El equipo de medición es un brillómetro y como patrón de brillo se emplea una placa de vidrio negro, perfectamente pulimentada y con un brillo especular perfectamente conocido, del 95% aprox. La norma con que se opera es **UNE-EN ISO 2813:2015, vigente 08 / 04 / 2015. Pinturas y barnices. Determinación del índice de brillo especular a 20°, 60° y 85° (ISO 2813:2014).**



COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Se extiende el esmalte o pintura a 23 °C y 50% de humedad relativa sobre una probeta al efecto, haciendo uso de un aparato extendedor tipo Dr. Blade o similar, con una abertura mínima de 100 micras. Se deja secar en las condiciones ambientales del laboratorio. Se realizan tres lecturas para tres posiciones distintas del brillómetro. En algún caso cuando se mide sobre determinadas superficies ó cuando la aplicación se realiza a brocha se realizan 6 mediciones.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

El brillo es otro parámetro óptico importante para la caracterización de una superficie y poder evaluar desperfectos o envejecimientos prematuros. También nos permite cuantificar de forma precisa el brillo en superficies que habitualmente llamamos: **mate, semi-mate, satinada, brillo espejo, etc.**

También interesa la norma **UNE-EN ISO 13803:2015, vigente 04 / 03 / 2015. Pinturas y barnices. Determinación del velo especular sobre películas de pintura a 20°. (ISO 13803:2014).**

ENSAYO DE PELICULA HÚMEDA DE PINTURA. DETERMINACION DEL TIEMPO DE SECADO.

OBJETO: viene condicionado por dos variables, que son simultáneas en parte, no estrictamente sucesivas: el tiempo de evaporación de disolventes y el de polimerización de la resina o ligante.

Un proceso del mayor interés como indicador de la calidad de la partida de material que se está usando o controlando, así como de las condiciones que impondrá al trabajo en obra, es el secado. En el proceso de secado de una pintura se puede distinguir varios grados; **al polvo, al tacto, duro, para el repintado**. Cada uno de esos grados de secado se debe especificar correctamente, tanto en su determinación como en las condiciones en que se debe realizar (temperatura, humedad, espesor de película, etc.), así como los márgenes que se pueden aceptar cuando las condiciones ambientales cambian. Es muy conveniente tener en cuenta que:

- 1.- Ciertos tipos de pinturas no secarán, o lo harán incorrectamente, por debajo de una cierta temperatura.
- 2.- Que cualquier tipo de pintura no secará bien cuando la humedad está por encima de un cierto grado que, a efectos prácticos, se puede situar en el punto de rocío.

Si se trata de un control riguroso, el secado se determinará plenamente de acuerdo con una norma (UNE EN ISO, BS, DIN, ASTM, INTA, etc.)

A efectos prácticos, el secado puede influir en la decisión del tipo o esquema de pintado, por múltiples razones. s ejemplo, una pintura con secado al polvo muy lento, puede no ser útil en un ambiente contaminado, que desmerecería su aspecto. Una pintura con secado al tacto muy lento, puede no ser útil en situaciones en las que la posibilidad de manchas es grande; o más importante que los casos anteriores, una pintura con un tiempo previo al repintado muy lento, puede no ser útil si en el esquema previsto de pintado, los repintados se deben realizar en un tiempo mínimo.

En conclusión; o bien la pintura debe secar y endurecer para que cumpla con la planificación prevista, o bien, lo que es más correcto y normal, una vez escogida la pintura, en función de las condiciones a soportar, se planifica el pintado, teniendo en cuenta el tipo de pintura escogido, con sus exigencias de tiempos de secado, ambiente atmosférico, ambiente atmosférico adecuado para su aplicación, etc.

En el proceso de secado, se llega de una forma; más o menos rápida, según el tipo de pintura, a esa propiedad final llamada dureza de película.

También están descritos procedimientos normalizados para evaluar secado de película mediante proyección de esferas de vidrio y valoración de su posible adherencia en función de variación de peso, distribución de esferas y realizar un balance de masa.

El tiempo necesario para la evaporación de los disolventes (**flash- offtime**) respecto a las propiedades intrínsecas de la pintura depende de: formulación general de la pintura, contenido en disolventes, su naturaleza y su viscosidad.

Las pinturas se pueden diferenciar en varios tipos según su secado:

- **De secado por evaporación de disolvente:** se trata de pinturas en las que el vehículo fijo está compuesto de agentes químicos sintéticos o naturales o una combinación de ellos. Los disolventes usados en la fabricación para diluir la resina sólida, se evaporan al ser aplicada la pintura permaneciendo inalterada la resina que compone el vehículo fijo.
- **De secado por reacción con el oxígeno del aire:** aquellas pinturas que para su secado necesitan de la evaporación del disolvente y de absorción del oxígeno del aire en las cadenas grasas típicas de ese tipo de vehículo fijo.
- **De secado por acción de la temperatura:** aquellas pinturas en cuyo proceso de secado intervienen hornos industriales. El producto obtenido posee unas características de resistencia a diversos agentes químicos.
- **De secado por reacción química:** se tratan de pinturas de dos componentes donde el secado se produce por medio de una reacción química entre los componentes de cada una de las partes. Tienen una resistencia química notable y son un elemento de importancia en la protección de superficies.

De los distintos tipos de pinturas que hemos clasificado, según su proceso de secado, la inmensa mayoría se presentan como materiales en un solo envase. Hay unos cuantos tipos (poliuretanos, epoxi, silicatos, etc.) que necesitan de dos envases, pues al tratarse de compuestos químicos de fácil reacción entre sí, su mezcla sólo se puede hacer inmediatamente antes de su uso; en unos pocos casos especiales se pueden encontrar pinturas en dos envases, no porque vayan a reaccionar al mezclarlos, sino porque algunas de sus propiedades se verían afectadas si la mezcla se hubiera realizado un tiempo atrás, al ser fabricados.

Este es el caso por ejemplo de ciertos aluminios, en los que las características *leafing* se pierden con rapidez, una vez mezclado; es el caso también de ciertos tipos de pinturas de zinc, en las cuales, mantener la mezcla en condiciones de homogeneidad, sin poso, sería caso imposible.

Normas de consulta:

UNE 48301:1999. Pinturas y barnices. Tiempos de secado al tacto y total.

UNE-EN ISO 9117-1:2009, vigente 18 / 11 / 2009. Pinturas y barnices. Ensayos de secado. Determinación del estado seco en profundidad y del tiempo de secado en profundidad. (ISO 9117-1:2009).

UNE-EN ISO 9117-2:2010, vigente 22 / 09 / 2010. Pinturas y barnices. Ensayos de secado. Parte 2: Ensayo de aptitud al apilamiento bajo presión o ensayo de resistencia al *blocking*. (ISO 9117-2:2010).

UNE-EN ISO 9117-3:2010, vigente 22 / 09 / 2010. Pinturas y barnices. Ensayos de secado. Parte 3: Ensayo de secado superficial con microesferas de vidrio. (ISO 9117-3:2010).

UNE-EN ISO 9117-4:2013, vigente 20 / 03 / 2013. Pinturas y barnices. Ensayos de secado. Parte 4: Ensayo con ayuda de un registrador mecánico. (ISO 9117-4:2012).

UNE-EN ISO 9117-5:2013, vigente 03 / 04 / 2013. Pinturas y barnices. Ensayos de secado. Parte 5: Ensayo de Bandow-Wolff modificado. (ISO 9117-5:2012).

UNE-EN ISO 9117-6:2013, vigente 06 / 02 / 2013. Pinturas y barnices. Ensayos de secado. Parte 6: Ensayo de secado total aparente. (ISO 9117-6:2012).

En el proceso de evaporación influyen también, la temperatura, el espesor de película, las condiciones ambientales, ciertas variables dependientes del método de aplicación, tiempo necesario para el secado del ligante que a su vez viene condicionado por: naturaleza del ligante, efecto estabilizador o activador de otros componentes de la pintura, su *flash- offtime* en las condiciones concretas de aplicación y la temperatura exterior.

El *flash- offtime* es una expresión de la velocidad de evaporación de los disolventes y constituye una variable muy importante en cualquier proceso de pintado. En las pinturas secadas en horno es un concepto fundamental puesto que en ellas la correcta formulación de la fracción volátil es crítica.

En las pinturas de secado al aire, el tiempo de secado se mide de manera muy pragmática, pero útil se distingue entre: tiempo necesario para que desaparezca la adhesividad de la pintura (seco al tacto en ocasiones denominado *Finger Print*), no se adhiere polvo), tiempo mínimo para garantizar que la capa de pintura aplicada no es atacada por el disolvente de capas sucesivas (tiempo para repintado) y tiempo necesario para un endurecimiento completo en todo el espesor de la capa de pintura (tiempo secado en profundidad).

En este ensayo se especifica un método para determinar, bajo condiciones normalizadas o acordadas entre las partes, si una película individual o un sistema multicapa de pintura o producto similar, alcanza el estado de seco en profundidad (secado en todo el espesor de la película de pintura; distinto de secado al tacto) después de un determinado período de secado (ensayo PASA/ NO PASA). El ensayo puede emplearse también para determinar el tiempo requerido por la película para alcanzar el estado de seco en profundidad.

Se define como estado “seco en profundidad” la condición de una película que se encuentra seca en todo su espesor, en oposición a seco en superficie y deformable en su interior. Una película individual, o un sistema multicapa de pintura, se considera seco en profundidad, cuando un paño normalizado, bajo una determinada presión, una determinada torsión y un tiempo establecido, no produce ninguna marca ni deterioro mecánico en la película. El tiempo de secado en profundidad, es el periodo de tiempo transcurrido entre la aplicación de la capa de pintura sobre una probeta de ensayo y el momento de alcanzar el estado de seco en profundidad, según norma.

Normas relativa a recubrimientos multicomponente:

UNE 48277:2016, vigente 07 / 09 / 2016. Pinturas y barnices. Imprimación epoxi rica en zinc.

UNE 48272:2016, vigente 07 / 09 / 2016. Pinturas y barnices. Pintura epoxi intermedia repintable.

UNE 48317:2022, vigente 08 / 06 / 2022. Pinturas y barnices. Pintura de poliuretano alifático.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Se aplica una capa de la muestra sobre un sustrato normalizado para producir un espesor de película determinado, aproximadamente 150 micras y se deja secar en las condiciones normales del laboratorio (23 °C y 50% de humedad), se toma nota de la hora de comienzo y una vez seco al tacto y a intervalos regulares se somete a ensayo en el equipo normalizado. Este aplica un peso determinado con una rotación de 90° sobre la película de pintura a través de una tela de poliamida. Se toma como tiempo final de secado cuando no se aprecia huella de la tela. Así se determina el tiempo de secado en profundidad.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

Es de interés conocer este parámetro para el control de tiempos de aplicación, repintado entre manos, metodología de aplicación de la pintura, evaluación de las condiciones más favorables para el secado, contraste de tiempo entre diversos sustratos, etc.

DETERMINACION del *pot-life*: en algunos productos de dos componentes, una vez efectuada la mezcla se dispone de un tiempo limitado para su utilización. Este tiempo puede venir determinado porque el producto se espesa y endurece o bien porque pierde efectividad en algún sentido. En las pinturas con disolvente el *pot-life* viene determinado por pérdida de características (adherencia en los *wash-primer*), después de 6 a 8 horas de su mezcla. En las pinturas 100% sólidas, como algunos recubrimientos epoxi, se produce una reacción exotérmica con solidificación del producto.

Norma de consulta: **UNE-EN ISO 9514:2020, vigente 03 / 06 / 2020. Pinturas y barnices. Determinación de la vida útil de sistemas de recubrimiento multicomponentes. Preparación y acondicionamiento de las muestras y líneas directrices para ensayo. (ISO 9514:2019).**



Dry tester Sheen ETSII (UPM)

ENSAYO: Determinación del espesor de película en húmedo y seco.

OBJETO: la medida del espesor de recubrimiento tanto en húmedo como en seco es de suma importancia en la industria de pinturas, como vimos están relacionados por la expresión:

$$e_s = e_h \cdot \% SV / 100$$

Una medida incorrecta del espesor de la capa aplicada representa una merma de calidad, tiempo, material y coste económico. Si se aplica una capa demasiado fina, la protección y el poder cubriente serán insuficientes lo que implica costes de repintado; si se aplica una capa de pintura demasiado gruesa se podrán producir defectos como grietas, desconchaduras o periodos de secado demasiado largos y aumento de costes sin justificación técnica.

Por supuesto en los ensayos normalizados de control de calidad si no se aplican los espesores correctos se invalidan los ensayos.

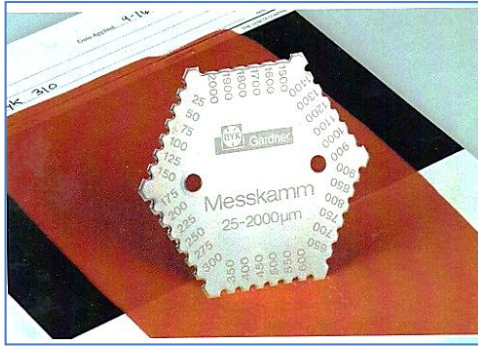
La norma de referencia para la **determinación del espesor de película en seco y en húmedo es: UNE-EN ISO 2808:2020, vigente 07 / 10 / 2020. Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película. (ISO 2808:2019).**

Por ejemplo, en el caso de una imprimación para estructuras, si se aplica con pistola *air-less* sobre hierro o acero con un espesor de 30 micras en seco; las probetas de ensayo deberán ser de hierro o acero y se aplicará un espesor de 30 ± 5 micras. Para ello se prepararán varias probetas y se efectúa medida del espesor de las mismas para ver cuales están dentro del espesor definido.

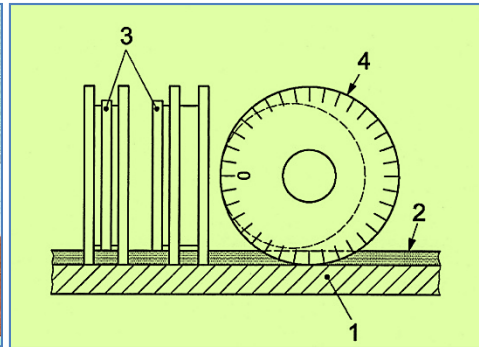
COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Verificación del espesor en húmedo.

Para controlar las variables del proceso durante la aplicación, es deseable determinar el espesor de la capa de película en húmedo. Según la forma y margen de medición de la superficie a verificar se realizan mediciones del espesor en húmedo con diferentes aparatos. La determinación del espesor en húmedo es ventajosa en el caso de sistemas cuyo espesor en seco sólo se puede medir de forma destructiva y en otros supuestos de control de calidad. Los instrumentos normalmente utilizados son: **peine medidor** rectangular, peine medidor forma hexagonal ambos con muescas de diferentes profundidades y **rueda o rulina** de acero endurecido con dos aros concéntricos y otro aro excéntrico, uno de los aros exteriores tiene una escala donde se lee el espesor húmedo. La forma de operar es de forma sencilla, más explícito en norma. Estime el espesor de la capa y apriete la arista del peine medidor de la escala correspondiente, en ángulo recto, en la película de pintura. Retire el peine de forma vertical, se toma la lectura del espesor en húmedo en el primer diente mojado.



Peine hexagonal



Rueda de medición o rulina

Verificación del espesor en seco.

Una medición exacta del espesor de la capa ayuda a aumentar la calidad y reducir los costes de material. La determinación del espesor de la capa en seco se puede realizar de forma NO DESTRUCTIVA, o en ocasiones de forma destructiva para sistemas multicapa y en ocasiones monocapa. Los equipos utilizados habitualmente en **medición no destructiva** son: **medidores de inducción magnética** para superficies ferromagnéticas, medidor por corrientes de Eddy para medición de capas no conductoras sobre sustratos no ferromagnéticos. Los **medidores de tipo destructivo** son: comparadores micrómetro esfera, palpadores de profundidad con esfera, **aparato multicapa PIG-universal**, micrómetros de espesor de lámina con palpadores, etc.

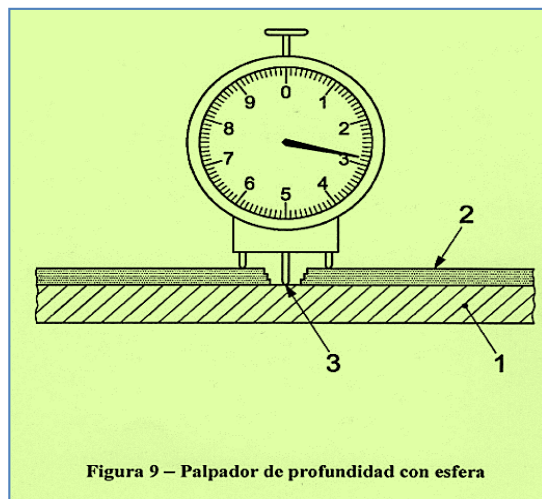
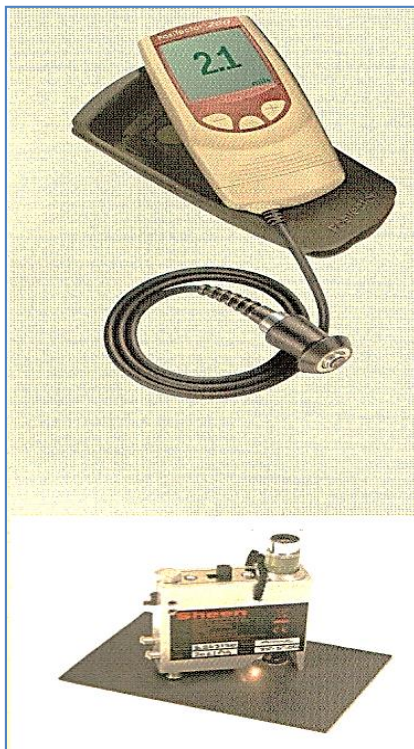


Figura 9 – Palpador de profundidad con esfera

Consideraciones sobre el flujo en la ranura de salida de los aplicadores.

Espesor nominal, espesor de película húmeda y espesor de película seca.

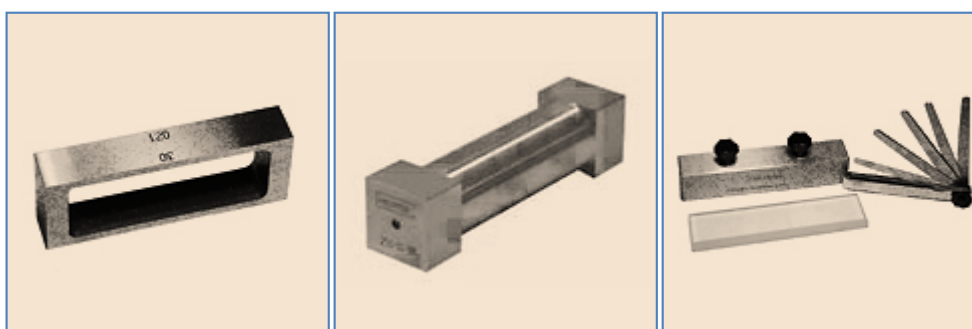
En el caso de aplicadores de película de pintura cuadrangulares, micrométricos, cilíndricos, tipo Dr Blade, tipo Baker y en general, el espesor de la película recién aplicada, o sea el espesor en húmedo, no será nunca idéntico a la altura nominal de la ranura de salida. Según la teoría de Newton del viscosímetro de placas paralelas, corresponderá el espesor máximo de la película húmeda en torno al 50% del espesor nominal de la ranura de salida. La práctica ha demostrado que esto se cumple solo para líquidos con una viscosidad media y para una altura de ranura de hasta aproximadamente 100 micras.

El resultado del ensayo viene también afectado por el peso específico de la pintura, la tensión superficial, la viscosidad dinámica y la velocidad de aplicación del producto en cuestión.

Para la elección de la altura de ranura correcta, puede emplearse la siguiente regla empírica, que suele dar unos valores aproximados.

Altura de ranura	Espesor de película húmeda
De 15 a 100 micras	Aprox.50% de valor nominal
Más de 100 hasta 300 micras	60% al 70% de valor nominal
Más de 300 hasta 500 micras	Aprox. 80% de valor nominal
Más de 500 micras	80% de valor nominal o superior

Un grado de viscosidad muy bajo o bien un peso específico elevado, pueden ser causa de variación de estos porcentajes.



Aplicador cuadrangular

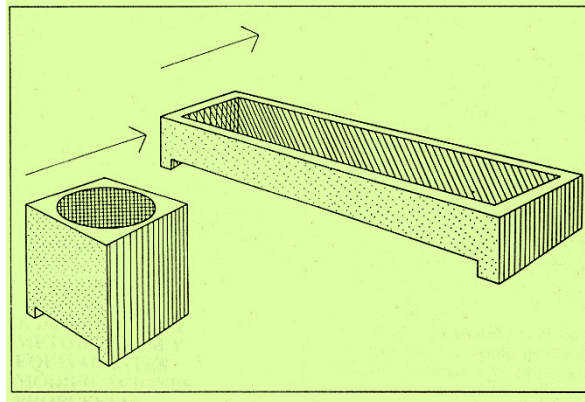
Aplicador Baker

Aplicador Dr Blade

(<http://www.neurtek.com/catalogo/compra-on-line/aplicadores/aplicadores-de-pelicula>)

<http://www.lumaquin.com/empresa.asp>

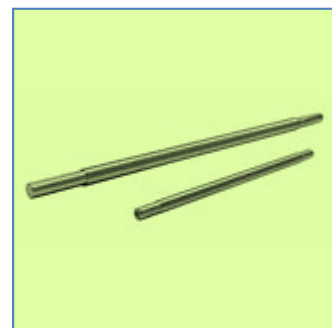
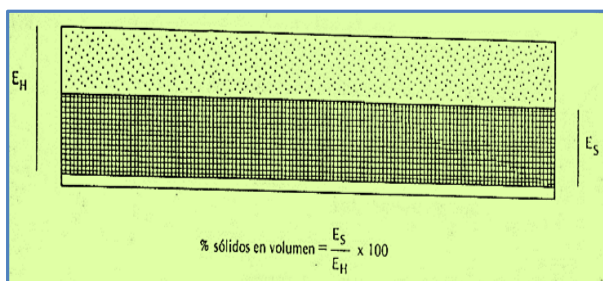
En extensiones con aplicador tipo *Dr. Blade*, se opera llenando los cajetines de los extendedores y desplazándolos lentamente y a velocidad constante en el sentido que indican las flechas de la figura siguiente. La pintura va saliendo por la abertura frontal inferior, depositándose una película de espesor uniforme. Este espesor está fuertemente influenciado por la velocidad de desplazamiento del aplicador y la viscosidad de la pintura.



Aplicadores de pinturas

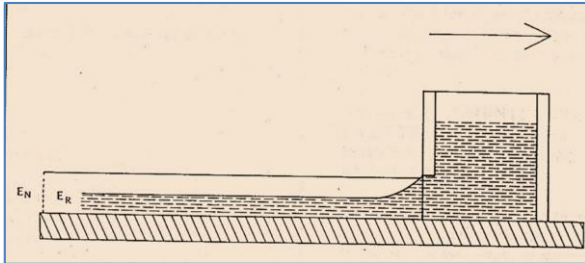
ESPESOR DE PELÍCULA SECA Y ESPESOR DE PINTURA RECIÉN APLICADO.

Se ha visto anteriormente que el *porcentaje de sólidos en volumen* era equivalente a la proporción existente entre el espesor de película seca y el espesor de película recién aplicada. Se podría considerar como método más sencillo para determinarlo: aplicar la pintura a un espesor regular y uniforme sobre una superficie perfectamente lisa, medir el espesor de pintura recién aplicada, dejar secar la pintura normalmente a temperatura ambiente hasta espesor o peso constante y dividir el espesor en seco entre el espesor en húmedo (recién aplicada) y multiplicar por 100.



Este método tan sencillo podría realizarse a diferentes espesores de pintura para ver cuál es el valor práctico del *porcentaje de sólidos en volumen* al espesor de película especificado. Sin embargo, los instrumentos de medida de espesor en húmedo no suelen medir con la precisión necesaria para que el resultado sea significativo y reproducible.

Véase ejemplo de extensión de película de pintura con aplicador tipo Dr Blade o también vale para aplicado cuadrangular, etc. Al aplicar una película de pintura con un aplicador se obtiene un espesor real siempre inferior a la abertura nominal del instrumento, debido al efecto de arrastre de la pintura líquida. Cuanto mayor es la viscosidad de la pintura, mayor es también la diferencia entre ambos valores.

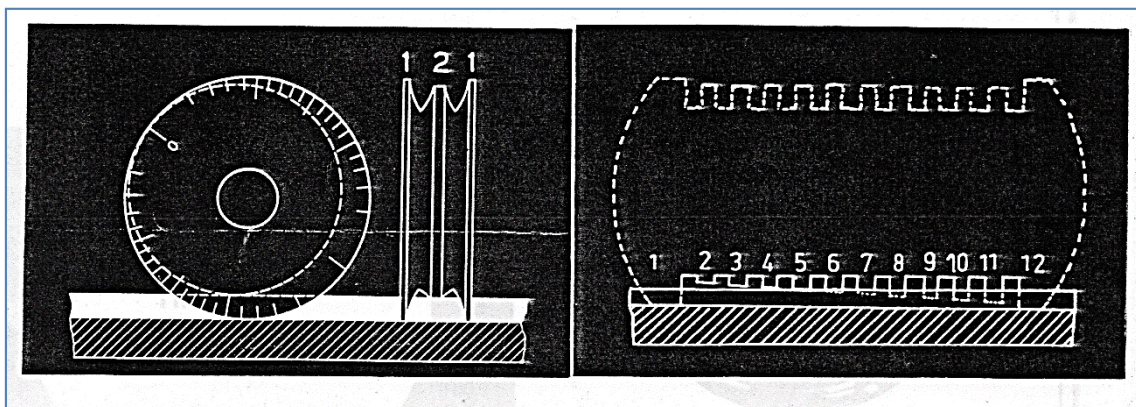


Medidores de espesores de capas húmedas.

El espesor de capa aplicado es uno de los factores más importantes de cara a conseguir una protección adecuada, duradera y de buen aspecto final. Si las capas son excesivamente delgadas no protegen, ni disimulan rugosidades e imperfecciones, ni cubren completamente el sustrato. Capas sobredimensionadas pueden provocar defectos de superficie, tardan mucho en secar y suponen un gasto inútil.

Las características mecánicas, físicas y químicas de los recubrimientos se ven normalmente afectadas por espesores incorrectos. Es por tanto indispensable controlar continuamente que el espesor aplicado es el indicado en las especificaciones técnicas del producto. También en los ensayos es necesario conseguir homogeneidad en las aplicaciones para que los resultados sean comparables y reproducibles.

Además, conociendo el espesor en seco y el porcentaje en volumen de sólidos podemos saber aprox. el espesor en seco que va a tener la película de pintura.



Medidores de espesores en húmedo tipo rulina y tipo peine.

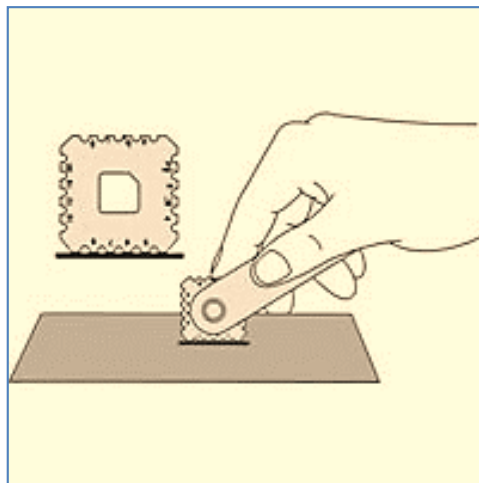
Medidor de espesor en húmedo tipo RULINA.

Su principio de medición es sencillo, consiste en hacer rodar el disco sobre la película húmeda, de esta forma los dos discos concéntricos (1) en forma de llanta ruedan apoyándose en el sustrato, mientras que el aro central de medición (2), situada excéntricamente con relación a los anteriores solo llega a mojarse cuando toca la pintura húmeda.

La forma de medición consiste en tomar el instrumento entre el pulgar y el índice por su zona central. Colocarlo sobre la superficie a medir haciendo que apoye por el punto de máximo espesor en micras y hacerlo girar hasta el cero. Apoyar nuevamente sobre el mismo punto y hacerlo girar en sentido contrario. Así tendremos dos puntos de medición. En el punto en que ha empezado a mojar el aro de medición, leer el espesor en la escala lateral. Obtener el promedio de las dos lecturas.

Medidor de espesor en húmedo tipo PEINE.

Como se observa en la figura anterior los dientes 1 y 12 se apoyan en el sustrato. Entre ellos se encuentran los dientes 2 al 11, cuya distancia al plano de referencia aumenta progresivamente. En el caso de la figura, los dientes 6 al 11 se encuentran sumergidos en la pintura. Como valor de medición se toma el promedio de la lectura de los dientes 5 y 6. La medida se realiza colocando el instrumento perpendicularmente a la superficie de medición, por el lado del campo de medición cuyos valores contengan el esperado de medida. Con moderada presión, efectuar un corto movimiento de “peinado” y retirar perpendicularmente el medidor. Leer en la escala el espesor correspondiente al primer diente mojado.



IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

La medición del espesor de la capa de pintura recién aplicada en estado húmedo es muy importante. Por un lado, el espesor de la capa influye en la calidad del producto; por otro lado, el empleo de cantidades excesivas de pintura resulta caro. Según el método de aplicación se recomienda determinar el espesor de la película en húmedo.

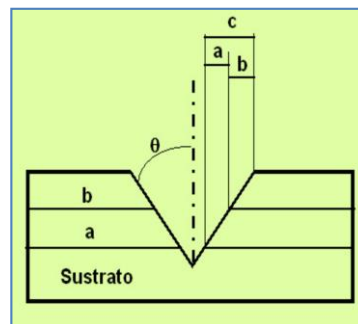
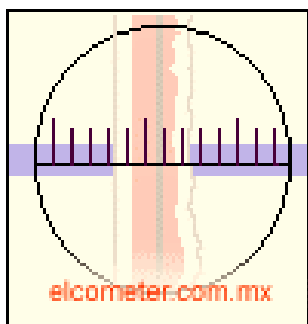
La medida del espesor en seco nos garantiza si se han cumplido especificaciones técnicas, es necesario para control de calidad y ensayos, se controla la uniformidad del espesor aplicado, control de calidad en obra, etc.

La naturaleza del sustrato y las características del medio agresivo definen un espesor óptimo para cada sistema de pinturas. Altos espesores aseguran buenas propiedades de flujo, satisfactorio poder cubriente y reducida permeabilidad al vapor de agua, gases, etc. Sin embargo, espesores elevados generalmente conducen al deterioro de las propiedades físico-mecánicas y consecuentemente a un desempeño en servicio menos eficiente.

La distribución del espesor de película y el valor medio óptimo son variables a controlar con el fin de asegurar la calidad del sistema. Generalmente la rugosidad del sustrato constituye una importante dificultad para su determinación; el espesor de película resulta un valor medio y depende, además de la rugosidad, del método de medida. El método de medida debe ser previamente seleccionado y exactamente definido.

Para evaluar la capacidad protectora de una película de pintura se deben tener en cuenta otros criterios; esencialmente la definición de la rugosidad del sustrato como así también los espacios vacíos e irregularidades de la capa producidos durante la aplicación.

La mayoría de los métodos determina el espesor de la película aplicada y curada. Sin embargo, en muchos casos resulta de interés evaluar el espesor húmedo con el fin de realizar la corrección durante la aplicación para alcanzar un definido valor de película seca; para ello, el conocimiento del contenido de sólidos en volumen del producto es fundamental.



Equipo Plg Universal

DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD: copas ISO, viscosímetros rotacionales, determinación de la viscosidad aparente o consistencia:

Método Krebs-Stormer.

Podemos definir viscosidad como la mayor o menor resistencia que ofrece un líquido para fluir libremente. Todos los líquidos poseen algo de viscosidad. La viscosidad se determina mediante diferentes métodos, según sea más o menos elevada. Los gradientes de velocidad en la aplicación de pinturas y recubrimientos son muy variados con lo cual los esfuerzos cortantes también varían. La velocidad de aplicación de la pintura es muy distinta en un proceso de pintado por inmersión, a un pintado a brocha o rodillo o a un pintado por proyección. Eso hace que sea necesario ajustar la viscosidad en cada caso.

En la industria de la pintura existen un gran número de métodos de medida, desde las sencillas copas de fluidez hasta los viscosímetros rotacionales controlados por ordenador, que han sido establecidos para la determinación de la viscosidad.

Entre estos métodos podemos encontrar:

VISCOSIDAD DE BURBUJA

COPA DE INMERSIÓN

COPA DE FLUIDEZ

VISCOSIDAD ROTACIONAL

Uno de los métodos más utilizados en la industria de la pintura es el de copa de fluidez. Este método determina el tiempo de caída o fluidez de un volumen a través de una boquilla medido en segundos, es una medición práctica. Se determina con copas de diferentes modelos según normas nacionales e internacionales. Estas copas retienen un volumen definido de líquido, el cual fluye a través de un orificio, que en función de la copa es de distinto diámetro.

Copas de flujo: El paso de flujo a través de un orificio puede utilizarse a menudo como una medida y clasificación relativa de la viscosidad. La viscosidad cinemática medida se expresa normalmente en segundos de tiempo de flujo, que pueden convertirse en viscosidad cinemática en *centistokes*.

Copas de inmersión: Basadas en el mismo principio que las copas de flujo, las copas de inmersión (Frikmar, Zahn, Ford, Shell, etc.) pueden utilizarse para realizar una medición rápida de la viscosidad “in situ” o punto establecido por el cliente.

Viscosímetros rotacionales: Los viscosímetros rotacionales se emplean para determinar la viscosidad de los líquidos que no dependen exclusivamente de la temperatura y la presión. El comportamiento de los líquidos no newtonianos puede determinarse utilizando varios viscosímetros rotacionales, principalmente viscosímetros plano-cono. Tipo Brookfield, etc.

Reómetros. Con un reómetro se puede determinar y analizar el comportamiento de materiales en deformación y fluidez. Para muchos productos es esencial saber dónde se encuentra el punto de fluencia, este valor tan importante sirve para fabricar los productos con la misma calidad, tales como gel, barnices, pinturas, lubricantes, etc.

OBJETO:

El comportamiento de flujo de pinturas y sustancias similares es un factor decisivo en el proceso de fabricación y aplicación de la pintura. La forma de proceder para la medida de la viscosidad según copa ISO está indicada en norma:

UNE-EN ISO 2431:2020, vigente 19 / 02 / 2020. Pinturas y barnices. Determinación del tiempo de flujo empleando copas de flujo. (ISO 2431:2019, Versión corregida 2019-09).

Para viscosidad aparente o consistencia *Krebs-Stormer* la norma habitual era: UNE 48076:1992, anulada 26 / 10 / 2023, Pinturas y barnices. Medida de la viscosidad aparente o consistencia. Método *Krebs-Stormer*.

El viscosímetro *Krebs- Stormer* se sitúa entre los viscosímetros de paleta. A una paleta (remo o espátula) debemos imprimirle una fuerza para conseguir mover y agitar la pintura. Si especificamos las dimensiones del vaso y de la paleta, necesitaremos una cierta fuerza (peso) para hacer girar un cierto número de vueltas, en un tiempo que mediremos; esos datos medios (peso aplicado y tiempo que tarda en dar cien vueltas) se llevan a una tabla que los transformarán en **unidades Krebs (K.U.)** La viscosidad K.U. es más reproducible y se presta más a la determinación de viscosidades tixotrópicas o dilatantes.

Desde un punto de vista físico, la viscosidad es una medida de la fricción interior de un líquido. Esta fricción se produce por influencia mutua de las moléculas. Las fuerzas transversales que se producen al fluir los líquidos dependen, entre otros factores, de la velocidad de deformación.

Para fluidos newtonianos existe una dependencia proporcional entre las fuerzas de cizallamiento y el gradiente de velocidad. Es la llamada viscosidad dinámica. Los fluidos que no siguen esta relación proporcional se llaman fluidos no newtonianos. La viscosidad en función del tiempo se denomina en la práctica *tixotropía*, si se somete a esfuerzo de cizallamiento la muestra la viscosidad desciende lentamente, si se suprime este esfuerzo la viscosidad vuelve a aumentar hasta su valor inicial.

En la industria de pinturas se han establecido dos métodos de medición diferentes. Las copas consistométricas y consistencia *Krebs-Stormer* y la medición con viscosímetro rotatorio tipo *Brookfield* y reómetros.

Con un **reómetro** se pueden obtener propiedades como:

Viscosidad y por lo tanto curvas de flujo en donde se representa la viscosidad en función de la velocidad de cizalla. De estas medidas es posible obtener la viscosidad a velocidad de cizalla cero.

Índices de tixotropía.

Esfuerzos de influencia (esfuerzo mínimo necesario para que un material con una cierta estructura comience a fluir).

Módulos elástico y viscoso de un material viscoelástico.

Rangos de viscoelasticidad lineal.

Tiempos de relajación.

Creación de curvas maestras mediante TTS para polímeros.



Reómetros

Dependiendo del tipo de producto, la información que podemos obtener acerca de dicho producto es enorme. Por ejemplo, en una pintura, podemos obtener información acerca de la sedimentación, de la estabilidad, de la viscosidad en la aplicación, de la tixotropía, etc.

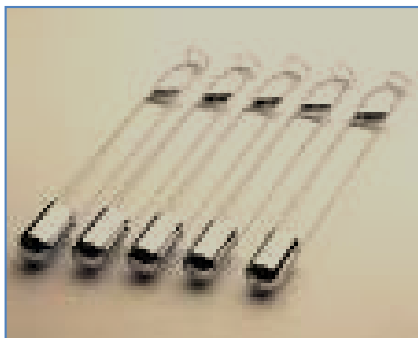
COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Con el empleo de *copas consistométricas*; se describen como aquellos viscosímetros que efectúan la medida de la viscosidad mediante el tiempo de vaciado de una copa de capacidad determinada y a través de un orificio de diámetro específico. Este tipo de viscosímetros se utiliza en la medición de productos fluidos como esmaltes, barnices, imprimaciones, etc. No son aptas para la medición de la viscosidad en productos tixotrópicos o altamente pseudoplásticos ya que el producto deja de fluir antes de que se produzca el vaciado. La repetibilidad de este tipo de mediciones depende de: precisión dimensional de las medidas de la copa, temperatura constante durante el ensayo, el comportamiento de flujo newtoniano del líquido.



Ejemplo de copa Ford nº 4 y DIN

Entre las copas consistométricas más conocidas están las copas Zhan, ISO, DIN y la copa Ford.



Copas Zhan

Para determinar la viscosidad dinámica de pinturas y barnices a una determinada velocidad de cizalla, viscosímetros cono-plato funcionando a una velocidad elevada de cizalla. Viscosímetros tipo Brookfield. Se utilizan las normas:

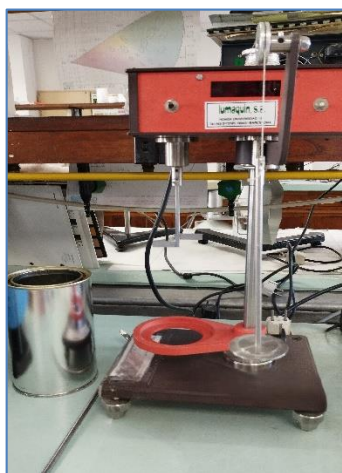
UNE-EN ISO 2884-1:2007, vigente 21 / 02 / 2007. Pinturas y barnices. Determinación de la viscosidad utilizando viscosímetros de rotación. Parte 1: Viscosímetro de cono y plato funcionando a gradientes de cizalla elevados (ISO 2884-1:1999).

UNE-EN ISO 2884-2:2007, vigente 21 / 02 / 2007. Pinturas y barnices. Determinación de la viscosidad utilizando viscosímetros de rotación. Parte 2: Viscosímetro de disco o de bola funcionando a una velocidad específica (ISO 2884-2:2003).

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

Es una manera sencilla de conocer la viscosidad aparente de pinturas ya que en muchas aplicaciones no existe la necesidad de conocer la viscosidad absoluta. El tiempo de derrame en segundos, es con frecuencia un valor suficiente para una clasificación relativa.

Nos permite valorar alteraciones pintura durante almacenaje, estabilidad, influencia diluciones, variación en función formulación, adecuación al sistema de pintado empleado, etc.



Viscosímetros Stormer ETSII (UPM)



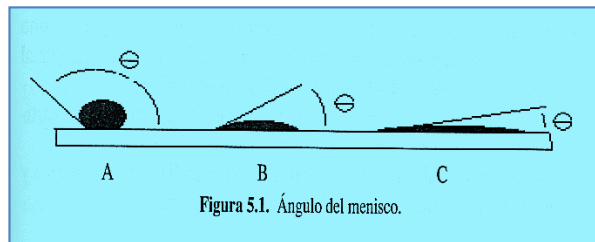
Viscosímetro Brookfield.

TENSIÓN SUPERFICIAL Y SU INFLUENCIA EN LAS PINTURAS.

OBJETO:

En función de este valor un líquido es capaz o no de mojar la superficie de un sustrato. El parámetro más importante que se debe controlar para lograr una correcta unión de una pintura o recubrimiento a un sustrato dado, es la combinación de la tensión superficial del líquido y la energía libre superficial del sólido a pintar.

Si se observan las tres gotas de un determinado fluido sobre un sustrato plano sólido se puede apreciar que la gota A no moja el sólido, es decir $\Theta > 90^\circ$ el líquido no moja la superficie. La gota B, más extendida, tiene un ángulo de contacto $\Theta < 90^\circ$ nos indica un mojado o humectación parcial. En el tercer caso para la gota C el ángulo de contacto Θ muy próximo a 0° moja completamente la superficie.



Cuanto menor sea la tensión interfacial sólido/líquido mejor será el mojado o humectación del sólido. Según la ecuación que regula este proceso,

Donde:

$$S^{1/2} = SL^{1/2} + L^{1/2} \cdot \cos \Theta$$

$S^{1/2}$: tensión superficial del sólido

$SL^{1/2}$: tensión interfacial

$L^{1/2}$: tensión superficial del líquido

Θ : ángulo del menisco

Vemos claramente en esta ecuación que para modificar la tensión interfacial solo podemos modificar la tensión superficial del líquido ya que la del sustrato es fija.

Con respecto al aditivo a emplear debemos diferenciar claramente lo que es un agente humectante y un dispersante. Los humectantes actúan directamente sobre la tensión superficial de los líquidos cuyas moléculas sufren distintos tipos de interacciones (fuerzas Van del Waals, puentes hidrógeno, dipolo, electrostáticas, etc.). Los dispersantes pueden tener o no un carácter humectante, pero actúan fundamentalmente en la estabilización de las partículas dispersas.

Es bien conocida la alta resistencia que presentan los aglomerados de partículas (cargas, pigmentos) a ser mojados. Estos aglomerados tienen distintas formas y cada uno distinto comportamiento determinado por la geometría de la partícula discreta.

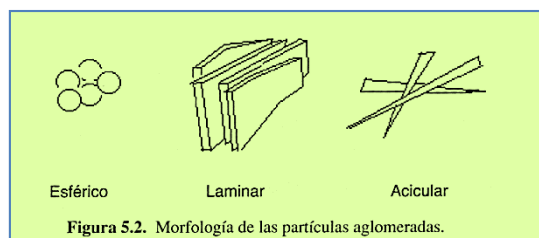


Figura 5.2. Morfología de las partículas aglomeradas.

Las partículas esféricas son fáciles de dispersar y generalmente dan viscosidades estructurales bajas, las partículas laminares por el contrario muestran una elevada dificultad de dispersión y estructuras más rígidas; finalmente las aciculares presentan dificultad de dispersión y aportan elevada viscosidad estructural. La adición de un humectante reduce la tensión superficial líquido, lo cual facilita la humectación del sólido, el mojado y la evacuación del aire ocluido, el hecho de permitir la entrada de la resina entre las partículas lubrica y facilita dispersión. Sin embargo, una vez cesa el efecto de cizalla, las partículas tienden a agruparse y sedimentar. La adición de un dispersante permite la estabilización del sistema y mantener las partículas separadas de un modo permanente.

COMO SE EFECTUA EN EL LABORATORIO:

Para el control en laboratorio existen diferentes equipos y sistemas, desde los sistemas de cálculo del ángulo de contacto a los rotuladores de valores de tensión superficial específicos.

Los sistemas de video-medición del ángulo de contacto OCA, en conjunción con un software de control y evaluación es capaz de determinar: ángulo de contacto estático, ángulo de contacto dinámico, ángulo de contacto en avance y retroceso, la evolución del ángulo de contacto con la absorción de la superficie de estudio, la energía libre superficial del sólido y el trabajo de adhesión.

Tensiómetros de balanza, proporcionan medición de tensiones superficiales e interfaciales estáticas en líquidos, medición de ángulos de contacto, energías libres, trabajo de adhesión, etc. utiliza los métodos de anillo Du-Noüy y placa Wilhelmy.

Tensiómetro portátil de burbuja. El método de Presión de Burbuja permite la determinación de la tensión superficial de pinturas, surfactantes, tintas, etc.

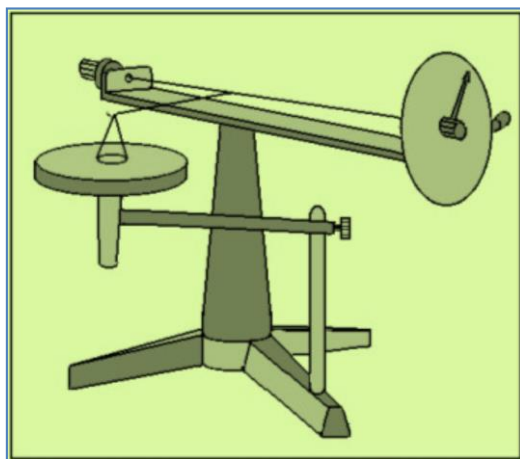
Rotuladores de tensión superficial. Se traza una línea sobre la superficie a controlar, se espera entre 2 y 5 segundos y se comprueba si el trazo se retrae o no.

IMPORTANCIA EN CALIDAD PRODUCTO/APTITUD AL USO:

La cualidad de los líquidos de mojar los sólidos afecta a la calidad de la adhesión de los recubrimientos a los sustratos, así como a los propios procesos de fabricación de pinturas, barnices, tintas, etc.

En las pinturas plásticas generalmente se utilizan dispersantes como los polifosfatos mezclados con dispersantes poliacrílicos.

Los humectantes suelen ser productos tensoactivos, forman micelas y se define una concentración crítica micelar por encima de la cual concentraciones superiores de tensoactivo no producen mayores caídas en la tensión superficial. Normalmente son tensoactivos aniónicos, como algunos ésteres fosfóricos, sales de ácidos carboxílicos, etc. o no iónicos como alquil fenoles oxietilados, alcoholes grasos oxietilados, etc.



Método del desprendimiento de anillo: Tensiómetro de Du Nöuy



Distintos medidores de tensión interfacial

Una norma de interés para consulta relacionada con este campo es:

UNE-EN 828:2013, vigente 14 / 05 / 2013. Adhesivos. Mojabilidad. Determinación por medida del ángulo de contacto y de la tensión superficial crítica de la superficie sólida.

Finura, grado de molido o grado de refino.

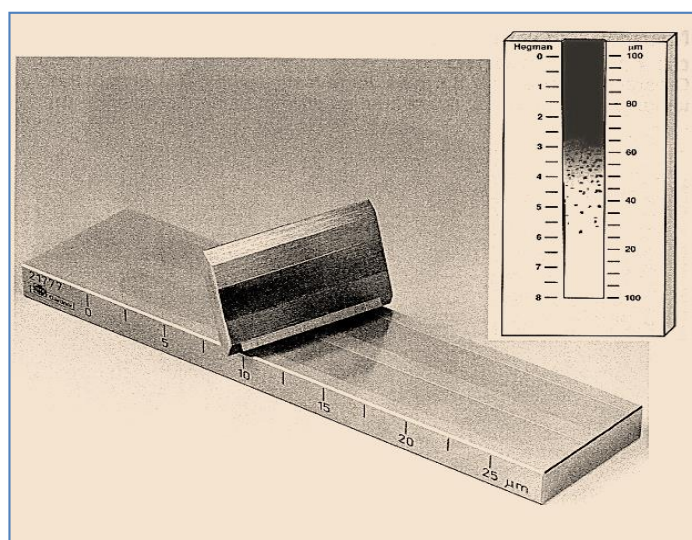
Consultar la norma **UNE-EN ISO 1524:2021, vigente 16 / 06 / 2021. Pinturas, barnices y tintas de imprenta. Determinación de la finura de dispersión. (ISO 1524:2020).**

Para determinar el tamaño máximo de partícula de un producto después del proceso de dispersión y molido se utiliza un aparato conocido como **grindómetro**. El grindómetro está compuesto por un raspador perfectamente rectificado y un bloque metálico de acero inoxidable templado, con un rebaje central en forma de plano inclinado que parte del nivel 0 micras y acaba con una profundidad de 100 micras, a veces se denomina bloque Hegman. También durante el proceso de fabricación pueden producirse floculaciones u otros fenómenos que deben ser controlados al final de la fabricación de la pintura (adición de ligante, ajuste color, ajuste viscosidad).

En la parte más profunda del bloque se deposita unas gotas de pintura y con el raspador se arrastra hasta el final del plano inclinado, inmediatamente se observa el film formado y con el mismo raspador se marca la zona hasta donde llegó la pintura. Se observará en la superficie del bloque que en la parte más cercana al 0 de la escala aparecen muchos puntos correspondientes a partículas más gruesas de la pintura, que disminuyen hasta ser puntos aislados, ahí se traza la línea que nos indica en la escala lateral la finura obtenida.

Las escalas más utilizadas están graduadas en micras. La **escala Hegman** va de 0 a 8, siendo el número más alto de Hegman el que determina la partícula más pequeña: 0 Hegman = tamaño de grano 100 micras, 4 Hegman = tamaño de grano 50 micras, 8 Hegman = tamaño de grano 0 micras.

También hay otra escala, llamada **escala North** graduada de 4 a 0 (4 = 0 micras y 0 = 100 micras). Es de la forma representada en la figura siguiente.



Grindómetro de 0- 25 micras, escala Hegman de 8 - 6

RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO CLIMÁTICO Y A OTROS AGENTES.

Estos ensayos tratan de determinar el comportamiento del film seco frente a diversos agentes agresivos, de acción lenta o rápida (radiación ultravioleta, calor, humedad, temperatura, niebla salina, choques térmicos, gases contaminantes, disolventes, etc.



Se dividen en dos grandes grupos:

- **Acelerados.** En ellos se somete a las probetas de pintura a la acción intensiva de los agentes que provocan su degradación. *Xenotest 150 S. Weather-Ometer*
- **Naturales.** Consiste en exponer la pintura a los agentes agresores mencionados en las mismas condiciones que en la realidad. Son condiciones de exposición a la intemperie, son ensayos que duran años, se realizan tomando como climas tipo Florida (alta humedad, salinidad y temperatura media) y Arizona (baja humedad, alta temperatura y saltos térmicos bruscos); son de más utilidad para fabricantes que para los usuarios de la pintura.

Resistencia a la corrosión.

La protección anticorrosiva del acero en general viene suponiendo desde siempre un problema de constante atención, no sólo por los enormes costes derivados de insuficientes o inadecuadas protecciones que permiten y favorecen grandes avances de la corrosión, sino también y complementariamente, por los costes derivados de paros operacionales, lucros cesantes, sustituciones de equipos, piezas, etc., motivados por la corrosión. Afortunadamente, desde hace algunos años se va tomando conciencia de que la pintura, como elemento protector, es un material más de ingeniería.

La mayoría de las veces, todos estos problemas o parte de ellos, se originan como consecuencia de inadecuadas especificaciones, tanto en la naturaleza intrínseca de los productos especificados como en la forma de realización del proceso, y por supuesto por fallos derivados al no tener en cuenta en los diseños constructivos la protección anticorrosiva y su mantenimiento preventivo.

Ello ha ocasionado una mayor abundancia de especificaciones en la redacción de los proyectos, utilización de normas internacionales, y preocupación por los aspectos de garantía de calidad y responsabilidades contractuales.

Los productos naturales y los obtenidos por síntesis, poseen una serie de ventajas e inconvenientes directamente relacionados con su estructura. La estabilidad en que se encuentran los materiales en la naturaleza es mayor en la medida que su contenido en energía es más bajo.

Todos los componentes químicos, integrantes de los distintos tipos de materia, tienden a degradarse hacia un estado menos rico en energía, es decir, menos noble.

Toda energía que se comunica a un mineral para la obtención de otros más puros, vuelve invariablemente a la naturaleza, y por consiguiente todos los sistemas y estados transformados tienden a su estado original. El acero, obtenido industrialmente a partir de formas naturales que se encuentran en la naturaleza (óxidos, sulfuros, carbonatos) con utilización de tratamientos térmicos muy enérgicos, en suma, con grandes aportes de energía, tienden a liberar la misma con el tiempo volviendo a su estado original. A esta tendencia se la denomina "corrosión", y al proceso que la origina y conduce "oxidación". El interés del hombre, por tanto, es hacer que ese proceso natural sea lo más lento posible, y uno de los medios que utiliza es la aplicación de revestimientos protectores. Evidentemente, la corrosión tiene innumerables causas originarias, de tipo ambiental, químico, físico, etc.

Trataremos exclusivamente el proceso electroquímico provocado en gran parte por agentes atmosféricos en los que es imprescindible la presencia de humedad. En la superficie de acero, que no es homogénea en su constitución, se encuentran presentes diversos elementos como: carbono, azufre, fósforo, etc.

Entre estos elementos y el hierro existen diferencias físicas y/o químicas que originan la aparición de diferencias de potencial. Estas diferencias de potencial, en presencia de humedad, permitirán la aparición de una pequeña corriente eléctrica entre estos elementos. El hierro, en este caso funciona como ánodo, y los elementos restantes como cátodos. En este proceso, el hierro pasa a solución convirtiéndose en óxido de hierro (herrumbre) formando pequeños montículos sobre la superficie. El proceso, químicamente representado, es el siguiente: en el ánodo, el hierro entra en solución pasando a ion ferroso y liberando electrones, los electrones producidos pasan a través del metal al cátodo, donde al reaccionar con el agua y el oxígeno, desprenden iones hidróxidos. En la parte anódica, los iones hidroxilo, provenientes del cátodo, reaccionan con los iones ferrosos que se difunden en el ánodo, con formación del hidróxido ferroso. Este hidróxido ferroso, en presencia del oxígeno se oxida y da lugar a un óxido férrico hidratado que es conocido como herrumbre. Este proceso en atmósferas industriales o marinas se acelera y se torna más peligroso al añadirse otros elementos agresivos diversos.

De todo lo anterior cabe deducir que la solución ideal, por tanto, sería colocar sobre el hierro una barrera, que siendo impermeable, impidiera el paso del agua y oxígeno. Lamentablemente las pinturas y recubrimientos utilizados en protección pasiva permiten el paso de agua y oxígeno (la primera en estado acuoso es más difícil de evitar) provocando el proceso de oxidación.

Un importante número de pinturas, incluirán en su formulación pigmentos inhibidores que dificulten o retrasen tal proceso de oxidación. En la actualidad se han desarrollado formulaciones que contienen altos porcentajes de pigmentos inhibidores o que ofrecen una protección catódica muy aceptable, y que convenientemente protegidas por las capas superiores del sistema especificado para cada caso, aseguran comportamientos óptimos a largos plazos.

El ensayo contemplado trata de evaluar la protección anticorrosiva que proporciona la pintura a las superficies metálicas sobre las que se aplica. La resistencia se evalúa de acuerdo a un procedimiento normalizado en cámara de niebla salina con unas condiciones de operación establecidas o acordadas. Se determina el grado de corrosión por comparación entre probetas o por comparación con el estándar.

Resistencia a la humedad.

Se someten a un tratamiento en cámara humidostática durante un determinado tiempo de acuerdo a normas, se observa la aparición de ampollas, corrosión, reblandecimiento, amarilleo, etc. de la película de pintura.

Resistencia a la intemperie.

UNE-EN ISO 16474-1:2014, vigente 03 / 09 / 2014. Pinturas y barnices. Métodos de exposición a fuentes luminosas de laboratorio. Parte 1: Guía general. (ISO 16474-1:2013).

UNE-EN ISO 16474-2:2014, vigente 03 / 09 / 2014. Pinturas y barnices. Métodos de exposición a fuentes luminosas de laboratorio. Parte 2: Lámparas de arco de xenón (ISO 16474-2:2013).

El ensayo natural es una exposición a la intemperie como se ha comentado. El ensayo acelerado se realiza de acuerdo a procedimientos estándar en cámaras de envejecimiento acelerado como *Xenotest 150, Weather-Ometer*, donde se somete a la pintura a la acción de radiación UV, calor, humedad o ciclos lluvia-seco, etc. en condiciones controladas con un factor de aceleración. Se contrasta con escala de azules o medida de degradaciones, pérdida de color, brillo, caleo, agrietamiento, etc.

Las normas utilizadas son muy diversas y en ocasiones específicas de los fabricantes del producto donde va a ir aplicada la pintura o tinte. Casi todas las normas definen o se refieren a los dos equipos de ensayo acelerado reseñados.

Dentro de esta categoría de ensayos de degradación podemos incluir variación a cambios bruscos de temperatura o choques térmicos.

Resistencia al calor de recubrimientos orgánicos, según:

UNE 48033:1980, vigente 15 / 10 / 1980. Pinturas y barnices. Resistencia al calor (85 grados centígrados) de recubrimientos orgánicos.

UNE-EN ISO 2812-1:2018, vigente 21 / 03 / 2018. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a líquidos. Parte 1: Inmersión en líquidos distintos al agua. (ISO 2812-1:2017).

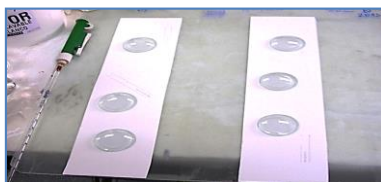
UNE-EN ISO 2812-2:2020, vigente 19 / 02 / 2020. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a líquidos. Parte 2: Método de inmersión en agua. (ISO 2812-2:2018).

UNE-EN ISO 2812-3:2020, vigente 19 / 02 / 2020. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a líquidos. Parte 3: Método empleando un medio absorbente. (ISO 2812-3:2019).

UNE-EN ISO 2812-4:2018, vigente 21 / 03 / 2018. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a líquidos. Parte 4: Método de la gota. (ISO 2812-4:2017).

UNE-EN ISO 2812-5:2020, vigente 19 / 02 / 2020. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a líquidos. Parte 5: Método de gradiente de temperatura en horno. (ISO 2812-5:2018).

Respecto al factor de aceleración que se produce en los equipos de resistencia a la intemperie, no existe ninguna forma de extrapolarlo. Esto es debido a que, en el envejecimiento natural, además de la propia corrosión de la sal presente en el ambiente actúan efectos de temperatura, cambio de temperatura que crean *stress* térmico, degradación solar y otros factores.



En la industria se ha terminado por aceptar una serie de normas (a veces generales de sectores concretos y muchas veces, como en el sector de la automoción, específicas de cada cliente), donde, por un lado, se definen una serie de ensayos, y por otro, se definen unas fotos-patrones de degradación. Si la probeta se degrada menos que la foto-patrón, se da por bueno el recubrimiento.

Por tanto, hay multitud de normas que describen la corrosión por niebla salina. Entre las más habituales y que no contemplan ensayos cíclicos ni complicaciones están:

- **ASTM B 117.** Muestras expuestas a un *spray* indirecto de pH 6.5 a 7.2 y que cae sobre las muestras a razón de 1.0 a 2.0 ml/80cm²/hora, y con la cámara a +35°C. La duración del ensayo es variable en función del tipo de estudio.

Entre las específicas del sector de pinturas se pueden citar:

- **UNE-EN ISO 9227:2023, vigente 13 / 09 / 2023. Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina. (ISO 9227:2022).**
- **UNE-EN ISO 9227:2023, vigente 13 / 09 / 2023. Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina. (ISO 9227:2022).**
- **UNE-EN ISO 11997-1:2018, vigente 23 / 05 / 2018. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a condiciones cíclicas de corrosión. Parte 1: Humedad (niebla salina) /sequedad/humedad. (ISO 11997-1:2017).**

- **UNE-EN ISO 11997-2:2014, vigente 09 / 07 / 2014. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a condiciones cíclicas de corrosión. Parte 2: Humedad (niebla salina) /sequedad/humedad/luz UV. (ISO 11997-2:2013).**
- **EN ISO 11997-3:2023, vigente 25 / 10 / 2023. Paints and varnishes - Determination of resistance to cyclic corrosion conditions - Part 3: Testing of coating systems on materials and components in automotive construction (ISO 11997-3:2022).**



Cámara de niebla salina



Xenotest

OTROS ENSAYOS DE INTERES EN CONTROL CALIDAD PINTURAS.

Desde el punto de vista de la realidad cotidiana del laboratorio de ensayos es frecuente tener que buscar la norma nacional más adecuada o la internacional equivalente para realizar ensayos de recubrimientos como los propuestos, enfocar para qué tipo de pinturas y aplicaciones tendría interés y valorar a través de estos parámetros que tipos de pintura seleccionar, así como ver qué tipo de ensayos serían sustitutivos, similares y alternativos.

Ensayos mecánicos o físicos en superficies pintadas:

DUREZA. Péndulo Persoz y Köning. UNE-EN ISO 1522:2023, vigente 28 / 06 / 2023.

Pinturas y barnices. Ensayo de amortiguación del péndulo. (ISO 1522:2022).

Igual que el proceso de secado, el proceso de endurecimiento, a efectos de control, se debe hacer en condiciones perfectamente establecidas. Hay muy distintos aparatos para ver la dureza, el más extendido y sujeto a menos errores es el péndulo de Persoz. La probeta de pintura actúa como soporte del péndulo, al que se hace oscilar entre dos posiciones; si la película está blanda, los soportes penetrarán en cierto modo en la pintura, y dejará de oscilar pronto; si la película está dura, el tiempo necesario para que se frene la oscilación será mayor.

También **UNE-EN ISO 15184:2020, vigente 22 / 07 / 2020. Pinturas y barnices.**

Determinación de la dureza de película mediante el ensayo de lápiz. (ISO 15184:2020).

La dureza superficial es la resistencia que ofrece un material o recubrimiento a una alteración permanente mediante la aplicación de una fuerza mecánica como puede ser la presión, frote o rayado. La dureza no es exactamente una propiedad del material, sino que depende de otras propiedades como la elasticidad, la plasticidad y la cohesión.

Existen diferentes métodos para realizar la medición de la dureza superficial de pinturas.

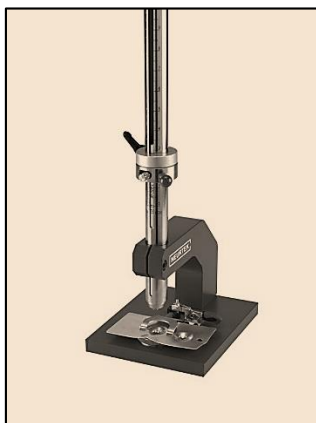
- Método del rayado, el cual se realiza con durómetros de lápiz y nos da la resistencia al rayado de una película de pintura.
- Método de penetración, que nos da la capacidad de resistencia de una película a resistir la penetración en la misma de un objeto punzante. Este método se realiza con aparatos especiales del tipo BUCHHOLZ, BARCOL y SHORE.
- Métodos de péndulo, que determina la dureza mediante la resistencia a la rodadura de unas esferas sobre la superficie de la pintura. Entre estos métodos tenemos los de péndulo PERSOZ o el de KONIG.



RESISTENCIA IMPACTO. Impactómetro caída percutor.

UNE-EN ISO 6272-1:2012, vigente 27 / 01 / 2012. Pinturas y barnices. Ensayos de deformación rápida (resistencia al impacto). Parte 1: Ensayo de caída de una masa con percutor de gran superficie. (ISO 6272-1:2011).

UNE-EN ISO 6272-2:2012, vigente 27 / 01 / 2012. Pinturas y barnices. Ensayos de deformación rápida (resistencia al impacto). Parte 2: Ensayo de caída de una masa con percutor de pequeña superficie. (ISO 6272-2:2011)



Impactómetro NEURTEK

PLEGADO-FLEXIBILIDAD del recubrimiento: mandril cónico, mandril cilíndrico.

Resistencia de las películas de pintura al agrietamiento y desprendimiento de un sustrato. Definimos la resistencia al doblado de una película seca de pintura como la adherencia de dicha película sobre el sustrato en un determinado radio y nos indica la elasticidad y su adherencia al ser sometida a dicha fuerza

Normas habituales:

UNE-EN ISO 6860:2007, vigente 07 / 03 / 2007. Pinturas y barnices. Ensayo de plegado (mandril cónico) (ISO 6860:2006).

UNE-EN ISO 1519:2011. Pinturas y barnices. Ensayo de plegado (mandril cilíndrico). (ISO 1519:2011)



Mandril cilíndrico



Mandril cónico

ENSAYO de RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.

Resistencia por método *abrasímetro TABER*.

UNE 48250. *Pinturas y barnices. Resistencia a la abrasión. Método Taber.*

También UNE-EN ISO 7784-1:2023, vigente 20 / 12 / 2023. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a la abrasión. Parte 1: Método de ruedas revestidas con papel abrasivo y probeta de ensayo rotativa. (ISO 7784-1:2023).

UNE-EN ISO 7784-2:2023, vigente 20 / 12 / 2023. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a la abrasión. Parte 2: Método de ruedas de caucho abrasivas y probeta de ensayo rotativa. (ISO 7784-2:2023).

UNE-EN ISO 7784-3:2023, vigente 28 / 06 / 2023. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a la abrasión. Parte 3: Método con rueda cubierta de papel abrasivo y probeta de ensayo sometida a un movimiento de vaivén lineal. (ISO 7784-3:2022).



Abrasímetro Taber

ENSAYO DE EMBUTICIÓN.

La chapa de ensayo pintada o provista de un recubrimiento protector es estampada a presión contra una matriz mediante un troquel con forma de bola y expandida hasta que la pintura o el recubrimiento se agrieta o se descascarilla. La profundidad hasta la que ha penetrado el troquel de bola en el instante en que comienza el deterioro es la medida que indica la calidad de la pintura o del recubrimiento en cuanto a capacidad de extensión y adherencia. Esta máquina de ensayo sencilla y manual es especialmente apropiada para comprobar la calidad de lacas, pinturas, recubrimientos plásticos y esmaltados. Máquina *Erichsen*.

Norma: UNE-EN ISO 1520:2007, vigente 28 / 03 / 2007. Pinturas y barnices. Ensayo de embutición. (ISO 1520:2006)



Equipo para ensayo embutición

Absorción de aceite por los pigmentos: UNE-EN ISO 787-5:1996, vigente 19 / 06 / 1996
Métodos generales de ensayo para pigmentos y extendedores. Parte 5: Determinación de la absorción de aceite. (ISO 787-5:1980).

UNE-EN ISO 13076:2020, vigente 03 / 06 / 2020. Pinturas y barnices. Iluminación y procedimiento para las evaluaciones visuales de los recubrimientos. (ISO 13076:2019).

UNE-EN ISO 15528:2021, vigente 16 / 06 / 2021. Pinturas, barnices y materias primas para pinturas y barnices. Toma de muestras. (ISO 15528:2020).

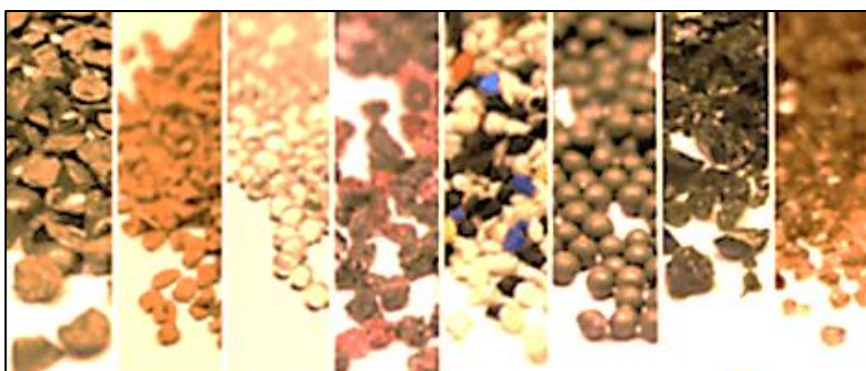
UNE-EN ISO 1513:2010, vigente 20 / 10 / 2010. Pinturas y barnices. Examen y preparación de las muestras para ensayo. (ISO 1513:2010).

UNE-EN ISO 4618:2023, vigente 31 / 10 / 2023. Pinturas y barnices. Vocabulario. (ISO 4618:2023).

Residencia al gravillonado.

Este tipo de ensayo intenta reproducir los efectos que produce la grava al golpear sobre una superficie pintada. Es un ensayo habitual en las normas de los fabricantes del automóvil y la forma de realizar este ensayo es simple y sencillo, consiste en colocar una probeta en un soporte y se hace caer a través de un tubo un peso determinado de grava, o abrasivo, que variará según la norma a cumplir.

Dependiendo del grado de desprendimiento de la pintura y de si ha llegado a la chapa o ha quedado capas de pintura o imprimación dispondremos de una escala de valoración, la cual nos dará si pasa o no pasa.



VALORACIÓN DE LA PINTURA DESDE PUNTO DE VISTA MEDIOAMBIENTAL:

Toxicidad componentes. Metales y disolventes tóxicos. Digestión ácida y cuantificación por espectroscopía ICP para el caso de metales. Destilación en rotavapor y cromatografía gases para el caso de disolventes alifáticos y aromáticos. Normas ASTM D-3257, ASTM D-235.

Espectro infrarrojo vehículo fijo extraído, por espectroscopía FTIR. Como normas de empleo más habitual se indican: UNE 48236:1995, vigente 28 / 06 / 1995. Pinturas y barnices. Obtención del espectrograma en el infrarrojo del vehículo fijo extraído y ASTM D-2621.

Contenido en COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES (COV). CROMATOGRAFIA DE GASES norma ASTM D1364.

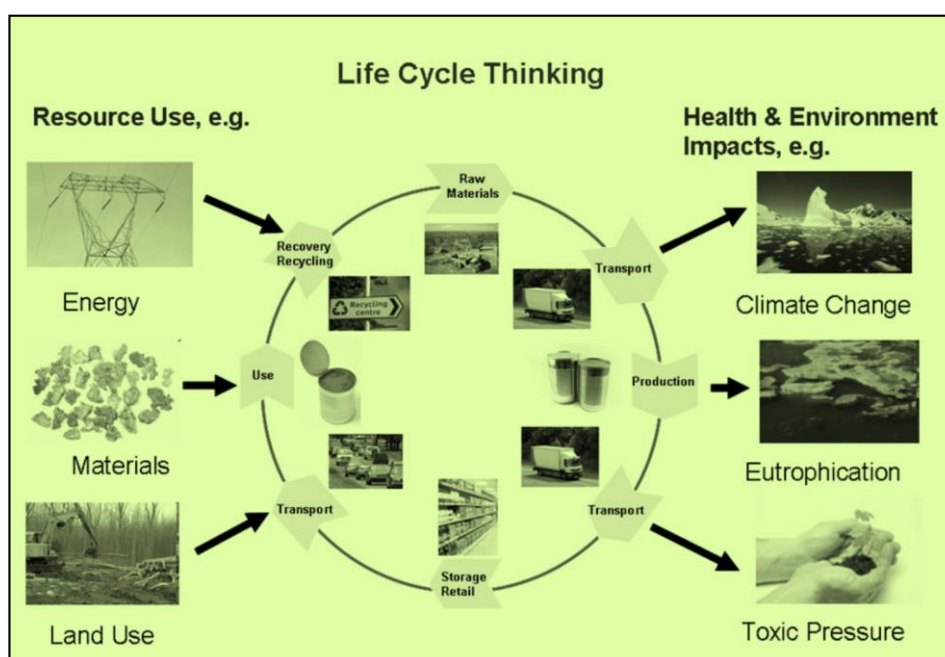
UNE 48300. Pinturas y barnices. Criterios ecológicos. Ecotoxicología y destino en el medio ambiente. Actualmente se encuentra anulada.

DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 13 de agosto de 2008 por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a las pinturas y barnices de interior [notificada con el número C (2008) 4453].

DECISIÓN DE LA COMISIÓN. De 13 de agosto de 2008 por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a las pinturas y barnices de exterior.

REGLAMENTO (CE) No 66/2010 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de noviembre de 2009 relativo a la etiqueta ecológica de la UE.

European Platform on Life Cycle Assessment.



COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES COV ó (*Volatil Organic Compounds*) VOC.

La reglamentación con respecto a estos compuestos está recogida en la Directiva de la UE 2004/42/CE y otra reglamentación de actualización posterior.

DIRECTIVA 2004/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 21 de abril de 2004 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículos, por la que se modifica la Directiva 1999/13/CE.

Real Decreto 227/2006, de 24 de febrero, por el que se complementa el régimen jurídico sobre la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos.

Orden PRE/1665/2012, de 19 de julio, por la que se modifica el anexo III del Real Decreto 227/2006, de 24 de febrero, por el que se complementa el régimen jurídico sobre la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos.

Define como *compuestos orgánicos* a cualquier sustancia que contenga como mínimo el elemento carbono y uno o más de los siguientes: hidrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, silicio, nitrógeno o algún halógeno, con la excepción de los óxidos de carbono y los carbonatos y bicarbonatos inorgánicos.

Se consideran como ***compuestos orgánicos volátiles COV***, a cualquier compuesto orgánico cuyo **punto de ebullición** inicial sea **inferior a 250 °C** a la presión normal, o sea 101,3 kPa. El contenido en COV se expresa en gramos/litro. Debe tenerse en cuenta que los compuestos orgánicos volátiles que durante el proceso de curado o secado pasan a formar parte del film seco NO se consideran COV. Asimismo debe considerarse que el COV se calcula sobre la pintura al uso y por lo tanto si este producto precisa una cantidad de disolvente para ser aplicado deberá tenerse en cuenta para el cálculo de COV.

Compuestos orgánicos semi-volátiles son aquellos cuyos puntos de ebullición se encuentran comprendidos entre 250 °C y 400 °C a la presión normal.

Con objeto de establecer los límites del COV la directiva diferencia en subcategorías o tipos de pinturas (pinturas, esmaltes, barnices, etc.) y dentro de cada subcategoría diferencia entre recubrimientos BASE AGUA y BASE DISOLVENTE.

Normas para determinar COV:

UNE-EN ISO 11890-1:2007, vigente 10 / 10 / 2007. Pinturas y barnices. Determinación del contenido en compuestos orgánicos volátiles (COV). Parte 1: Método por diferencia. (ISO 11890-1:2007).

UNE-EN ISO 11890-2:2021, vigente 16 / 06 / 2021. Pinturas y barnices. Determinación del contenido en compuestos orgánicos volátiles (COV) y/o compuestos orgánicos semivolátiles (COSV). Parte 2: Método por cromatografía de gases. (ISO 11890-2:2020).

EN ISO 11890-1:2024, CEN vigente 22 / 05 / 2024. *Paints and varnishes - Determination of volatile organic compounds (VOC) and/or semi volatile organic compounds (SVOC) content - Part 1: Gravimetric method for VOC determination (ISO 11890-1:2024).*

UNE-EN ISO 17895:2006, vigente 01 / 03 / 2006. Pinturas y barnices. Determinación del contenido en compuestos orgánicos volátiles en las pinturas en emulsión con bajo contenido en COV (COV en envase). (ISO 17895:2005)

La directiva incluye en su artículo 4, cómo deben etiquetarse los productos:

- Subcategoría del producto con su límite de COV expresado en gramos/litro según se indica en el Anexo 2 de la directiva, o sea, al uso.
- Contenido máximo real de COV en g/l del producto al uso.

El cálculo teórico puede efectuarse con bastante exactitud cuando el film seco se obtiene a partir de la eliminación de disolventes o mediante reacciones reticuladas estequiométricamente al 100%.

Deben considerarse como COV determinados plastificantes con puntos de ebullición inferiores a 250 °C y también aditivos como coalescentes, agentes antipiel y otros que puedan evaporarse. En el caso de las emulsiones poliméricas se considerará como COV el monómero libre de estas.

Se adjuntan tablas con contenidos máximos de COV de la directiva, aunque dados los estudios científicos y avance técnico suelen variar con relativa frecuencia.

Apartado B: contenido máximo en COV de los productos de renovación del acabado de vehículos			
	Subcategoría de producto	Recubrimiento	g/l.*Fase 1-1-2007
A	Preparación y limpieza	Producto preparatorio Producto de prelimpieza	850 200
B	Masillas y masillas de alto espesor/ sellantes	Todos los tipos	250
C	Imprimaciones	Intermedia selladora e imprimaciones generales de metal Imprimaciones fosfatantes	540 780
D	Monocapa	Todos los tipos	420
E	Acabados especiales	Todos los tipos	840

* g/l de producto listo para su empleo. Excepto para la subcategoría a) debería descontarse el contenido de agua del producto listo para su empleo.

Apartado A: contenido máximo en COV de las pinturas y barnices

	Subcategoría de producto	Tipo	g/l *Fase 1-1-2007	g/l *Fase 1-1-2010
a	Productos mates para interiores: paredes y techos (brillo < 25% a 60°)	BA BD	75 400	30 30
b	Productos brillantes para interiores: paredes y techos (brillo > 25% a 60°)	BA BD	150 400	100 100
c	Productos para paredes exteriores de sustrato mineral	BA BD	75 450	40 430
d	Pinturas interiores/exteriores para madera o metal, carpintería y revestimientos	BA BD	150 400	130 300
e	Barnices y lasures interiores/exteriores para carpintería, incluidos los opacos	BA BD	150 500	130 400
f	Lasures interiores/exteriores de espesor mínimo	BA BD	150 700	130 700
g	Imprimaciones	BA BD	50 450	30 350
h	Imprimaciones consolidantes	BA BD	50 750	30 750
i	Recubrimientos de altas prestaciones de un componente	BA BD	140 600	140 500
j	Recubrimientos reactivos de altas prestaciones de dos componentes para usos finales específicos, por ejemplo, suelos	BA BD	140 550	140 500
k	Recubrimientos multicolor	BA BD	150 400	100 100
l	Recubrimientos de efectos decorativos	BA BD	300 500	200 200

* g/l de producto listo para su empleo.



ÁMBITO: **EUROPA**. Etiqueta ecológica de la Unión Europea - EU Ecolabel
<http://www.eco-label.com/spanish>.



ÁMBITO: **ESPAÑA**. AENOR Medio Ambiente <http://www.aenor.es>



ÁMBITO: **ALEMANIA**. Ángel Azul - Umweltzeichen Weil <http://www.blauer-engel.de>

RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 9 de abril de 2013 sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida. (Texto pertinente a efectos del EEE) (2013/179/UE).

Se recoge un extracto de la mencionada recomendación, dado que es muy extensa sobre el Ciclo de Vida de productos y servicios y como evaluar su impacto en el medio ambiente.

CONSIDERACIONES GENERALES DE LOS ESTUDIOS DE HUELLA AMBIENTAL DE LOS PRODUCTOS (HAP)

1.1. Enfoque y ejemplos de posibles aplicaciones

La huella ambiental de los productos (HAP) es una medida multicriterio del comportamiento ambiental de un bien o servicio a lo largo de su ciclo de vida (13). El objetivo general de presentar información sobre la HAP es tratar de reducir el impacto ambiental de los bienes y servicios.

El presente documento proporciona orientaciones sobre cómo calcular una HAP y cómo establecer requisitos metodológicos para categorías específicas de productos destinados a utilizarse en las reglas de categoría de huella ambiental de los productos (RCHAP). Las RCHAP constituyen la ampliación y el complemento necesarios de las orientaciones generales para los estudios de HAP.

A medida que se establezcan, las RCHAP desempeñarán un papel fundamental en la mejora de la reproducibilidad, coherencia y pertinencia de los estudios de HAP. Las RCHAP contribuyen a centrar la atención en los parámetros más importantes y, por tanto, a reducir asimismo el tiempo, los esfuerzos y los costes necesarios para realizar un estudio de HAP.

Sobre la base de un enfoque del ciclo de vida (14), la Guía de la HAP proporciona un método de modelización del impacto ambiental de los flujos de materia/energía y los flujos de emisiones y residuos (15) resultantes asociados a un producto (16) desde la perspectiva de la cadena de suministro (17) (desde la extracción de las materias primas (18) hasta la gestión final de los residuos, pasando por el uso).

El enfoque del ciclo de vida tiene en cuenta el conjunto de flujos de recursos e intervenciones ambientales asociados a un producto u organización desde la perspectiva de la cadena de suministro. Incluye todas las etapas desde la adquisición de materias primas, pasando por el tratamiento, distribución y uso, hasta los procesos de fin de vida, así como todos los impactos ambientales correspondientes, los efectos sobre la salud, las amenazas relacionadas con los recursos y las cargas para la sociedad.

Se destina principalmente a expertos técnicos que tienen que realizar un estudio de HAP, por ejemplo ingenieros y gestores ambientales. Para utilizar esta Guía con vistas a la realización de un estudio de HAP no se requiere experiencia en métodos de evaluación ambiental.

El método de HAP se basa en el enfoque del ciclo de vida. El enfoque del ciclo de vida aplicado a la gestión ambiental y, en general, el concepto de ciclo de vida (CCV) tienen en cuenta todas las interacciones ambientales pertinentes asociadas a un bien, servicio, actividad o entidad desde la perspectiva de la cadena de suministro. Este enfoque contrasta con el planteamiento centrado en los impactos a nivel de emplazamiento o en un impacto ambiental concreto a fin de reducir la posibilidad de desplazamiento no intencionado de las cargas, el desplazamiento de la carga de impacto ambiental de una etapa a otra de la cadena de suministro, de una categoría de impacto a otra, entre los impactos y la eficiencia en el uso de los recursos y/o entre países. Para desarrollar un modelo que ofrezca una representación realista de esos flujos físicos e impactos, deben definirse parámetros de modelización basados, en la medida de lo posible, en relaciones y términos físicos evidentes.

PASOS PARA REALIZAR UNA DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO (DAP).

Seleccionar los Requerimientos Específicos de Producto (REP) relacionados con el producto.

Recoger y calcular la información basada en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y otros tipos de datos para ser incluidos en la DAP de acuerdo con los REP.

Recoger la información para redactar la DAP.

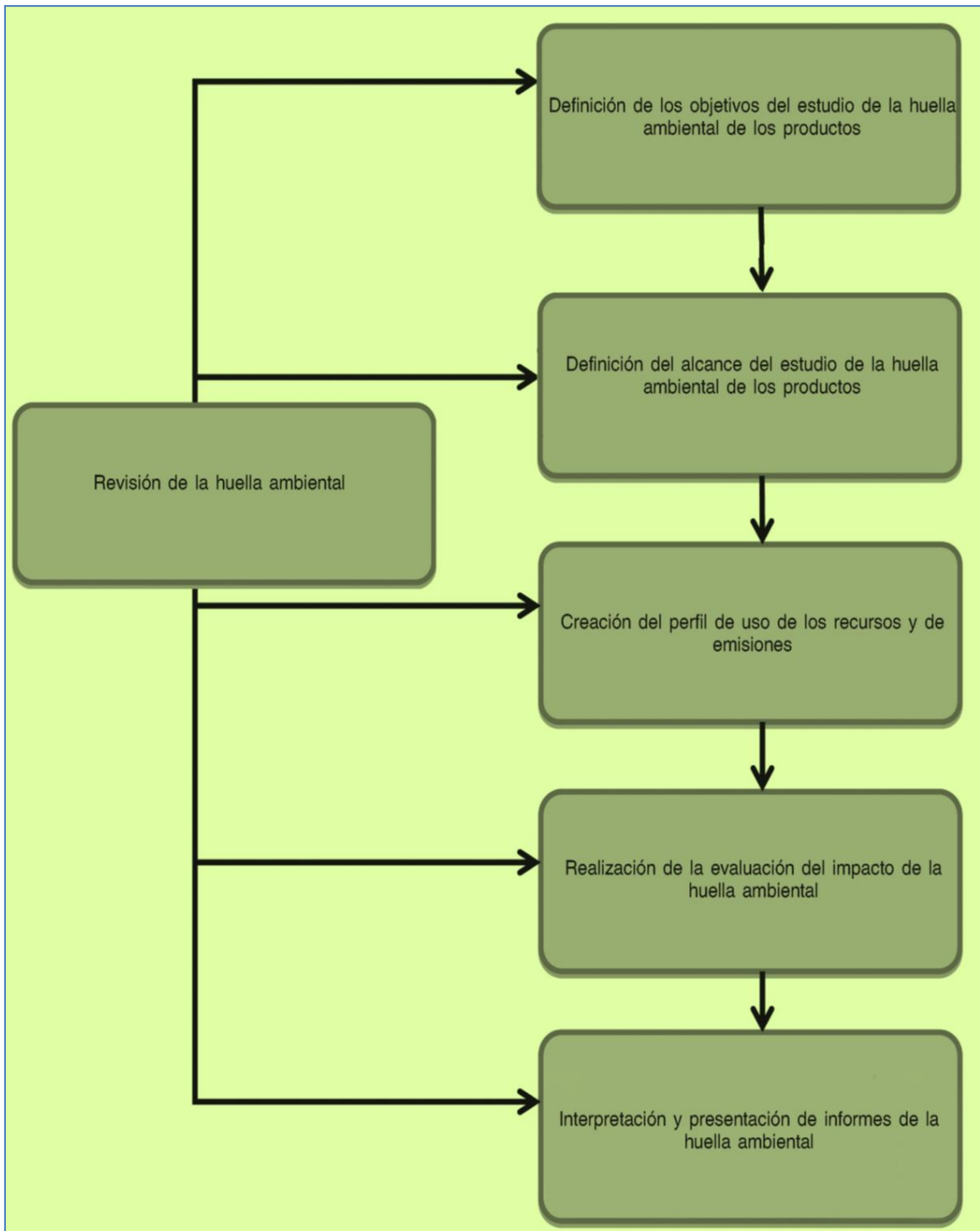
Verificar la información por una tercera parte y registrarla en el programa DAP.

Programas de declaraciones ambientales de productos existentes.

Para conseguir una DAP es conveniente aplicar directamente los programas ya existentes. Para ello, puede consultar la Red Global de Declaraciones Ambientales de Producto (GEDnet), www.gednet.org, que proporciona información sobre la gran mayoría de iniciativas desarrolladas en todo el mundo en este campo.

NUEVA NORMATIVA SOBRE ETIQUETADO ECOLÓGICO PARA PINTURAS Y BARNICES: DECISIÓN DE LA COMISIÓN (2014/312/UE) de 28 de mayo de 2014 por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica de la Unión Europea a las pinturas y barnices de interior y exterior.





Fases de un estudio de huella ambiental de los productos

DEFECTOS EN PINTURAS: causas, soluciones, preparación de las superficies, mejoras en la preparación de la pintura y/o la aplicación, factores ambientales, condiciones de temperatura y humedad relativa, etc.

Defectos de superficie. Acción de los agentes de superficie.

Este tipo de aditivos en la pintura es de vital importancia para impedir ciertos defectos superficiales y para mejorar características de la superficie de la película. Los principales defectos o alteraciones que se presentan en la superficie de un film seco son los siguientes:

Cabezas de aguja (pinhols): son agujeros finos y profundos producidos por impurezas depositadas en la superficie del soporte.

Cráteres: es un defecto parecido al anterior, se origina cuando la tensión superficial de la pintura es excesivamente elevada o se ha aplicado a una viscosidad excesiva.

Flash rust: aparición de puntos de oxidación aislados cuando una pintura en base acuosa se aplica sobre superficies férricas. Se evita incluyendo en su formulación inhibidores de corrosión.

Flotación (floating): se observa en la superficie de la pintura seca una trama hexagonal donde la intensidad de color es superior en el perímetro de los hexágonos. A este entramado hexagonal se le conoce como *células de Bernard* y se produce en superficies horizontales.

Mancha de caracol: manchas blanquecinas verticales habitualmente en fachadas como consecuencia de un mojado de la pintura antes de secado o cambios en la viscosidad por inadecuada dilución.

Ojos de pez (fish-eyes): se presenta también cuando el sustrato está contaminado con grasas, ceras, partículas de suciedad, zonas de distinta tensión superficial.

Piel de naranja (orange peel): la pintura seca presenta una superficie no lisa, sino con ondulaciones, imita piel de naranja.

Silking: es el mismo efecto de la flotación en superficies verticales. Se aprecia por la formación de bandas verticales de mayor intensidad.

Zonas barridas en forma de líneas que la pintura no ha mojado. Son debidas a que durante la limpieza del sustrato o de la primera capa de pintura quedan residuos normalmente grasos.

Normas de uso frecuente para evaluación y clasificación de defectos son:

UNE-EN ISO 21227-1:2004, vigente 07 / 05 / 2004. Pinturas y barnices. Evaluación de defectos de superficies pintadas utilizando imágenes ópticas. Parte 1: Principios generales. (ISO 21227-1:2003).

UNE-EN ISO 21227-2:2007, vigente 21 / 02 / 2007. Pinturas y barnices. Evaluación de defectos de superficies pintadas utilizando imágenes ópticas. Parte 2: Procedimiento de evaluación a partir del ensayo de desconchamiento por impactos múltiples de piedras (ISO 21227-2:2006).

UNE-EN ISO 21227-3:2007, vigente 25 / 07 / 2007. Pinturas y barnices. Evaluación de defectos de superficies pintadas utilizando imágenes ópticas. Parte 3: Evaluación de la delaminación y corrosión alrededor de una incisión. (ISO 21227-3:2007).

UNE-EN ISO 21227-4:2008, vigente 28 / 05 / 2008. Pinturas y barnices. Evaluación de defectos de superficies pintadas utilizando imágenes ópticas. Parte 4: Evaluación de la corrosión filiforme. (ISO 21227-4:2008).

UNE-EN ISO 4628-2:2016, vigente 06 / 07 / 2016. Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 2: Evaluación del grado de ampollamiento. (ISO 4628-2:2016).

UNE-EN ISO 4628-6:2024, vigente 14 / 05 / 2024. Pinturas y barnices. Evaluación de la cantidad y tamaño de los defectos, y de la intensidad de los cambios uniformes de aspecto. Parte 6: Evaluación del grado de enyesado por el método de la cinta. (ISO 4628-6:2023).

UNE-EN ISO 4628-10:2016, vigente 06 / 07 / 2016. Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 10: Evaluación del grado de corrosión filiforme. (ISO 4628-10:2016, Versión corregida 2016-06-01).

UNE-EN ISO 4628-8:2013, vigente 17 / 04 / 2013. Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 8: Evaluación del grado de delaminación y corrosión a partir de una incisión u otro defecto artificial. (ISO 4628-8:2012).

Y todas las correlativas de la serie.

UNE-EN ISO 28199-1:2022, vigente 23 / 03 / 2022. Pinturas y barnices. Evaluación de las propiedades de los sistemas de recubrimiento relativas al proceso de aplicación.

Parte 1: Vocabulario y preparación de los paneles de ensayo. (ISO 28199-1:2021).

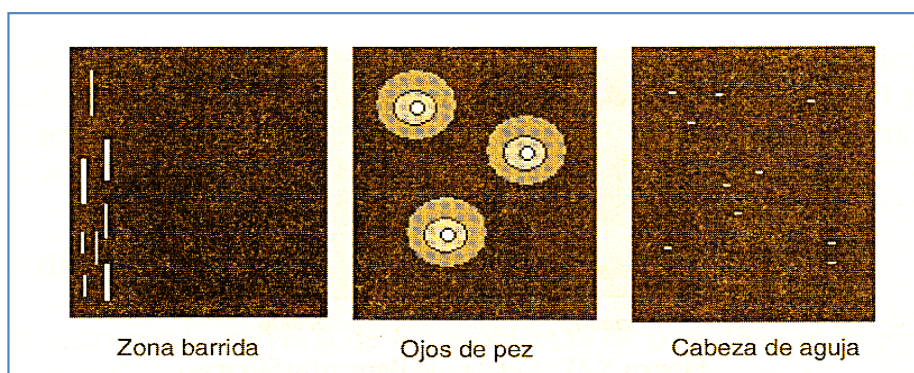
UNE-EN ISO 28199-2:2022, vigente 27 / 04 / 2022. Pinturas y barnices. Evaluación de las propiedades de los sistemas de recubrimiento relativas al proceso de aplicación.

Parte 2: Estabilidad del color, poder cubriente del proceso, redisolución, absorción de las pérdidas por pulverización, humectación, textura superficial y moteado. (ISO 28199-2:2021).

UNE-EN ISO 28199-3:2022, vigente 04 / 05 / 2022. Pinturas y barnices. Evaluación de las propiedades de los sistemas de recubrimiento relativas al proceso de aplicación.

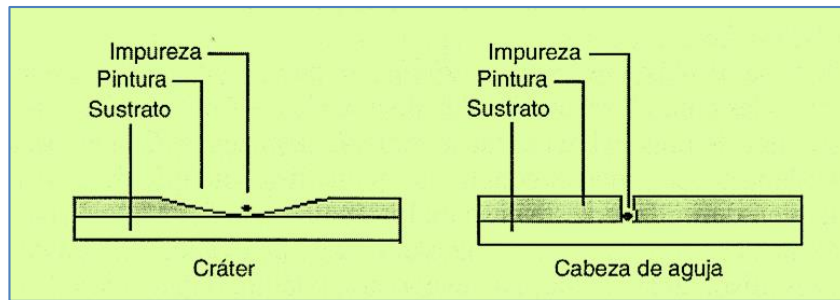
Parte 3: Evaluación del descuelgue, la formación de burbujas, los puntos de aguja y el poder cubriente. (ISO 28199-3:2021).

Los cuatro primeros problemas tienen un origen común, aunque se manifiesta de forma diferente. En la figura se aprecia el aspecto de cada defecto por la mala preparación del sustrato.



La elevada tensión superficial del líquido provoca zonas no mojadas. La solución pasa por una reducción de la tensión superficial. Estos problemas se ponen de manifiesto en la aplicación a pistola y por inmersión. La solución pasa en algunas ocasiones por una mayor dilución de la pintura a aplicar; cuando no sea posible se debe corregir mediante la adición de compuestos que igualen las tensiones superficiales del líquido y del sustrato.

Los ojos de pez y los cráteres se forman por razones similares, sin embargo, en los primeros interviene alguna partícula sólida contaminando la superficie. Los cráteres son muy similares en su formación a los ojos de pez, con la diferencia de que la formación del cráter indica una mayor tensión superficial del líquido.

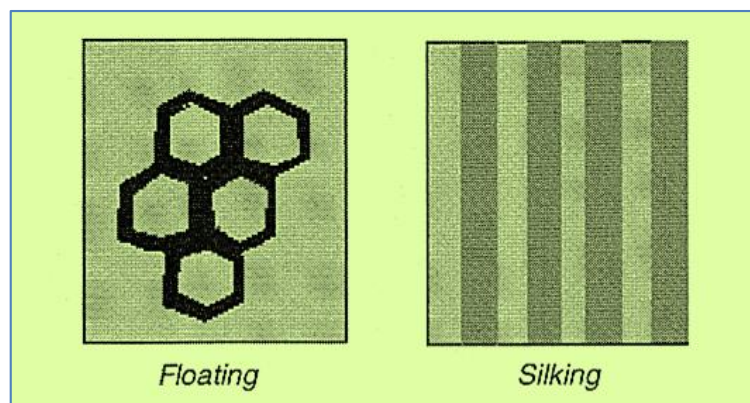


Diferencia entre cráter y aguja

Hay pinturas muy sensibles a este tipo de defectos, especialmente aquellas que secan de manera forzada. La solución es dilución y agentes modificadores tensión superficial, trabajar en cámaras limpias.

Por lo que respecta al *floating* y *silking* son problemas de origen similar. Durante el secado de la película de pintura se producen turbulencias en el seno de la misma debidas a que es en la parte superior en la que se produce la evaporación del disolvente y por lo tanto hay un incremento de la viscosidad y un aumento de la tensión superficial.

Estas turbulencias producen un movimiento hacia arriba por debajo de los pigmentos. En un momento determinado, por la elevada viscosidad y la alta tensión superficial este movimiento cesa y en superficies horizontales se muestra con la formación de entramados hexagonales, conocidos como *células de Bernard*, lados hexágonos presentan más tonalidad que en el interior.

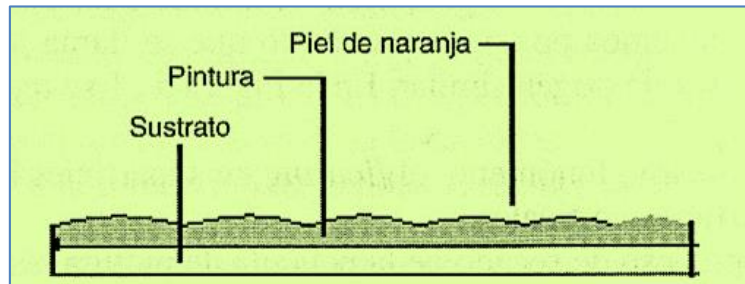


Células de Bernard y silking

En superficies verticales, por efecto de la gravedad, los hexágonos se alargan llegando a formar verdaderas bandas verticales coloreadas de distinta intensidad. Para resolver el problema, deberá mantenerse una tensión superficial baja hasta que la viscosidad sea suficientemente elevada como para evitar las turbulencias.

En pinturas plásticas el efecto *silking* se puede producir tanto en superficies verticales como horizontales debido a la viscosidad de aplicación, a la elevada pigmentación y sobre todo a su reología tixotrópica. Cuando se aplican a brocha, la superficie por lo general no queda lisa sino que deja las marcas de la brocha, en este caso en los valles se forman grietas. La solución a este problema pasa por ralentizar el tiempo de evaporación mediante tensoactivos, disolventes de ratio de evaporación lento, o la adición de ceras que retardan el tiempo de secado mediante el efecto barrera.

Otro efecto indeseado es la piel de naranja mostrado a continuación:



Aspecto del defecto denominado piel de naranja

También aquí tenemos un problema de tensión superficial, el aumento de viscosidad durante el proceso de secado no permite la nivelación del producto. La solución ya conocida es una dilución de la pintura, ralentización de la evaporación de disolvente o bien modificar mediante aditivos adecuados la tensión superficial.

Un fabricante importante de aditivos para pinturas y afines es **BYK-Gardner**.

Para un mayor detalle y ampliación de información, adjunto dos interesantes y completos documentos disponibles en red:

Problemas, causas y soluciones en el pintado del fabricante Sherwin – Williams.

file:///C:/Users/USER/Desktop/Normas%20pinturas%20rev%20oct23/Defectos%20pintado%20Serwin%20WilliamsCS-ARQ_compressed.pdf

Defectos en la aplicación de pinturas en carrocerías de los autores: Dosta Jordi y Jutglar Xavier.

<file:///C:/Users/USER/Desktop/Normas%20pinturas%20rev%20oct23/Defectos%20aplicacion%20pinturas%20en%20carrocerias%20Dosta.pdf>

PREPARACIÓN DE SUPERFICIES Y MÉTODOS DE PINTADO.

Entendemos por soporte toda superficie que vaya a ser posteriormente pintada o tratada. Y para que dicha pintura tenga las mayores garantías a la hora de su aplicación, será necesario que los soportes, cualquiera que sea su naturaleza (cemento y derivados, metálicos, madera, etc.), estén suficientemente preparados, antes de ser aplicados.



Cuando los soportes no están debidamente preparados pueden surgir problemas de diversa índole, como falta de adherencia, cuarteos, manchas de óxido, eflorescencias, manchas de humedad, mohos, etc.

Dichos problemas pueden y deben ser siempre evitados, y para ello será preciso que los soportes, en general, se encuentren:

- **perfectamente limpios**
- **exentos de humedad**
- **exentos de polvo**
- **sellados**
- **imprimados**

Debe hacerse hincapié en que, solamente cuando se observen las reglas anteriores, se estará seguro de que las pinturas aplicadas sobre los soportes demostrarán el buen comportamiento para el que han sido formuladas. A continuación, se expondrán con detalle algunos de los soportes más habituales y su preparación.

PREPARACION DE LAS SUPERFICIES

1.- Superficies de cemento y sus derivados.

Las superficies de cemento las podemos encontrar de las siguientes formas: revestimientos (enfoscados con arena fina), morteros, hormigón, hormigón celular y fibro-elementos, etc. Sus ventajas principales respecto de otros soportes son de dureza e impermeabilidad. Inconvenientes, su elevada alcalinidad y su difícil adherencia en fibrocemento y hormigón encofrado.

En un correcto pintado influyen, por un lado, las características del soporte. Por ejemplo, en un hormigón es importante que tenga la dosificación adecuada de cemento, por lo menos 250 kg por metro cuadrado, una terminación de fratasado fino, etc. y por otro lado, la preparación de la superficie, que es fundamental.

Todas las superficies deben estar perfectamente secas y fraguadas, con una adecuada porosidad y una limpieza que elimine suciedades, manchas de óxido, productos desencofrantes, etc. mediante un energético cepillado, con cepillos de púas de acero preferentemente, seguido de una aspiración de polvo, pues el suelo no debe tener polvo al aplicar el producto.

Es importante que la primera capa de pintura penetre 2 o 3 mm en el poro del hormigón; posteriormente una segunda capa terminará de sellar huecos y poros que no hubiesen quedado cerrados en la primera aplicación.

En general, el tiempo mínimo de fraguado debe ser por lo menos de un mes antes de pintar, y la alcalinidad debe ser tratada con una disolución de sal fuma, seguido de un lavado con abundante agua, dejándolo secar completamente.

En superficies de cemento, debido a su alcalinidad, no es aconsejable pintar con esmaltes grasos, debiendo utilizar pinturas con ligantes apropiados.

Dependiendo de la porosidad del soporte, será conveniente el tratamiento de la superficie con una selladora que permita el posterior acabado con pinturas especiales para exteriores. Con una buena limpieza y preparación, estas superficies no darán los problemas que generalmente se suelen presentar, como son la falta de adherencia, eflorescencias, formación de hongos, etc. En resumen, las superficies deberán quedar de la siguiente manera:

- cepilladas y perfectamente limpias.
- tratadas contra la alcalinidad y posteriormente lavadas y enjuagadas.
- selladas.

2.- Superficies metálicas.

Como norma, todas las superficies nuevas a tratar con pintura, deben decaparse de una manera enérgica. La mejor forma es la utilización del chorro de arena o granalla; no obstante, donde no sea posible esta técnica habrá que eliminar con cepillos o de otra forma, la costra de laminación, los óxidos y la suciedad en general.

Queremos resaltar que es completamente necesaria la eliminación de la cascarilla o costra de laminación adherida sobre las superficies metálicas o restos de pintura antigua.

Después de esta limpieza, serán eliminados de la superficie el polvo y restos de partículas. Si quedan residuos de aceite, se eliminarán con disolvente. Todas las superficies de acero, una vez limpias, deberán ser tratadas en primer lugar, con una imprimación que proporcione una eficaz protección anticorrosiva que, unido a un rápido secado, permita el posterior pintado con el mayor número posible de tipos de pintura. Cuando las superficies metálicas a pintar sean de cinc, aluminio, aleaciones de metales ligeros y metales no férricos, se imprescindible la aplicación de un buen *wash-primer* que, al mismo tiempo de fosfatar la superficie, forme una fina capa de excelente adherencia.

La preparación y posterior imprimación de las superficies metálicas es, por tanto, la parte más importante del proceso del pintado, debiendo tener las siguientes características:

- perfecta adherencia al soporte
- protección anticorrosiva
- buena resistencia
- buena cubrición
- rápido secado

3.- Superficies de madera.

La madera es uno de los más nobles materiales utilizados en la construcción, siendo la base de la industria del mueble. Este material que, aparte de su belleza natural, nos ofrece sus ventajas acústicas y térmicas, presenta, no obstante, una serie de inconvenientes que hay que tener en cuenta: es combustible, presenta una gran absorción al agua, normalmente es blando y fácilmente deformable, y además, puede ser atacado por multitud de hongos, bacterias e insectos.

Las características mínimas que deben cumplir las superficies de madera para un correcto pintado son:

- En primer lugar, las superficies deben estar perfectamente secas.
- El grado de humedad debe encontrarse entre el 5-10% en interiores y el 10-20% en exteriores
- Es imprescindible un tratamiento previo contra aquellos hongos, bacterias e insectos que puedan destruir y afeor la madera.
- Una buena limpieza, eliminando elementos extraños como grasas, polvos, etc., junto a un buen sellado de los nudos y vetas, dejarán la superficie lista para ser pintada, haciendo hincapié en que las capas intermedias deben ser fácilmente lijables.
- Por último, tener en cuenta que si la madera va a ir ubicada en exteriores, los barnices o pinturas utilizados deben ser flexibles, para que puedan secundar las dilataciones y contracciones que se produzcan, y resistentes a los agentes atmosféricos ; si van en interiores, se utilizarán productos más rígidos y resistentes a los roces.



Lasures: este es un producto especial para la madera que se encuentra en exteriores. Un *lasur* posee menor cantidad de partículas sólidas que un barniz, por lo que penetra profundamente en la fibra protegiendo de mayor manera. No forma película permitiendo que la madera “respire”, y su acabado puede ser satinado y brillante. Los *lasures* no pueden ser aplicados sobre otro tipo de pintura, sino sobre madera sin manos anteriores o sobre manos del mismo material en buenas condiciones. De la misma forma que el barniz tradicional, los *lasures* pueden contener ingredientes que protegen la madera de los rayos UV, hongos e insectos.

4.- Superficies de yeso y escayola.

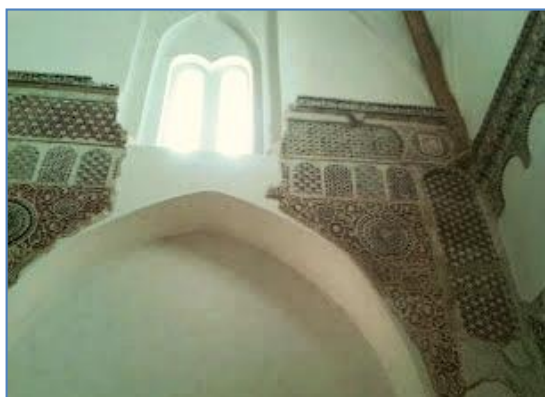
Las superficies de yeso se suelen encontrar siempre en interiores, debido a su poca dureza y a su gran absorción de agua. Entre sus ventajas principales, respecto de otros soportes, están su porosidad, que permite una buena adherencia, su incombustibilidad y su capacidad aislante.

Para un correcto pintado, las superficies deben estar perfectamente secas y exentas de humedad; por tanto, hay que esperar a que el yeso fragüe totalmente, pues de lo contrario se podría provocar una falta de adherencia.

Debe tener una porosidad adecuada, de forma que permitan una suficiente penetración de la pintura y, por último, deben ser sometidas a una limpieza a fondo que elimine suciedades, manchas de otros productos y salitres.

En general, el tiempo mínimo de secado debe ser, por lo menos, de un mes, antes de pintar. La superficie debe ser lijada perfectamente para eliminar los salitres provocados por las sales disueltas en el agua del amasado. No es aconsejable pintar las superficies de yeso o escayola con esmaltes grasos o *alquídicos* sin preparar la superficie anteriormente, aunque lo más adecuado para estos soportes es utilizar pinturas plásticas, debiendo sellar convenientemente todas aquellas superficies que tengan demasiada porosidad.

Con una buena preparación y limpieza, podremos eliminar de estas superficies una serie de problemas típicos como son la falta de adherencia, eflorescencias, formación de hongos, etc. Cuando estas superficies presentan demasiados defectos, se recomienda el plastecido y los acabados de relieve, como son los *gotelés*, rallados, panas, arpilleras, etc.



Yesería mudéjar en el Santuario de la Virgen Peregrina en Sahagún (León)

Métodos de aplicación.

La experiencia ha demostrado que a efectos de conseguir la deseada vida de la pintura, barniz o del revestimiento, la aplicación adecuada es tan importante como lo sea la preparación de la superficie y la adecuada selección de la pintura. El pintor experimentado debe estar familiarizado con los diferentes métodos de aplicación y reconocer las ventajas y limitaciones de cada uno. Además, este capítulo puede ser de ayuda a los ingenieros de construcción, arquitectos, supervisores, etc. para programar el pintado como parte integrante del proyecto y la construcción.

Los principales métodos de aplicación de pinturas y barnices son: aplicación a pistola por atomización con aire, aplicación *airless* y electrostática, aplicación con brocha y rodillo, aplicación con cepillos y llana de materiales espesos, inmersión, trenes de pintado etc.

Aunque las pinturas se aplican a pistola en la mayoría de los trabajos industriales o de gran volumen de obra, el pintado a pistola se hace cada vez más popular inclusive para los trabajos pequeños. La aplicación a brocha se realiza sólo cuando la aplicación a pistola no puede llevarse a cabo; en ciertos pintados de casas, en el pintado de ventanas y marquetería ya montada, etc., y cuando resulta peligroso o perjudicial la nube que se forma. El mayor uso de la aplicación a rodillo se hace con las pinturas al agua (emulsión o plásticas) en el interior de edificios y en muchos trabajos de obra en los cuales la aplicación a pistola resultaría económicamente poco rentable.

La pérdida de producto al aplicar a pistola es grande, pero gracias a la velocidad de aplicación, las pérdidas se compensan de sobra con el ahorro de mano de obra. La aplicación con pistola electrostática combina la velocidad con la mínima pérdida de pintura, por lo que procura su empleo tanto en aplicaciones en taller como en obras; sin embargo, tienen limitaciones que impiden casi totalmente su uso extensivo.

ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE PRODUCTO DURANTE SU APLICACIÓN

Método de aplicación	Pérdida de pintura
Aplicación a pistola convencional	30-50%
Aplicación a pistola en caliente	20-30%
Aplicación a pistola " <i>airless</i> "	20-40%
Aplicación a pistola electrostática	5-15 %
Aplicación a brocha o rodillo	5-15%

Si el producto no se puede homogeneizar mediante agitación hasta alcanzar el aspecto de un líquido se debe rechazar por considerarse defectuosa. Muchas pinturas y barnices forman una piel sobre la superficie del líquido mientras están en el envase. La piel se debe eliminar cuidadosamente del envase. Una piel bien formada se puede eliminar fácilmente en una sola pieza. Si la piel es dura o quebradiza eliminarla primero tanto como sea posible y después tamizar el producto a través de una malla fina antes de removerlo.

La agitación a mano se puede utilizar para envases menores de 8 litros. El mejor método es vaciar la parte más fluida en un envase limpio, a continuación mezclar la parte ligeramente sedimentada con una espátula, rompiendo cualquier aglomerado mediante frote contra las paredes del envase. Cuando la parte sedimentada se ha trabajado hasta el punto de que se presenta con una pasta suave se incorpora gradualmente la porción decantada con agitación continua. Finalmente trasvasar varias veces de un envase a otro. El mismo método se utiliza para añadir la pasta de aluminio u otras pastas de pigmentos a los barnices o pinturas.

La mezcla mecánica se debe utilizar siempre para envases de 20 litros o más, así como para la mezcla de cantidades relativamente pequeñas de catalizador en las pinturas viscosas. La mezcla se debe realizar mediante un impulsor o un agitador accionado por aire comprimido o por un motor eléctrico. La mezcla de envases (sin abrir) de un litro o menor se puede realizar mediante mezcladores mecánicos que rotan, agitan y vibran el envase.

El tiempo necesario para mezclar la pintura uniformemente se debe determinar por la experiencia. Este método no debe emplearse para las pinturas de emulsión o los barnices, a causa de que se introducen burbujas de aire en el material; estas burbujas escapan luego muy lentamente.

La dilución debe estar supervisada por una persona competente. Sólo se debe añadir la mínima cantidad del diluyente especificado, para obtener la viscosidad adecuada de acuerdo con el método de aplicación elegido. La mayoría de las pinturas y barnices suministran a la viscosidad adecuada para su aplicación a brocha o rodillo. Para el pintado convencional se necesita una viscosidad por lo general más baja, lo que requiere normalmente una cierta dilución.

Los diluyentes se adicionan antes de su aplicación a pistola para ajustar la pérdida de disolvente durante el tiempo en que el producto va de la pistola a la superficie. El tiempo de evaporación se puede controlar sólo hasta un cierto límite, variando la distancia de aplicación, por lo que ciertos aplicadores están confundidos al creer que se aumenta el tiempo de evaporación de los disolventes llamados bajos, manteniendo la pistola a una distancia de 60 cm, o más de la superficie, con los consiguientes resultados defectuosos.

Dentro de cada clase de disolvente, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, cetonas, alcoholes, éteres, etc., se pueden realizar una selección de disolventes que tengan la adecuada velocidad de evaporación. El tiempo de secado se ajusta adecuadamente mediante la selección de los disolventes de evaporación más rápidos o más lentos utilizados para su dilución.

En la dilución de cualquier pintura o barniz para su aplicación a pistola, el disolvente se debe de elegir entre los de clase adecuada como tales disolventes según el tipo de producto que se vaya a aplicar. La selección se hace dentro de ese grupo de acuerdo con la velocidad de evaporación que se precise; quedará como consecuencia una capa de pintura húmeda aplicada que fluirá adecuadamente sin lágrimas ni descolgaduras cuando la pistola se mantiene a una distancia normal de la superficie a pintar, es decir 20 o 25 cm.

Cuanto mayor es el contenido en volátiles de la pintura, menor será el espesor seco de la capa de pintura depositada. Si el espesor de película seca total del sistema de recubrimiento aplicado está por debajo del mínimo especificado, éste recubrimiento presentará una vida o duración menor que la esperada. Por lo tanto, el diluyente se debe utilizar siempre con sumo cuidado.

CONSIDERACIONES SOBRE LA VISCOSIDAD.

La viscosidad de la pintura es un factor muy importante en la selección del equipo adecuado para la aplicación a pistola. La viscosidad es una medida de la resistencia del líquido a fluir y se puede determinar por varios métodos. Para los pintores, los métodos más comúnmente utilizados para la determinación de la viscosidad se fundan en el tiempo que tarda en fluir una determinada cantidad de pintura a través de un determinado orificio. La copa más usualmente empleada para este fin es la copa Ford núm. 4, y el tiempo de flujo se mide en segundos mediante un cronómetro.

Los dos factores principales que afectan a la viscosidad son la temperatura y la cantidad de disolvente contenido en la pintura o barniz. Puesto que la temperatura tiene un efecto apreciable, la viscosidad se determina y anota a una cierta temperatura conocida, por ejemplo, 30 segundos copa Ford número 4 a 20 °C.

El efecto de la temperatura sobre la viscosidad es muy acusado; se pueden trazar gráficos que relacionan temperaturas con viscosidades. La variación de la temperatura durante una jornada normal de trabajo puede causar fluctuaciones grandes en la viscosidad.

Los productos que se han almacenado en un lugar fresco se deben atemperar antes de su uso. Cuando se caliente la pintura o barniz en un baño de agua caliente o eléctricamente, la tapa se debe levantar y dejar entreabierta.

Preferentemente la temperatura de la pintura debe ser tan alta como la de superficie sobre la que se va a aplicar. Sin embargo, no se debe calentar por encima de los 32 °C, para los métodos convencionales de aplicación, pistola, brocha o rodillo. Las temperaturas empleadas para su aplicación en caliente se discutirán más adelante.

CONSIDERACIONES GENERALES EN LA APLICACIÓN DE PINTURAS Y BARNICES.

La perfecta aplicación de pinturas y barnices requiere de la planificación. Para obras de gran envergadura se debe preparar un cuadro de tiempos que refleje el avance de la preparación de superficie y del pintado. Se deben prever los tiempos adecuados para trabajos tales como preparación y movimiento de los andamios, tiempos de secado, condiciones ambientales normales, temperaturas del aire y de la superficie a ser pintada y tiempo al sol y a la sombra de la superficie durante la jornada de trabajo. El *pot-life*, es decir, vida de la mezcla de los materiales catalizados, es un factor muy importante y se debe considerar en la programación del trabajo.

Se debe prever así mismo, el que se realicen al mismo tiempo otras construcciones o trabajos, lo que puede causar peligros o contaminaciones de las superficies pintadas o barnizadas.

El secado de las capas intermedias deberá comprobarse por una persona competente, a causa de que el secado varía con la temperatura, humedad y las condiciones de ventilación. Antes del pintado se deben sellar con un material de tipo *mastic* las superficies que van en contacto en las zonas de solapes y las áreas que serán inaccesibles después del montaje. Esto es de particular importancia para las superficies de contacto de materiales distintos, tales como diferentes metales, metales unidos con superficies no metálicas, madera en contacto con cemento, etc.

La mayoría de las pinturas y barnices escurrirán con facilidad de los bordes y de los extremos, dejando una película demasiado fina donde en el caso de metales, la corrosión se producirá en primer lugar, con mayor facilidad. Para compensar esto, se recomienda aplicar a todas estas zonas, ángulos, cantos, etc., una capa adicional de la pintura de imprimación. Esto se puede hacer antes o después de aplicar la primera capa de imprimación a toda la superficie.

En general, las pinturas se deberán aplicar sólo a las superficies que estén perfectamente secas y bajo tales condiciones de humedad y temperatura que den lugar a la evaporación mejor que a la condensación. Esto significa que la temperatura de la superficie debe estar por encima del punto del rocío. Un ensayo práctico es colocar un algodón empapado sobre la superficie del metal que se va a pintar. Si la humedad que queda se seca en menos de unos pocos minutos, las condiciones de secado pueden ser satisfactorias para la aplicación de pinturas.

Si los rayos del sol están cayendo con fuerza sobre la superficie que se va a pintar o si la aplicación de la pintura se realiza sobre superficie caliente, se puede originar el hervido de la pintura, lo que da lugar a porosidades, cráteres o ampollas. Si se trata de un vehículo al aceite se puede descomponer parcialmente bajo la acción solar durante la aplicación formando ácidos orgánicos que dan lugar a la corrosión del metal.

La pintura no podrá secar adecuadamente y si esto ocurre puede permanecer grasosa o mordiente durante un gran período de tiempo, además, puede retener disolventes en su interior.

El viento o las corrientes fuertes pueden causar dificultades en la aplicación, a causa de una evaporación demasiado rápida de los disolventes.

Cuando se esté aplicando la pintura con pistola, la cantidad perdida y el peligro de espolvoreo aumentan. Además, el polvo o la arena se depositarán con facilidad sobre la superficie recientemente pintada, desmejorando la apariencia del acabado brillante.

Se debe hacer uso de operarios entrenados para el pintado y barnizado. La inexperiencia produce resultados no satisfactorios y conduce a pérdidas innecesarias de material y de esfuerzos.

Los más importantes criterios de juicio de un buen pintado o barnizado, sin embargo, no son tan simples, ya que es necesario una preparación concienzuda de la superficie, mezcla cuidadosa del producto, uso limitado del disolvente, espesor uniforme de la película, conservación de los materiales, secado correcto y protección de las capas, hábitos sistemáticos y expeditivos de trabajo; y una bien organizada adquisición y transporte de materiales, herramientas y equipo hasta la zona de trabajo.

APLICACIÓN A PISTOLA

INTRODUCCIÓN

Todos los sistemas de pintado o barnizado a pistola se parecen en que el proceso líquido es primero "atomizado" o convertido en pequeñas partículas antes de que se aplique sobre la superficie que se va a recubrir. La energía necesaria para esta atomización se puede conseguir por uno de los tres siguientes métodos, lo que lleva al reconocimiento de los tres métodos básicos de aplicación a pistola:

- 1.- Atomización por intersección de chorros de aire comprimido; sistema de pintado a pistola "convencional" o "atomización por aire".
- 2.- Atomización por la pérdida rápida de la presión elevada con que el fluido es arrojado a través de un pequeño orificio; sistema de pintado a pistola "*airless*".
- 3.- Atomización por aplicación de un elevado voltaje de corriente continua a la pintura que se escapa de un canto agudo o de un punto, o después de que ha sido pre-atomizada por alguno de los dos métodos anteriores; sistemas de pintado a pistola "electrostática".

Cada uno de estos métodos de aplicación a pistola exhibe ciertas ventajas, desventajas y limitaciones en su uso o en sus resultados. La elección adecuada del método de aplicación a pistola se consigue del conocimiento de estas características, tal como se presenta a continuación.

APLICACIÓN CON PISTOLA CONVENCIONAL

En la aplicación mediante pulverización de aire, el aire comprimido debe suministrar la energía suficiente para atomizar la pintura o barniz. La atomización con aire produce la mejor calidad de acabado superficial a causa del mayor grado de atomización que se obtiene. Es el método más versátil de aplicación a pistola. El pintado o barnizado con pistola convencional es útil desde los meros o simples repintados, hasta la más alta producción en cadena, y la viscosidad que se puede manejar, van desde semisólidos muy espesos hasta las lacas más diluidos.

Sin embargo, el pintado con pistola convencional produce la mayor cantidad de nube o de producto perdido. El aire utilizado para atomizar la pintura o barniz rebota sobre la superficie, arrastrando una considerable porción de partículas del producto con él. Las partículas secas de producto de esta nube pueden caer sobre la superficie alrededor del objeto a pintar, lo que da lugar a un aspecto sucio. Además, esta nube se puede desplazar a cierta distancia hasta llegar a recubrir otra superficie, con resultados que pueden dar lugar a problemas.



APLICACIÓN CON PISTOLA SIN AIRE "AIRLESS"

El pintado *airless* es más adecuado para la aplicación en gran escala de pinturas de mantenimiento y de revestimientos protectores, cuando la finura del acabado no es de especial interés. El pintado *airless* permite la aplicación de grandes espesores de película con el mínimo número de pasadas, o la aplicación de productos a una gran área en el menor período de tiempo. Puesto que no hay aire que atomiza y que pueda rebotar, la nube se reduce considerablemente con respecto al pintado con pistola convencional. Además, el abanico de pulverización es, en general, más reducido que con la atomización con aire, por lo que la pérdida de producto a que se da lugar es menor.

El pintado *airless* no produce el grado fino de atomización que se requiere para un trabajo cuidadoso. Sin embargo, los modernos equipos *airless* pueden aplicar con buen resultado pinturas decorativas y de mantenimiento a paredes y superficies estructurales, sí como la aplicación de fondos y barnices con resultados plenamente satisfactorios.

APLICACIÓN CON PISTOLA ELECTROSTATICA.

La aplicación por medio de partículas cargadas eléctricamente se ve beneficiada con una considerable reducción de la pérdida de producto.

Esto se debe a la fuerte atracción electrostática que fuerza a las partículas en dirección a la superficie que va a ser pintada o barnizada. En el mercado hay pistolas electrostáticas para aplicación manual a las que la carga electrostática se aplica a las partículas previamente atomizadas, bien por aire comprimido o bien por un sistema *airless*, o bien en las que la carga electrostática se aplica al producto cuando ésta escapa del extremo de un disco cóncavo que rota o de una caperuza. Las pistolas electrostáticas de aire y *airless* son más adecuadas para su uso, puesto que se pueden utilizar como equipos convencionales de aplicación a pistola o como equipos *airless* cuando así se desee.



Pistola electrostática

Estos métodos de aplicación electrostática presentan, en general, las mismas ventajas y desventajas que la aplicación por pistola convencional, pero con la importante ventaja de la atracción electrostática que se ejerce sobre la partícula de producto. Esta atracción es tan fuerte que la partícula que en otro caso se perdería, se ve forzada hacia la parte posterior de la superficie a pintar. La aplicación con pistola electrostática encuentra su mayor aplicación y uso en el pintado o barnizado de artículos de estructura complicada o de aquellos que constan de combinaciones de tubo, varillas y rejillas en los que la pérdida de pintura sería considerable.

El calentamiento del producto antes de su aplicación da lugar a ciertas ventajas comunes a los tres tipos básicos de aplicación a pistola que se han expuesto anteriormente. Al ser reducida la viscosidad gracias al calor en vez de por su dilución, se pueden aplicar películas más gruesas por capa, sin porosidad a causa de la evaporación del disolvente; se reducen los tiempos de secado entre capa; se reducen considerablemente las pérdidas de disolvente; y el rebote es menor con la aplicación por pistola convencional, a causa de que se necesitan presiones de aire más bajas para la atomización.

APLICACIÓN A BROCHA.

En general, se considera una buena técnica el aplicar la primera capa a brocha, ya que así se consigue una unión más íntima de la superficie con el producto aplicado. El brocheado introduce la pintura o barniz en todos los huecos, ángulos, poros, y si en la superficie había polvo lo incorpora al producto.

La aplicación a brocha resulta también necesaria para zonas pequeñas o estrechas (tubos, marcos de puertas y ventanas) o cuando es de gran importancia no manchar los alrededores. La aplicación a brocha es más lenta y, por tanto, más cara que aplicación a rodillo.

APLICACIÓN A RODILLO.

El rodillo en sus múltiples versiones ha venido a desplazar a la brocha. Cubre ese enorme margen entre las pocas zonas que interesa pintar a brocha y aquellas para las que es rentable hacer uso de la pistola. Con el rodillo no se puede conseguir el acabado que se conseguiría con la brocha, pero en un pintado de protección no es la perfecta lisura de la superficie lo que más importa. Puede, incluso, ser conveniente o necesario hacer uso del rodillo si se desea conseguir un cierto "efecto" en el acabado superficial. Así el "efecto picado" se consigue con rodillo. El rodillo es de uso normal en interiores de edificios; no se mancha o se mancha poco, no hay "nube", el trabajo es rápido, la capa aplicada puede ser gruesa, el efecto del acabado superficial decora a la vez que elimina los defectos del fondo.

El tipo de acabado depende del tipo de rodillo así como del material que está hecho y de la longitud del pelo.

APLICACIONES ESPECIALES.

Sólo como enumeración indicaremos:

- Materiales de aplicación en caliente, se pueden aplicar con cepillo, llana o pistolas especiales.
- Pinturas reflectorizadas, su aplicación normal será con equipos especiales que depositan la pintura y las perlas reflexivas; para pequeños trabajos se pueden aplicar las perlas proyectándolas sobre la pintura recién aplicada.
- Pinturas insonorizantes o aislantes con abrasivos, se aplican normalmente proyectando a continuación el material sólido pulverulento, para esta finalidad son muy útiles las pistolas de proyección de sólidos.
- Pintado de suelos, que puede necesitar, según el material a aplicar y el espesor deseado, desde una aplicación convencional hasta la aplicación con rastrillo y rasquetas especiales, o con llana, etc.

PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.

Las superficies a ser pintadas pueden presentar diferentes aspectos debido a la influencia de las condiciones ambientales en general, que habrán ocasionado un avance de la corrosión en algunos casos. Para conseguir buena adherencia y durabilidad es necesario preparar correctamente la superficie, sea ésta de la naturaleza que sea. La presencia de grasa, humedad, herrumbre, cascarilla de laminación, revestimientos viejos mal adheridos y otras suciedades afectarán negativamente al éxito del pintado. Por todo lo anterior, la superficie a pintar hay que prepararla.

Las normas que contemplan la preparación de sustratos metálicos son:

UNE-EN ISO 8501-1:2008, vigente 25 / 06 / 2008. 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 después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores. (ISO 8501-1:2007).

UNE-EN ISO 8501-2:2002, vigente 30 / 10 / 2002. 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 8501-2:1994).

UNE-EN ISO 8501-3:2008, vigente 23 / 01 / 2008. 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, bordes y otras áreas con imperfecciones en la superficie. (ISO 8501-3:2006)

UNE-EN ISO 8501-4:2021, vigente 30 / 06 / 2021. Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 4: Estados iniciales de la superficie, grados de preparación y grados de oxidación instantánea en relación con el decapado por chorro de agua a alta presión. (ISO 8501-4:2020).

UNE-EN ISO 12944-1:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general. (ISO 12944-1:2017).

UNE-EN ISO 12944-2:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes. (ISO 12944-2:2017).

UNE-EN ISO 12944-3:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño. (ISO 12944-3:2017).

UNE-EN ISO 12944-4:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 4: Tipos y preparación de superficies. (ISO 12944-4:2017).

UNE-EN ISO 12944-5:2020, vigente 03 / 06 / 2020. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores. (ISO 12944-5:2019).

UNE-EN ISO 12944-6:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio. (ISO 12944-6:2018).

UNE-EN ISO 12944-7:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 7: Ejecución y supervisión de trabajos de pintado. (ISO 12944-7:2017).

UNE-EN ISO 12944-8:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 8: Desarrollo de especificaciones para trabajos nuevos y mantenimiento. (ISO 12944-8:2017).

UNE-EN ISO 12944-9:2018, vigente 07 / 11 / 2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 9: Sistemas de pintura protectores y métodos de ensayo de comportamiento en laboratorio para estructuras de ultramar y estructuras afines. (ISO 12944-9:2018).

Esta preparación va a ir en función del tipo de superficie:

ACERO.

Para obtener buenos resultados hay que eliminar los restos de oxidación. Esta herrumbre que queda como residuo en la superficie, contiene sales que permiten el paso de la corriente de corrosión, provocando que debajo de la película de pintura se forme más herrumbre, aumentándose el volumen, empujando hacia arriba a la película de pintura y saliendo la herrumbre hacia el exterior.

Existen **cuatro grados de herrumbre** y que son los siguientes:

- A.** Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda su extensión y prácticamente sin corrosión.
- B.** Superficie de acero con principio de corrosión y de la que la capa de laminación comienza a despegarse.
- C.** Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o de la que la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles.
- D.** Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y donde se han formado en gran escala cavidades visibles.

Los métodos existentes más comunes para preparar estas superficies, de una forma abreviada son:

LIMPIEZA CON DISOLVENTE.

Se emplean disolventes, emulsiones, etc. con el objeto de eliminar la grasa, aceite, suciedad y otros contaminantes acumulados sobre la superficie.

LIMPIEZA MANUAL (Norma Sueca SIS 055900 Grado de preparación St 2).

Se emplea para eliminar del acero la cascarilla de laminación suelta, los restos de pintura mal adherida, la herrumbre y partículas extrañas, mediante cepillos, lijas, raspados, picados o una combinación de estos métodos. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio o seco, un cepillo limpio o un trapo.

LIMPIEZA MECÁNICA (Norma sueca SIS 055900 Grado de preparación St 3).

Consiste en eliminar del sustrato de acero la cascarilla de laminación suelta, los restos de pintura y la herrumbre, por cepillado mecánico, esmerilado, picado, lijado a máquina o por combinación de estos métodos. La superficie se tratará como en el grado St 2, pero de una manera mucho más minuciosa. Después de quitar el polvo, la superficie presentará un claro brillo metálico.

CHORREADO (Norma Sueca SIS 055900).

Consiste en la mejor técnica para preparar superficies metálicas, mediante la que se consigue la limpieza y la rugosidad necesaria para que la adherencia de las pinturas sea perfecta y se consigan resultados satisfactorios. Existen cuatro grados comerciales de chorreo. La elección de un tipo u otro depende de varios factores, siendo el de mayor importancia el relacionado con el tipo de pintura seleccionado para aportar protección al acero en el ambiente a que va a estar sometido. Los cuatro grados son los siguientes:

A. CHORREO A METAL BLANCO (Sa 3): Toda la capa de laminación, el óxido y todas las partículas extrañas se eliminan. La superficie se limpiará luego con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio. Entonces, deberá adquirir un color metálico uniforme.

B. CHORREO MUY MINUCIOSO (Sa 2 1/2): Las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se eliminan de manera tan perfecta que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco, o cepillo limpio.

C. CHORREO MINUCIOSO (Sa 2): Se elimina casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas. La superficie deberá adquirir un color grisáceo después de ser limpiada con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio.

D. CHORREO LIGERO (Sa 1): Se elimina la capa de laminación suelta, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas.

El perfil de rugosidad obtenido es un factor importante y va a ir en función del abrasivo utilizado, la presión del aire y de la técnica empleada. Un perfil demasiado bajo podría proporcionar a la pintura una adherencia insuficiente, mientras que otro excesivamente elevado daría lugar a la formación de crestas agudas, que el caso de la utilización de una pintura de bajo espesor dejaría las crestas descubiertas, un perfil de rugosidad entre 50 y 75 micras es el más aconsejado para la mayoría de las pinturas, así como la utilización de abrasivos (arena, perdigón de hierro, granalla de hierro) angulares ya que proporcionan perfiles donde se van a conseguir mejores adherencias entre las capas del sistema que cuando los abrasivos son de tipo redondeado.

ACERO IMPRIMADO.

Es frecuente que el acero se suministre imprimado con imprimaciones de taller o *Shop-Primer*. Antes de proceder a la aplicación del sistema de pintado, es necesario que las superficies dañadas, como las soldaduras, oxidadas, zonas envejecidas sean tratadas con los medios de preparación del acero sin imprimir.

**ALUMINIO Y ALEACIONES LIGERAS.**

Antes de proceder al pintado, la superficie ha de desengrasarse perfectamente mediante la utilización de disolventes, vapor o pre-tratamiento químicos, para aplicar después una capa fina de "*Wash-Primer*", con objeto de que las capas de pinturas siguientes tengan una buena adherencia sobre este tipo de sustratos.

ACERO GALVANIZADO.

El galvanizado reciente puede desengrasarse como si de una aleación ligera se tratase. Sin embargo el galvanizado ligeramente envejecido como el metalizado de zinc reciente deben ser cuidadosamente lavados con agua dulce, restregándolos con cepillos de cerda vegetal o con agua a presión. El acero galvanizado que ha estado expuesto al exterior durante un tiempo, puede tener en su superficie un polvo blanco debido a la corrosión del zinc, que hay que eliminar para evitar problemas de adherencia o formación de ampollas.

Se recomienda aplicar sobre estas superficies, una vez preparadas, una ligera capa de "*Wash-Primer*" o Imprimación Multiusos con el objeto de asegurar la adherencia de las capas siguientes.

COBRE, PLOMO, LATÓN

Antes de pintar, se limpiará la superficie con disolvente, seguido de un lijado o de un chorreo ligero con baja presión y abrasivos no metálicos.

HORMIGÓN Y CEMENTO

Al igual que las superficies anteriores es necesario realizar una preparación de dichas superficies. Hay que asegurarse de que las superficies de hormigón y cemento se encuentren libres de aceite, grasa, polvo y otros contaminantes como lubricantes, componentes de curado, etc. que puedan provocar una mala adherencia de las capas del sistema, así como que el hormigón o cemento esté completamente curado (28 días). Se eliminará la lactancia y el polvo superficial suelto que se forma en el hormigón y cemento nuevo, y se debe tener en cuenta la alcalinidad, porosidad y humedad.

Los métodos de preparación de una forma abreviada son los siguientes:

LIMPIEZA CON CEPILLO DE ALAMBRE.

Consiste en la eliminación por medio de un cepillo de alambre de la capa que se ha formado sobre el hormigón y cemento como consecuencia del "rezumado del mortero". Esta capa está formada por cemento deshidratado y partículas deficientemente mojadas, que una vez seca es mecánicamente débil y que se desprenderá del hormigón de abajo.

TRATAMIENTO ÁCIDO.

Tratamiento con la misma finalidad que el apartado A, mediante la utilización de una solución diluida de ácido clorhídrico o mezcla de ácido fosfórico y fosfato de zinc.

Las sales formadas en la reacción tienen que ser eliminadas con un lavado con abundante agua hasta su eliminación, con el fin de que al proceder al pintado no se produzcan eflorescencias.

Este método se puede utilizar también para aquellas superficies de hormigón y cemento que tengan muy poca porosidad, con el objeto de abrir "poro".

CHORREO CON ARENA

Se utiliza con la misma finalidad que los tratamientos anteriores y además para eliminar o abrir "poro" de las capas de pinturas viejas o para crear un perfil de rugosidad apropiado para una excelente adherencia de las capas de pinturas sucesivas.

LIMPIEZA CON DISOLVENTE

Método alternativo para eliminación de aceite de desmoldeo, grasa y otros contaminantes, mediante la utilización de cepillos o trapos.

MADERA

Al igual que las superficies anteriores es necesario realizar una preparación de la madera antes de proceder al barnizado.

La preparación de la madera se realiza mediante lijado manual o mecánico por medio de papeles abrasivos de distintos grados. Es necesario en la mayoría de los casos realizar un ligero lijado antes de la aplicación del fondo para eliminar el polvo, astillas, etc. después de quitar el polvo, la superficie presentará un aspecto más o menos suave.

Un factor a tener en cuenta en la madera es el relativo al porcentaje de humedad contenido en las mismas, cuyo valor óptimo debe estar comprendido entre el 14 y el 18%. Un exceso de humedad puede llevar a la formación de ampollas y al consiguiente desconchado de las capas aplicadas.

Si, por el contrario, la madera se encuentra demasiado seca, podría dar lugar a superficies que absorben el disolvente de los fondos sin lograr la penetración adecuada, provocando películas quebradas y desconchadas. Este problema se puede solucionar con la adición de más disolventes.

IGNIFUGACIÓN.

Un tipo especial de pinturas es aquel que comprende los recubrimientos que retardan e impiden la llama.

Un fuego precisa la existencia de tres elementos:

- Material combustible, sobre todo celulósico.
- Presencia de oxígeno.
- Temperatura superior a la del límite de combustión.

Su comienzo se inicia normalmente por aplicación de un foco de ignición (por ejemplo, una llama), que descompone los materiales orgánicos, desprendiendo gases que pueden llegar a ser muy tóxicos.

Desde el punto de vista químico, la combustión consiste en una oxidación de los átomos (pérdida de electrones), que constituyen un determinado compuesto, por medio del oxígeno, que se reduce (ganancia de electrones). Cuando esta oxidación es rápida y violenta se produce fuego

La temperatura a la que se inflama una sustancia, conocida como temperatura de inflamación, depende de muchos factores, tales como el estado de división, concentración de oxígeno, etc.

Una vez conocidas las causas, deducimos que para impedir el fuego debemos proteger los elementos contra él, optando por una o varias acciones de las que a continuación se reflejan:

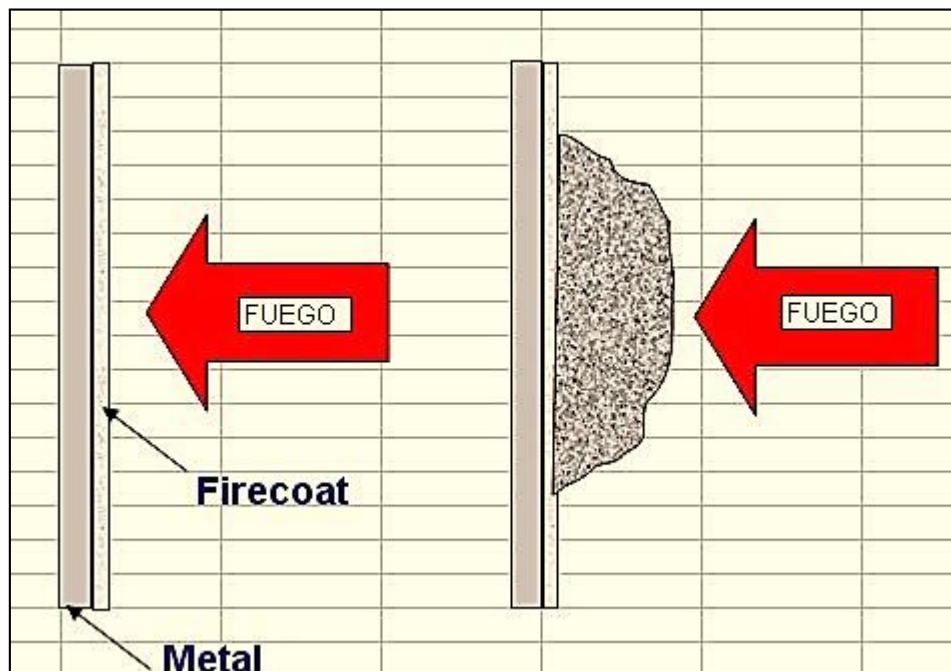
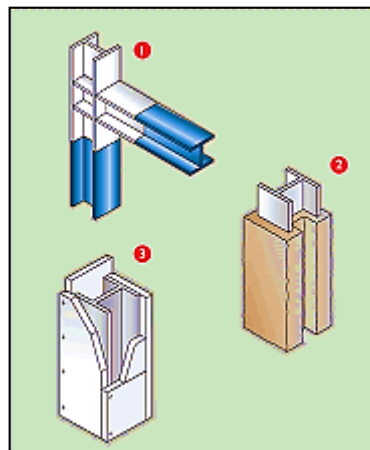
- a) Neutralizar el aumento de temperatura, aislando térmicamente los elementos en vías de combustión.
- b) Impedir el contacto con el oxígeno del aire, formando una película protectora superficial sobre el sustrato.
- c) Formar una capa carbonosa, protectora por su difícil combustión.
- d) Impedir la combustión por medio de compuestos químicos que formen sales halógenas.

Pintura intumescente.

Es una pintura fabricada con dispersiones copolímeras y diferentes componentes sólidos en medio acuoso.

Este sistema de materia activa está integrado por una mezcla de formadores de carbono que, junto con el ácido fosfórico producido por el calentamiento del fosfato amónico, dan lugar a una serie de productos que, bajo los efectos del calor se descomponen, dando una estructura protectora y aislante.

Simultáneamente, el producto genera gases no combustibles que expanden la capa de carbono de manera que, finalmente, se obtiene una espuma porosa de pequeñas células y de gran poder aislante frente al foco del incendio.



REQUERIMIENTOS DE LAS PINTURAS Y SU FORMULACIÓN.

PINTURAS PLÁSTICAS PARA EXTERIORES.

Este tipo de pinturas se aplica generalmente en fachadas. Las pinturas para este fin deben cumplir un doble cometido: deben proporcionar un efecto estético del edificio y de tanta o mayor importancia, deben servir como protección a los materiales de construcción.

Veamos ahora que características debe poseer una pintura plástica o de emulsión para exteriores:

- Desde el punto de vista de la formulación, la pintura debe ser impermeable al agua y a la vez tener capacidad de evacuar la misma en fase vapor. Esto se consigue trabajando con un PVC cercano al PVCC o PVC crítico. De forma general se puede situar entre el 60 y el 75%.
- El poder cubriente de la pintura debe ser suficiente para que aplicada en una sola mano, cubra perfectamente el sustrato ya que los costes de mano de obra, andamiaje, etc. son muy elevados.
- Generalmente estas pinturas son mates ya que es más adecuado desde punto de vista estético, disimula empalmes y además las pinturas mate se ensucian mucho menos que las brillantes.
- Es importante que NO se asocie la resistencia al frote en húmedo con la resistencia al exterior y el efecto barrera ya que una pintura determinada puede tener una resistencia al frote en húmedo elevada y no efectuar el deseado efecto barrera.

Estas pinturas se aplican en general sobre soportes alcalinos, cemento, revoques, hormigón, prefabricados de hormigón, etc. lo primero que se debe exigir al ligante es que tenga resistencia a la alcalinidad propia del soporte. En general se utilizan los polímeros de estireno-acrilato o los de acetato de vinilo, que presentan buena resistencia a los álcalis y al exterior.

Las emulsiones acrílo-estireno tienen por lo general un TMFF de 18 °C a 21 °C, mientras que las vinílicas lo tienen entre 12 °C y 14 °C. Esto quiere decir que en principio los polímeros vinílicos son más elásticos con **Tg (Temperatura de transición vítrea)** inferiores y tienen mejores características de aplicación a brocha y rodillo.

Los coalescentes deben elegirse con cuidado, dan excelentes resultados el Texanol, Nexcoat o Perstop NX795 en proporciones 3% en resinas acrílico-estierro y 2% en las vinílicas, sobre peso de polímero sólido.

El sistema pigmentario está compuesto por bióxido de titanio y mayoritariamente por carbonato de calcio 10-20 micras. Se utilizan pequeñas cantidades de *extenders* como caolín, silicato de aluminio, etc.

Para cambiar texturas se emplea cargas de mayor granulometría como dolomitas, sílices coloreadas, fibras de celulosa, etc.

Se deben incorporar también agentes humectantes, dispersantes, secuestrantes, antiespumantes y desaireantes, espesantes y agentes bactericidas (isotiazolonas).

PINTURAS AL SILICATO PARA EXTERIORES EDIFICIOS.

Estas pinturas, solubles en agua, se basan en la utilización de un silicato alcalino como ligante. Las pinturas al silicato pueden presentarse en una amplia variedad de posibilidades, desde pinturas de capa fina hasta revocos con áridos de 5 a 10 mm. Las pinturas al silicato pueden formularse solo con silicato o bien con mezclas de silicato y polímeros orgánicos. La diferencia entre ambos tipos está en que las mezclas con polímeros orgánicos aportan mayor estabilidad de almacenamiento, mayor flexibilidad y una mejor homogeneidad del color. En ambos casos se trabaja con silicato potásico ya que cuando se produce la carbonatación cristaliza con dos moléculas de agua mientras que si fuera sódico cristaliza con 12 moléculas de agua lo que provoca eflorescencia y una fuerte expansión con formación de grietas.

Las pinturas al silicato aportan frente a las pinturas en emulsión o pinturas plásticas unos beneficios que en algunos casos son de gran interés:

- El resultado de la carbonatación del silicato potásico es la formación de SiO_2 , o sea, un producto duro e inerte frente a los agentes atmosféricos. Posee además una fuerte afinidad química con los soportes minerales, lo que favorece la adherencia a los mismos.
- El recubrimiento resultante es transpirable y por ello permite la evaporación del agua, en forma de vapor, sin formar bolsas.
- La naturaleza inorgánica del recubrimiento lo hace menos vulnerable al ataque de hongos y bacterias.

Estas pinturas (en ocasiones denominada *pedra líquida*) se utilizan ampliamente tanto en la rehabilitación de edificios y monumentos antiguos como en la protección de los de nueva construcción. Los soportes minerales más frecuentes son: piedra natural, hormigón y cemento en todas sus aplicaciones, ladrillo y yeso aplicado sobre cualquier soporte.

Asimismo, por la alta permeabilidad de este tipo de pinturas es aconsejable la utilización de hidrofugantes con base en siloxanos, alquil siliconatos o ceras de parafina.

Las cargas deben elegirse de forma que no aporten cationes divalentes o trivalentes ya que ello ocasionaría la inestabilidad de la pintura. Son adecuadas carbonato cálcico, sulfato de bario, talco, caolín, cuarzo, etc. No son adecuadas: dolomitas, magnesita, yeso, etc. En cuanto a los pigmentos deben utilizarse bióxido de titanio, óxidos de hierro y no pigmentos reactivos.

PINTURAS AL PLIOLITE Y PLOWAY PARA EXTERIORES DE EDIFICIOS:

Se trata de pinturas con disolvente cuyo ligante pertenece al grupo de resinas *Pliolite*® de la empresa Eliokem. Se trata de polímeros termoplásticos con base en diversos monómeros: acrílicos, estirénicos, vinil tolueno, etc. presentan unos resultados excelentes en la protección de fachadas.

Una característica importante es, que debido al hecho de ser resinas en solución, no tienen limitación de temperatura para la formación de film, especialmente en invierno para pinturas exteriores.

Estas pinturas se fabrican por el mismo procedimiento que las pinturas plásticas, es decir, mediante dispersores de alta velocidad.

Los pigmentos y cargas utilizados son, como en el caso de las pinturas plásticas, bióxido de titanio y carbonato calcio, en cantidades inferiores se puede utilizar talco o caolín.

No se deben utilizar agentes reológicos ya que la reología se obtiene mediante el equilibrio entre la resina newtoniana y la tixotrópica.

Como disolvente se emplea únicamente *white spirit*, en algunas ocasiones se añaden pequeñas cantidades de disolventes aromáticos con el fin de obtener una más rápida disolución de la resina.

Con este tipo de resinas se obtienen films muy uniformes y tiempos de secado mucho más bajos que con pinturas en emulsión.

Para pinturas al interior se puede emplear *white spirit* desaromatizado con un contenido en hidrocarburos aromáticos inferior al 0,05% o disolventes isoparafínicos exentos totalmente de olor.

RESTAURACION DE MONUMENTOS Y PIEDRA ANTIGUA.

Para este fin se emplean soluciones de silicato de etilo. El silicato de etilo en presencia de humedad precipita SiO₂ y se desprende alcohol etílico.

En monumentos o edificaciones de piedra antigua deteriorada el empleo de silicato de etilo proporciona un relleno de sílice con una fuerte afinidad química sobre el soporte que consolida la piedra y la hace menos permeable al agua. Estas características, junto con el hecho de que no es atacado por hongos ni bacterias, lo han convertido en el principal producto de rehabilitación.

Se deben aplicar previamente consolidantes, bien en base acuosa o bien en base disolvente. Son productos que se utilizan con el fin de restaurar o dar coherencia a superficies que deben ser pintadas y están deterioradas.

PINTURAS PLÁSTICAS PARA INTERIORES.

En principio se distinguen dos tipos de pinturas: las mates y las satinadas. Las pinturas para interiores tienen una característica que se considera determinante, la resistencia al frote en húmedo. Deben ser lavables y esto significa que deben aguantar un número de frotos en equipo normalizado y tener unas determinadas pérdidas de espesor según norma. No todas las pinturas del mercado cumplen con ello.

Pinturas para techos.

La composición de una pintura para techos se mueve en los siguientes parámetros:

- El PVC es elevado, 80-90%. Para que con este PVC tenga un mínimo de lavabilidad la resina en emulsión debe tener un elevado poder aglomerante, por esta razón se utilizan por norma general emulsiones acrílico-estirénicas de TMFF 19 – 21°C, aunque no es descartable utilizar otros polímeros como los acrílico-vinílicos.
- El sistema pigmentario debe tener suficiente poder cubriente para efectuar los trabajos de aplicación en una sola mano. La composición pigmentaria deberá contener un mínimo de 5% de bióxido de titanio calculado sobre el total de la pintura, las cargas serán preferentemente carbonato de calcio y extendedores como el talco o el caolín.
- La reología de la pintura también es importante, ya que se trata de efectuar el trabajo de aplicación en una sola mano. El pintor no debe aplicar una dilución excesiva, a este respecto se utilizarán espesantes y agentes reológicos lo más newtonianos posibles.

Pinturas para paredes.

Las pinturas para interiores se caracterizan por:

- Una resistencia al frote en húmedo suficiente para poder ser lavadas en caso de que se manchen con algún producto casero o con la suciedad de las manos.
- Tener un tacto sedoso y agradable.
- Tener una buena homogeneidad de color evitando la sobrecubrición en los empalmes.
- Poseer un buen aspecto sin ojos de pez o *pinholes* aplicada en cualquier soporte de mampostería: yeso, *pladur*, madera, etc.
- Versatilidad de aplicación a pistola *air-less*, rodillo, brocha, etc.
- En la aplicación a rodillo deben ser fácilmente extensibles.

De forma general las pinturas para interiores sitúan los parámetros de formulación de la forma siguiente:

- El PVC estará comprendido entre 75 y 90% en función del tipo de resina en emulsión utilizado y de los condicionantes de coste del producto. El PVC debe ser tan elevado como permita la resistencia al frote en húmedo de la pintura que se formula, con ello se minimiza el coste y se reducen las tensiones de secado reduciendo la formación de grietas.
- En la elección del ligante se tendrá en cuenta tanto el PVC en el que se quiere trabajar como en el tiempo de bordes húmedos de la pintura. Las emulsiones vinílicas y vinil-acrílicas aportan tiempos de bordes húmedos superiores a las acrílico-estirénicas.
- El sistema pigmentario, como en la mayoría de las pinturas plásticas, estará compuesto de bióxido de titanio 5-9%, un extender que puede ser caolín o talco y la carga mayoritaria será carbonato de calcio, el más utilizado es el de 10 micras. Los carbonatos de tamaño de partícula elevado permiten un PVC más alto debido a la menor superficie específica, los de tamaño de partícula más pequeño aportan mayor poder cubriente pero producen rebrillos en los empalmes. Para la obtención de acabados rugosos se utilizan fibras de celulosa de 40 micras en proporciones del 1-2%.
- Los aditivos reológicos se utilizan en función de los resultados que se deseen obtener. Los ésteres de celulosa de alta viscosidad como el *Natrasol 250 HHBR* son los más utilizados.
- Pueden utilizarse los coalescentes convencionales como Texanol, Nexcoat, o utilizar coalescentes de muy bajo olor residual como NX 770 de Perstop-Altakem.
- En cuanto al resto de aditivos se utilizan mezclas de polifosfatos y dispersantes poliacrílicos, antiespumantes, alcalinizantes y bactericidas.

PINTURAS SATINADAS.

Estas pinturas no se aplican normalmente en exterior debido a que dada su termoplasticidad, tiene una fuerte tendencia a ensuciarse.

Los parámetros de formulación y la composición de estas pinturas se indican a continuación:

- PVC bajos, entre 20 y 40%.
- Como ligante puede utilizarse cualquier tipo de polímero en emulsión, sin embargo se excluyen las emulsiones acrílico-estirénicas dado su carácter cromogénico. Las emulsiones vinil-acrílicas y vinil-veova son resinas de altas prestaciones, muy adherentes y de alta elasticidad, son autolavables, con temperaturas de formación de film entre 12 y 15 °C.

- Se utilizan dispersantes a base de polifosfatos y poliacrilatos, estos últimos deben ser poliacrilatos amónicos debido a su buena solubilidad en disolventes ya que eliminan velos y dan brillos superiores.
- Los espesantes y agentes reológicos se deberán elegir teniendo en cuenta que el producto ha de tener una buena nivelación. Generalmente se utilizan ésteres de celulosa y espesante PU de carácter newtoniano.
- El sistema pigmentario de las pinturas satinadas es sencillo, se utiliza bióxido de titanio en proporciones del 12 al 15% y cargas de baja absorción como barita con tamaño de partícula de 2 a 5 micras.
- La adición de ceras en emulsión en la última fase de la fabricación favorece la eliminación de la *pegajosidad o tack*.



Muestras de pinturas arquitectónicas para interior según norma UNE

ESMALTES Y ACABADOS.

Los tipos más comunes existentes en el mercado son esmaltes al agua, esmaltes sintéticos, acabados epoxi y acabados o esmaltes de poliuretano.

Esmaltes al agua.

Este tipo de esmaltes surge, por una parte, de la comodidad de limpieza del equipamiento de pintura y por otra de evitar riesgos laborales y reducir el VOC de forma drástica. Un esmalte debe tener unas buenas características de aplicación tanto a brocha como a rodillo, debe nivelar y no descolgar cuando se aplica en las condiciones adecuadas y tener un tiempo abierto suficiente para efectuar empalmes sin que se note en el film seco. En cuanto al film seco debe estar exento de tack residual y tener una buena resistencia a los agentes químicos domésticos: agua, etanol, etc.

La elección de las materias primas es un tema de gran interés:

- En primer lugar, la elección del ligante debe efectuarse en función de la temperatura ambiente donde deba aplicarse el producto con el fin de evitar el *tack* residual. La Tg del polímero debe ser como mínimo 10°C superior a las temperaturas máximas ambientales esperadas en la zona donde se utiliza la pintura. Las tecnologías de polimerización *core shell* permite la obtención de polímeros de elevada dureza con TMFF bajas que precisan poco o nada de coalescente para conseguir films continuos. La reología de las emulsiones debe ser lo más newtoniana posible.

- El sistema pigmentario debe estar constituido exclusivamente por bióxido de titanio, 22 a 28% sobre peso de pintura. Deben utilizarse bióxidos de titanio de baja absorción de aceite, tipo I, por ejemplo KRONOS 2300 o TIPURE R-706.
- El agua de fabricación debe ser agua desionizada o como mínimo descalcificada, con durezas inferiores a 1^oHF.
- Los dispersantes deberán elegirse en función tanto de su efectividad como de su interacción sobre el brillo final. Los poliácridatos amónicos dan mejores resultados que los de sodio. La utilización de humectantes no iónicos mejoran la dispersión del pigmento.
- Se utilizarán agentes reológicos que den un carácter newtoniano a la pintura con el fin de conseguir una buena nivelación del producto y a la vez que su extensibilidad no sea excesiva. En general se emplean pequeñas cantidades de espesantes celulósicos de baja viscosidad y se complementan con espesantes asociativos a base de poliuretanos o acrílicos.
- Los antiespumantes deberán ser de tipo silicónico. Pueden utilizarse también coalescentes y agentes de superficie.

Esmaltes sintéticos.

Se trata de productos brillantes que se aplican indistintamente sobre madera o hierro, su aspecto debe ser liso y continuo. Se caracteriza por una buena estabilidad de color y brillo que se mantiene bien en interiores y que en exteriores se reduce paulatinamente a partir de los seis meses. El nivel de protección es suficiente en ambientes rurales y urbanos; en ambientes industriales o altamente corrosivos no es suficiente.

En los esmaltes sintéticos se utiliza como ligante una mezcla de resinas alquídicas largas y medias.

Una resina alquídica es básicamente un poliéster cuya cadena principal está modificada con moléculas de ácido graso, las que le otorgan propiedades particulares.

Existen varias formas de clasificar a las resinas alquídicas:

- **Alquid puro:** se define como el polímero formado únicamente por la combinación del anhídrido ftálico como diácido, glicerina o pentaeritritol como polioles y ácidos grasos saturados o insaturados como modificantes primarios.
- **Alquid modificado:** así se denomina a la resina alquídica en cuya composición intervienen compuestos diferentes a los que participan en alquídicas puras, como por ejemplo polioles y poliácidos especiales, monoácidos, compuestos fenólicos, epoxídicos, acrílicos, vinílicos, silicónicos, etc.

Clasificación de las resinas alquídicas de acuerdo a la forma en que se presentan los ácidos grasos

- Proceso vía ácido graso o aceite: el aporte de ácidos grasos, modificantes de la cadena poliéster puede provenir de aceites naturales, en este caso también se incorpora glicerina como componente del triglicérido o bien puede resultar del uso de ácidos grasos tales como naturales o sintéticos.
 - Proceso directo: en lugar de utilizar aceites naturales se parte directamente de los ácidos grasos. Al no ser necesario desdoblar el aceite, la síntesis es más sencilla y se realiza en única etapa. La reacción entonces es una esterificación directa.
 - Proceso vía alcoholisis: a partir de aceites naturales. Para incorporar el aceite será necesario transformarlo en un material capaz de intervenir en las reacciones de polimerización-esterificación. Esta transformación se lleva a cabo a través de un proceso de trans-esterificación previo a la esterificación, denominado comúnmente alcoholisis.
- Según el tipo de aceite: determinado por la composición en ácidos grasos del triglicérido, en un proceso vía aceite o por el tipo de ácido graso, en un proceso vía ácido graso (saturados y no saturados). Los aceites y por extensión los ácidos grasos derivados se clasifican en secantes, semisecantes y no secantes.

Por lo tanto, las resinas alquídicas pueden clasificarse de acuerdo al tipo de aceite en:

- Resinas alquídicas secantes: están formuladas utilizando aceites del tipo secantes o semisecantes (con alto o medio porcentaje de insaturación).
 - Resinas alquídicas no secantes: en su formulación intervienen ácidos grasos del tipo no secantes (con muy bajo o nulo porcentaje de insaturación).
 - Según el "*largo en aceite*": el "*largo en aceite de la resina alquídica*" es el tenor sobre resina sólida de poliglicérido (aceite) o del glicérido reconstituido (vía ácido graso).
 - Según el contenido de diácido (contenido porcentual en diácido expresado sobre no los volátiles del sistema).
-

Clasificación de las resinas alquídicas de acuerdo a su modificación.

Modificadas con:

- Resinas maleicas, fenólicas, hidrocarbonadas, cetónicas, aldehídicas, vinílicas.
- Estireno, metacrilato de metilo, ácido acrílico, acrilatos, éteres alílicos, etc.
- Monoácidos aromáticos, benzoico, P-terbutil benzoico.
- Diácidos, poliácidos, anhídrido trimellítico, ácidos dimericos, ácido adípico, cítrico, ácido isoftálico, tereftálico, anhídrido maleico.
- Dioles y polioles
- Reactivos formaldehído, acetaldehído, butiraldehído
- Diluyentes reactivos, glicidil ésteres y éteres
- Poliaminas, poliamidas
- Resinas epoxi
- Resinas de silicona

La proporción entre las resinas largas y medias otorga características opuestas, cuanto mayor es la relación larga/media mayor es el tiempo de secado, mejor brochabilidad y mayor tiempo abierto o de bordes húmedos.

Dada la reglamentación actual sobre seguridad y medioambiente es preciso que las resinas alquídicas y los disolventes sean desaromatizados.

Los niveles de pigmentación varían en gran manera según el color, los blancos contienen entre el 22 y 28% de TiO_2 , mientras que el rojo inglés, contiene solo un 6 a 8% de óxido de hierro rojo. Es importante saber que los colores amarillos y rojos tienen un poder cubriente inferior a los otros colores.

Los dispersantes para el bióxido de titanio pueden ser cualquier tipo de lecitina de soja. Dado el carácter oxidativo de las resinas es necesario emplear secantes, estos pueden ser mono o plurimetálicos. Con objeto de evitar la formación de pieles en el envase se utilizan oximas, preferentemente metil-etil-cetoxima, en proporciones de 0,15 a 0,20% sobre el peso total de pintura.

También se pueden emplear agentes deslizantes como dimetil-siloxanos modificados.

Esmaltes poliuretánados.

Son esmaltes sintéticos formulados con resinas alquídicas uretanadas, lo cual les confiere una mayor durabilidad al exterior o intemperie, elevada retención de brillo y color. La resistencia química de estos acabados depende del grado de reticulación entre la resina hidroxilada y el isocianato y la retención de color y brillo, especialmente en blancos, del tipo de isocianato que se utilice.

Esmaltes epoxi.

Los acabados epoxi se caracterizan por una excelente resistencia a la corrosión, al exterior y a productos químicos, sin embargo tienen sus puntos débiles, como el *caleo* cuando están expuestas a la luz solar. Por esta razón es normal ver sistemas de protección anticorrosivo en los que la capa final de acabado es un esmalte de poliuretano. El formulador no debe utilizar cargas que aceleren el proceso de caleo y provoquen permeabilidad en la capa de acabado.

El componente pigmentado está constituido por la resina epoxi STD y el catalizador por una poliamida o un aducto amina. Los aductos aportan una mejor adherencia sobre soportes húmedos muy empleados en mantenimiento anticorrosivo de estructuras.

En algunos casos se utilizan aminas directamente como catalizadores, lo cual aporta mayor resistencia química al acabado, pero en contrapartida se reduce el *pot-life* de la mezcla.

Existen acabados con disolvente, acabados sin disolvente y acabados diluibles con agua.

PINTURAS PARA MANUALIDADES Y ARTISTICAS.

Se trata de pinturas que deben poseer unas características especiales. Deben permitir una fácil aplicación a pincel con un tiempo de secado no demasiado breve, su reología debe ser pseudoplástica para facilitar su extensión y la pigmentación ha de ser resistente a la luz.



Sistemas acuosos.

Entre los distintos tipos de polímeros que pueden utilizarse, los vinil acrílicos son los que dan unas características de aplicación idóneas. Dependiendo de la relación acetato de vinilo/acrilato de butilo los polímeros vinil-acrílicos poseen distinta dureza y flexibilidad. Se debe escoger una emulsión que una vez seca sea capaz de mantener la elasticidad a largo plazo y a la vez no tenga pegajosidad para evitar el ensuciamiento.

La solidez a la luz de los pigmentos debe estar contrastada, por esta razón se utilizará bióxido de titanio para blancos, negro de humo para negros, óxido de hierro amarillo para el ocre, óxido de hierro rojo para el rojo inglés y otros óxidos de hierro para las sombras. Para los colores azul, amarillo, verde, rojo, se utilizarán pigmentos orgánicos de elevada solidez a la luz.

Normalmente estas pinturas se utilizan con niveles de brillo satinado, lo cual permite la utilización de pequeñas cantidades de cargas como carbonato de calcio, talco, caolín, etc.

Los dispersantes deben escogerse en función del brillo y el *shenn*, las pinturas mate lisas formuladas con exceso de cargas muy finas como silicato de aluminio presentan este inconveniente. **El shenn es un brillo particular indeseable que se observa a 85°** que se presenta en pinturas mate de un brillo mayor de 5% a 20°. Es un inconveniente que destaca las imperfecciones en la superficie, tales como irregularidades en la absorción y nivelación del substrato, irregularidades en la cantidad de pintura aplicada, los empalmes de pintura, las marcas de brocha y muchas otras. Para evitar este efecto se debe conseguir aspereza en la superficie, que se puede conseguir adicionando bentonita en torno a 0,5% , otros aditivos de granulometría fina 0,2 micras o caolines y talcos de 1 micra.

Como dispersantes funcionan muy bien las mezclas de polifosfatos y poliácridatos. Una vez establecida la fórmula final y por tanto el sistema pigmentario, es conveniente revisar la demanda de dispersante, con el fin de reducir el efecto “baba de caracol” en caso de salpicaduras.

Los agentes reológicos deberán producir un fuerte efecto pseudoplástico para ello se utilizarán ésteres de celulosa de alta viscosidad que mejoran las características de aplicación a pincel. Para evitar **SINÉRESIS**, es decir la separación de agua en superficie, se pueden emplear pequeñas cantidades de espesantes PU no newtonianos.

Como coalescentes se utilizarán los habituales: *Texanol*, *Nexcoat*, etc. en cantidades mínimas para una buena formación de film (1 a 2%). También se emplearán bactericidas para una excelente conservación en el envase.

Sistemas con disolvente.

Las pinturas al óleo, se fabrican a partir de aceites secantes sin ningún tipo de disolvente. Los niveles de pigmentación deberán permitir una buena aplicación del producto, por lo que las pinturas blancas pueden contener del 25 a 30% de bióxido de titanio mientras que los demás colores básicos contendrán cantidades sensiblemente inferiores tanto por su capacidad de cubrición como por su elevado índice de aceite en el caso de pigmentos orgánicos.

Un asunto importante es el nivel de brillo, que debe ser igual en todos los colores y debe ser un satinado bajo. Para igualar brillos pueden emplearse cargas como la barita o el talco.

La reología debe ser tixotrópica con el fin de que se apliquen fácilmente y una vez efectuada la pincelada no se deforme. Se utilizan para ello bentonitas para sistemas de baja polaridad como la Bentone 34, en forma de gel o bentone SD1 directamente sobre la pintura antes de la molturación.

El ligante será un aceite secante como el de linaza, en el caso de pigmentos blancos se podrá utilizar el de soja con el fin de aminorar el amarilleo. El aceite debe ser refinado y la relación entre el sistema pigmentario y el aceite debe estar por debajo del PVCC.

Se pueden utilizar secantes para reducir tiempos de secado, como los naftenatos. La adición de agentes antipiel se realiza con el fin de que no se seque la pintura en la abertura de los tubos.



ANTIGRAFITIS.

Reciben este nombre los productos cuya misión es la de proteger, generalmente paredes, de pintadas indeseadas. Existen en el mercado dos tipos de antigrafitis: los que se destruyen para eliminar la pintada y deben volver a aplicarse cada vez que se realiza una limpieza y luego aquellos que se pueden limpiar sin necesidad de destruir la base.

Antigrafitis temporales.

La capa protectora de grafitis es una disolución de un polímero acrílico-estirénico con una Tg entre 30 – 40 °C que debe ser aditivada con algún agente que no permita la adherencia, como aceites de silicona de bajo peso molecular, ceras, etc. Se suministra generalmente a la viscosidad de aplicación de 40 a 50 segundos en copa Ford nº 4.

Como agente de limpieza debe utilizarse una mezcla de disolventes capaz de eliminar los distintos tipos de pintura en spray. Se utiliza una nafta aromática 16/18 con pequeñas proporciones de alcoholes y ésteres. Si se aditiva con un tensoactivo de HLB aprox. 13,5 como puede ser el nonil fenol con 10 moles de óxido de etileno o alcohol decílico con 6 moles de óxido de etileno, es posible efectuar la limpieza y un enjuagado simultáneo con agua, ya que este tensoactivo favorece la emulsificación de la pintura disuelta.

Antigrafitis permanentes.

Se utilizan para este fin barnices de poliuretano compuestos por una resina acrílica con un contenido en OH de 4% mínimo y un isocianato alifático. El barniz se hace con una reticulación elevada, del orden del 110%, con el fin de que la resistencia a los disolventes sea también elevada. La adición de aceites de silicona de bajo peso molecular dificulta la adherencia de capas de pintura grafiti posteriores. Como limpiador se emplea el mismo tipo de disolvente indicado anteriormente.

Antigrafitis de silicona.

Se trata de productos de síntesis fabricados por especialistas en productos siliconados. Estos compuestos tienen una alta hidrofobia y lipofobia, lo que al pintar encima produce un efecto perlante muy intenso que no permite la adherencia de pintura sobre el protector de grafitis.

La limpieza se efectúa con agua a presión y permite varios usos. Tiene un coste elevado pero también se eliminan fácilmente las pintadas y es de una duración extraordinariamente alta.

ESPECIFICACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL PINTADO.

Para preparar una especificación de pintado deben tenerse en cuenta una serie de factores, los más importantes son la preparación de superficies, la selección del esquema de pintado, la aplicación de la pintura y la comprobación de los parámetros especificados.

La primera tarea a llevar a cabo es la **delimitación de las zonas de una estructura global** que presenta tipos de exigencia diferenciados. Por ejemplo en un puente habrá que diferenciar entre apoyos, elementos de fundición, estructura de acero portante y banda de rodadura. En una estructura industrial, aquellas zonas que están sometidas a emanaciones de gases agresivos. En un parque de depósitos de almacenamiento, las superficies interiores de las exteriores y, en estas los techos (en los que se acumula el agua y contaminantes) de la envolvente vertical y del fondo del tanque.

En un buque habría que distinguir entre obra muerta y obra viva, estructuras, tanques de lastre y de carga, bodegas, salas de máquinas, habitaciones, etc.

Preparación de superficies. En primer lugar debe considerarse la posible presencia de defectos o irregularidades en la construcción, que deben ser reparados antes de proceder a la operación de limpieza superficial. Deberán en general, realizarse las siguientes operaciones: eliminación de posibles exfoliaciones mediante muela de esmeril, eliminar las proyecciones y pegotes de soldadura por el mismo procedimiento, redondear y aplanar los cordones de soldadura rugosos e irregulares, rellenar las posibles entalladuras y mordeduras del acero con soldaduras, procedimiento después del aplanado de las mismas, eliminación de rebabas y biselado de los cantos vivos y eliminación de posibles costras de óxido mediante picado y rascado.

Una vez realizado el trabajo preparatorio, se inician las operaciones de limpieza propiamente dichas, que deben especificarse claramente y que consisten básicamente en las siguientes operaciones, según los casos: desengrasado y eliminación de la suciedad y polvo acumulados mediante el empleo de detergentes que deben ser posteriormente bien eliminados. A continuación se debe especificar el grado de limpieza a efectuar para la eliminación de la herrumbre y de la cascarilla de laminación que puedan estar presentes.

Si se trata de acero laminado en frío, no habrá cascarilla de laminación y en ocasiones después del desengrasado, si tampoco hay herrumbre presente, la superficie puede quedar ya lista para pintar, sin otro requisito posterior.

Cuando el acero ha sido laminado en caliente y se encuentra en estado A o B de la norma ISO 8501.1, equivalente a la norma SIS 055900, habrá cascarilla de laminación caso A y cascarilla y herrumbre caso B.

Todos estos detalles deben tenerse en cuenta y hacerse constar en la especificación, teniendo en cuenta que el único método eficaz capaz de eliminar la cascarilla de laminación es el chorreado abrasivo. La norma ISO 8501.1 contempla los grados de limpieza manual o mecánico St2 y St3 (cepillado, rascado, etc.) o por chorreado abrasivo Sa1, Sa2, Sa2 ½, Sa3, referidos a los estados iniciales del acero A, B, C y D. Además de la descripción del grado de limpieza, se incluyen unos patrones fotográficos que son de gran ayuda a la hora de efectuar comprobaciones.

Equipos para la preparación de superficies. Aunque son competencia del aplicador conviene indicar lo siguiente: que los instrumentos manuales o mecánicos (rasquetas, cepillos, muelas, etc.) sean de material antideflagrante, caso de sustancias inflamables en la zona de trabajo, que los compresores utilizados para el chorreado abrasivo sean de potencia y caudal suficientes y vayan provistos de los separadores adecuados de aceite y humedad para evitar que el abrasivo se contamine. Que en el caso de emplear chorro mixto de agua y abrasivo, el agua sea dulce, no esté contaminada ni sea excesivamente calcárea. Indicar también el tipo de inhibidor a emplear y en qué proporción. Indicar el tipo de boquillas más apropiado.

Abrasivo a emplear. En cuanto al abrasivo a utilizar conviene especificar: tipo de abrasivo a emplear (arena, escoria de cobre, corindón Al_2O_3 o granalla metálica esférica o angular (instalaciones cerradas con recuperación de granalla). Granulometría del abrasivo, factor importante a la hora de obtener el grado de rugosidad deseado. Limpieza del abrasivo, especialmente arena y escoria, debiendo estar libres de polvo y sales solubles, indicando incluso algún ensayo para control. En el caso de arena indicar que debe ser silícea no calcárea. Remarcar que el abrasivo de un solo uso: arena, escoria, corindón, no debe reutilizarse.

El grado de rugosidad. Cuando se efectúa un chorreado abrasivo, especialmente en seco, la superficie de acero adquiere una cierta rugosidad, normalmente suficiente para la mayoría de los recubrimientos a aplicar. Sin embargo, ciertos tipos de pinturas como los silicatos ricos en zinc o ciertos recubrimientos epoxi de alto espesor, requieren un grado mínimo de rugosidad que debe especificarse claramente en estos casos.

Dado que los parámetros de rugosidad media R_a y rugosidad máxima R_z son difíciles de definir y complejos de medir en la práctica; lo mejor es hacer referencia a patrones visuales y táctiles como el **Rugotest N^º3**, el **Keane-Tator Comparator** o el **ISO Comparator**, escogiendo el grado de rugosidad indicado para la pintura (por ejemplo, grado BN 10^a del Rugotest N^º3).

Como otras consideraciones se debe exigir que las superficies a pintar estén completamente libres de polvo y secas antes de pintar.

UNE-EN ISO 8503-1:2012, vigente 20 / 06 / 2012. 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 8503-1:2012).

UNE-EN ISO 8503-2:2012, vigente 20 / 06 / 2012. 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 8503-2:2012).

UNE-EN ISO 8503-3:2012, vigente 17 / 10 / 2012. 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 8503-3:2012).

UNE-EN ISO 8503-4:2012, vigente 17 / 10 / 2012. 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 para la calibración de las muestras ISO de comparación táctil-visual y de caracterización de un perfil de superficie. Utilización de un palpador. (ISO 8503-4:2012).

UNE-EN ISO 8503-5:2017, vigente 06 / 09 / 2017. Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de la rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 5: Método de la cinta réplica para la determinación del perfil de superficie. (ISO 8503-5:2017).



Rugotest N°3



Keane-Tator Comparator

Preparación de superficie secundaria. En muchos casos, una vez preparado convenientemente el acero, se aplica un *shop-primer* o un *holding primer*, o en general una o varias capas de imprimación. En todo caso durante el montaje de estructuras, se producen soldaduras, quemaduras, daños de la pintura por abrasión o impactos, acumulación de aceite, grasas, otros productos que manchan las superficies.

Antes de aplicar el resto de capas de pintura, la superficie debe prepararse adecuadamente; esta operación se conoce con el nombre de *preparación de superficies secundaria*. Igual que en el caso anterior se deben tomar precauciones en cuanto a eliminación de polvo y grasa, limpiar cordones de soldadura, quemaduras y corrosiones localizadas, recubrimientos para proteger zonas ya limpiadas y evitar reoxidación, precauciones a tomar para no dañar elementos periféricos como motores, bombas, válvulas, etc.



ISO Roughness Comparator

Esquema de pintado. En este apartado debe especificarse el esquema completo de pintado, incluyendo: número de capa, tipo de pintura para cada capa, espesor de cada una de las capas. Debe especificarse el espesor de película seca, aunque como dato orientativo para el aplicador puede indicarse el espesor en húmedo o espesor de película recién aplicado. Este dato puede calcularse fácilmente a partir de la materia fija en volumen de la pintura, como ya se ha explicado.

Espesor total de película seca del esquema completo, indicando las tolerancias. Una regla que se acostumbra a emplear es la denominada "**Regla 80-20**", significa que la media aritmética de las mediciones efectuadas en el área de control es igual o superior al espesor seco especificado; como máximo el 20% de las mediciones está por debajo del espesor seco especificado, pero ninguna por debajo del 80% del espesor seco especificado.

Intervalos de repintado máximos y mínimos para cada capa de pintura referidos a una temperatura determinada.

Qué hacer si se ha sobrepasado el intervalo máximo de pintado.

Diluyentes a emplear con cada pintura y porcentaje máximo de dilución admitido, prohibiendo el uso de otros diluyentes que no sean los recomendados por el fabricante de la pintura.

Tiempo de secado que precisa la pintura una vez finalizada la aplicación, para desarrollar la totalidad de sus propiedades. Tiempo de curado para películas de reacción química.

Temperatura y humedad mínima para aplicación o curado.

Tiempo mínimo de puesta en servicio del recubrimiento en función de la temperatura, en el caso de superficies en inmersión: fondos de buque, partes sumergidas de plataforma petrolífera, interior de depósitos y tuberías, etc.

Indicar si es necesario, operaciones previas a la puesta en servicio del recubrimiento, por ejemplo en el caso de recipientes para productos alimenticios.

En ciertos casos es necesario especificar alguna operación de calentamiento insuflando aire caliente o llenando con agua caliente, como por ejemplo si se aplican recubrimientos *epoxi-novolac* para depósitos que van a contener productos muy agresivos.

Si se desea también se puede especificar las características que se le exigen a la película seca como: espesor total, adherencia, dureza, color, resistencia a la abrasión, no existencia de poros, etc. En este caso, debe indicarse claramente cuáles son los valores de cada uno de los parámetros, el método de medida o norma a emplear, las tolerancias admitidas y definir quién va a realizar las comprobaciones.

Aplicación. En la especificación de pintado debe reservarse un espacio destinado a la aplicación de la pintura. Debe detallarse, equipo a emplear: brocha, rodillo, equipo aerográfico, sin aire, electrostáticos, *air-mix*, etc. Debe indicarse que equipo es el más adecuado y que alternativas pueden aceptarse.

En el caso de equipos de proyección a pistola, conviene indicar el tamaño de la boquilla, la presión de trabajo, y si se trata de equipos sin aire, la relación de compresión de la bomba. Agitación en calderín para pigmentos en suspensión.

Cuando se emplean equipos sin aire, es conveniente exigir el uso de boquillas reversibles que pueden ser desatascadas de forma inmediata.

En cuanto a las boquillas de equipos sin aire, debe exigirse que sea relativamente nuevas, ya que su diámetro y forma de abanico se ven modificadas por el uso, con relativa rapidez.

Debe indicarse el acondicionamiento de la pintura antes de usarse, ausencia de defectos tales como pieles, grumos, sedimentos, etc. Homogeneización con agitador neumático o eléctrico. Mezcla de pintura de dos componentes en el orden y forma indicada por el fabricante.

Filtración del producto por los tamices indicados por el fabricante, si es necesario.

Debe indicarse el microclima exigido para la aplicación: temperaturas máxima y mínima del sustrato, del ambiente y de la propia pintura, así como la humedad relativa máxima o mínima. En este aspecto debe señalarse especialmente que la temperatura del

sustrato debe estar como mínimo unos 3°C por encima del punto de rocío, a fin de evitar condensaciones.

En aspectos de seguridad e higiene caudal de ventilación necesario, renovación del aire, equipamiento de seguridad. Condiciones de iluminación adecuadas. Andamiaje adecuado y seguro.

Cerciorarse de que la persona que va a realizar la aplicación está suficientemente cualificada y certificada por organismos acreditados.

Se deberán realizar ensayos de recepción de la pintura indicando forma de toma de muestra, tipo de ensayos a realizar, normas a seguir, laboratorio donde se realizarán los ensayos, valores y tolerancias de los parámetros a controlar y qué medidas se tomarán en caso de incumplimiento (devolución de producto, indemnización, garantías, etc.)

Certificado del fabricante indicando los parámetros de cada lote.

Conclusión. Una vez redactada la especificación general, que debe ser conocida y aceptada por todas las partes involucradas: propiedad, contratista, aplicadores, fabricantes, laboratorios de análisis y control e inspectores técnicos, es conveniente entresacar partes de la misma para que sirvan de documento de trabajo a los ejecutores de la obra, para los cuales es a menudo mucho más eficaz una sola página con los datos que a cada uno de ellos concierne. Es conveniente mantener una reunión inicial para de coordinación y aclaración de etapas y métodos de trabajo.

GLOSARIO

Air-less: se trata de un método de pintado que pulveriza la pintura sin necesidad del aire comprimido. Para ello se comprime fuertemente la pintura y se la hace salir por una fina boquilla. La brusca descompresión es suficiente para pulverizar la pintura y obtener un aerosol denso y sin problemas de arrastre debido al aire (caso aerografía).

Alocrom: tratamiento químico, no electrolítico, utilizado para mejorar la resistencia a la corrosión y la adherencia de la pintura en el aluminio y sus aleaciones.

Ampollamiento: formación de ampollas, burbujas huecas o gotitas de agua en una capa de pintura. Normalmente se debe a la expansión del aire o la humedad atrapados debajo de la capa. Las burbujas también se forman alrededor de los cristales de sal que quedan atrapados debajo de la capa de pintura, puesto que la sal atrae la humedad.

Anegamiento o flotación (flooding, floating): defecto que aparece algunas veces en las películas o capas de pintura, consiste en la separación de las partículas de pigmento, dando así un color no uniforme.

Barniz (varnish): resina disuelta o que ha reaccionado con un aceite secante; normalmente diluida con un disolvente volátil. Solución de resina en disolvente.

Blistering: véase ampollamiento.

Bonderización: pre-tratamiento para el hierro y el acero que se hace con soluciones químicas de fosfatos y ácido fosfórico lo cual produce una delgada capa inerte, adherente e inhibidora de la corrosión que es una excelente base para la aplicación de pinturas.

Coalescencia: proceso en que se evapora el agua o el disolvente correspondiente. Las partículas de polímero se acercan unas a otras; a medida que se va evaporando el agua se deforman y se unen de forma progresiva formando una película.

Calamina: capa de óxidos que se forma en la superficie de piezas metálicas, especialmente de hierro y acero, durante los tratamientos en caliente para la fabricación. Esta calamina no es una superficie apropiada para pintar porque puede presentar fisuras y levantamiento, invisibles en la apariencia.

Copal: Resina natural que exuda de plantas vivas y de fósiles. Las más importantes son kauri y ámbar.

Corrugado: Acabado generalmente en horno de secado, que presenta arrugas de dimensiones más o menos uniformes.

CuarTEAMIENTO (checking): roturas ligeras y finas en la superficie de una película o capa de pintura, visible a simple vista o con lupa de 10 aumentos.

Despellejamiento (*Peeling*): el desprendimiento de la película de pintura en pedazos relativamente grandes. La pintura aplicada a superficies húmedas o grasosas con frecuencia se desprende. A veces la humedad atrapada causa este defecto.

Diluyente (*Thinner*): se refiere normalmente al disolvente volátil.

Disolventes minerales (*white spirit, mineral spirit*): fracción hidrocarbonada alifática, de intervalo destilación 150° a 200°C, suministrada por las refinerías de petróleo.

Eflorescencias: conversión en polvo de algunas sales de los pigmento de la pintura o cargas cuando pierden el agua de cristalización, suelen aparecer como manchas en la superficie de la pintura.

Enyesado o caleo (*chalking*): polvo de pigmento y cargas sueltas en la superficie de la película expuesta al medio ambiente, producido por la erosión de la capa exterior de aglomerante o ligante. La descomposición de una película de pintura por los rayos del sol que lo deteriora formando un polvo suelto encima de la superficie. El caleo ligero, conserva el color original de la pintura (colores pastel), el cual es tolerable. El caleo profundo que se arrastra por la lluvia dejando una superficie vulnerable es indeseable. Antes de repintar una superficie caleada, hay que eliminar todo el polvo, lo que se logra con un cepillado vigoroso.

Estuco: masilla preparada con cemento, cola, yeso, caolín y otros materiales para emparejar superficies revocadas o empañetadas y que van a ser pintadas, mejorando así el acabado y disminuyendo los costos de materiales.

Fisuración (*cracking*): roturas en una película o capa de pintura que se extienden desde la superficie hacia zonas más profundas.

Flip/flop: efecto visual de cambio de tono de una pintura metálica o mica, cuando se le mira de frente o de costado y dependiendo también, del ángulo de incidencia de la luz.

Flotación: defecto que se presenta especialmente en pinturas con más de un tipo de pigmento, en el cual uno o varios pigmentos se separan o flotan durante el secamiento de la capa de pintura produciendo un color des-uniforme. La flotación es mayor en las áreas con mayor espesor de película.

Gilsonita: la gilsonita es un asfalto natural, asfaltita; en ocasiones se usa como similar al betún de Judea.

Kauri: índice de Kauri-Butanol de un solvente. Es el volumen de solvente en centímetros cúbicos a 25°C de temperatura corregido a un estándar definido, que son requeridos para producir un determinado grado de turbidez, cuando 20 g de solución estándar de resina kauri son añadidos en alcohol butílico normal. La solución de resina kauri es estandarizada contra tolueno al cual se le asigna un valor de 105, y a una mezcla de 75 % de heptano normal y 25 % de tolueno, a la cual se le asigna un valor de 40. La resina copal se emplea como sustituto de la resina kauri.

Lasur: un *lasur* es un recubrimiento de acción impregnante que no hace capa, que tiene un acabado "a poro abierto" regulador de la humedad de la madera y que facilita la salida del vapor de agua del interior de la misma.

Lazure is layers of paint prepared nearly as thin and transparent as watercolor, consisting of water, binder, and pigment. It is applied with a rhythmical movement using large brushes. The final color is achieved using varied colors applied in several layers, over a white surface. Light passes through these thin layers of color and is reflected back, giving a pure color experience.

Leafing: fenómeno por el cual ciertos pigmentos, especialmente de aluminio, flotan y se sobrepone unos a otros formando una estructura laminar.

Martelé: esmaltes martelé o de efecto martilleado, en inglés *hammer finish*, son acabados que se utilizan con el fin de disimular pequeños defectos.

Mastic: pinturas auto-imprimantes de alto contenido en sólidos, tipo epoxi.

Material de imprimación (primer): pintura utilizada como primer recubrimiento de una superficie.

Nivelación: en ocasiones llamado flujo (*flow*), capacidad de una película o capa de pintura para igualar una superficie, obteniéndose un recubrimiento uniforme, sin irregularidades.

Ojos de pez: defecto producido por un problema de humectación del sustrato, muy similar a los cráteres.

Pavonado: las pinturas de efecto pavonado son similares al efecto forja, pero el tamaño de partícula del óxido de hierro micáceo utilizado, será menor de 30 micras.

Pegajosidad (Tack): es el grado de pegajosidad de la película de pintura o barniz durante el secamiento.

Pickling: pretratamiento del hierro y el acero para remover el óxido, y la escama de laminación por inmersión de las piezas en un baño ácido con un inhibidor apropiado. Este tratamiento puede hacerse con ácido clorhídrico, sulfúrico o fosfórico. (véase BONDERIZACIÓN) y debe acompañarse de un enjuague y secado para la aplicación de la pintura.

Piel de naranja: defecto superficial de la pintura seca que se produce por falta de nivelación dando lugar a un aspecto similar a la piel de naranja.

Pigmento dilatador (extender pigment): mejor denominado cargas ó extendedores son compuestos que tienen poco poder cubriente, pero que se incluyen en las pinturas con otras finalidades. Se trata normalmente de carbonatos y silicatos. Estos se hacen traslúcidos cuando se dispersan en pinturas líquidas.

Pot-life: tiempo disponible en pinturas de dos componentes para su utilización, antes de perder sus características.

Rubbing compound: material abrasivo suave que se utiliza especialmente para pulir pinturas brillantes y para eliminar manchas y rayas.

Sangrado (*Bleeding*): migración de un colorante o mancha de la madera teñida o del primario a las capas subsecuentes. Generalmente esto sucede porque el colorante es soluble en el vehículo de la capa final. Puede disminuirse o prevenirse aplicando una capa intermedia de goma laca, pintura de aluminio o emulsionada. Por ejemplo, un esmalte blanco aplicado sobre madera de caoba o sobre un esmalte rojo brillante desarrollara manchitas rosas en unas cuantas semanas.

Secado al tacto (*Dry to touch*): una película de pintura esta "seca al tacto" cuando puede tocarse ligeramente con los dedos sin que algo de la pintura se adhiera.

Sherardizado: es un método para aplicar un revestimiento anticorrosivo opacado de zinc mediante difusión. Las piezas de acero virgen se colocan en un tambor cerrado y rotatorio. Se calientan mientras se les agrega arena y polvo de zinc. El tambor se calienta hasta una temperatura entre 320°C y 500°C y gira. Esto inicia un proceso de difusión que forma una capa uniforme y dura de una aleación zinc/acero, resistente al calor y a la abrasión y con una excelente resistencia contra la corrosión. El proceso de *sherardizar* cumple con la Normativa Europea EN 13811, clase 15.

Shop-primers: imprimaciones de taller, son imprimaciones de uso temporal con protección anticorrosiva. También **Holding-primer.**

Sinéresis: fenómeno que consiste en la separación de agua en la superficie de la pintura. Se pueden emplear pequeñas cantidades de espesantes para corregir este defecto.

Tack residual: pegajosidad residual de la pintura después del secado.

Tixotropía (*thixotropy*): propiedad reológica de un líquido o gel para disminuir su viscosidad a medida que aumenta el esfuerzo cortante y para recuperar el estado de gel cuando se elimina el esfuerzo cortante aplicado.

Varsol: solvente o adelgazador de ciertas pinturas, barnices y productos similares, que se obtiene por destilación del petróleo.

Vehículo (*vehicle*): porción o fase líquida de una pintura, como fase distinta a los pigmentos y cargas.

VOC o COV: compuestos orgánicos volátiles que durante el proceso de secado pasan de la pintura a la atmósfera suelen ser disolventes, monómeros libres, etc.

Wash-coat: capa muy delgada de recubrimiento que se aplica como primera mano a una superficie, como sellador o para facilitar el lijado.

Wash-primer: imprimaciones-acabado utilizadas en la protección de metales ligeros o sus aleaciones. Protección anticorrosiva de dos componentes uno pigmentado y el otro un ácido.