



Foto: <http://www.basf.coatings.de>

## ► Pintura en Polvo

### Un recubrimiento ecológico y eficiente

**Carolina Llano Uribe**  
Periodista Metal Actual

**El proceso reduce hasta en un 92 por ciento las emisiones peligrosas.**

*En los últimos 50 años la industria ha perfeccionado los recubrimientos de pintura en polvo, mejorando no sólo sus materiales y componentes, sino también el proceso y la técnica de aplicación. Actualmente este revestimiento está altamente posicionado en el sector metalmecánico, gracias a que disminuye costos, se aplica rápido y produce pocos residuos, minimizando el impacto ambiental.*

La pintura en polvo ha ido ganando gran popularidad y aceptación en el mercado de los recubrimientos industriales no sólo en Estados Unidos y Europa, sino también en la industria nacional y en países vecinos como Brasil y Chile. El éxito de esta pintura radica en sus excepcionales propiedades finales: dureza, resistencia a la corrosión, excelente acabado, fácil aplicación y aceptabilidad ambiental.

Siendo una de las alternativas más limpias y eficientes, la pintura en polvo es un tipo de revestimiento orgánico que se usa para cubrir y proteger todo tipo de materiales metálicos. Comparada con las pinturas líquidas, es la única que tiene componentes secos cien por ciento libres de solventes.

El éxito de los recubrimientos secos es cada vez mayor, desde sus primeros desarrollos, en la década de los 50 y especialmente a partir de los años 90 el uso de las pinturas sin solventes claramente es dominante, sobre todo por razones ambientales y ecológicas.

De hecho, la industria mundial desde hace décadas se preocupa por los efectos nocivos de los solventes y materiales peligrosos. Un claro ejemplo es el compromiso de Unión Europea firmado en septiembre de 1993 para el buen uso del plomo, que establece la obligación de identificación para pinturas con compuestos de plomo y hace un llamado a utilizar compuestos orgánicos.

Según un análisis de la firma General Electric Plastics, empresa que dedica parte de su investigación al desarrollo de resinas ecológicas, al compararlo con el proceso estándar que emplea la pintura líquida convencional, el uso de pintura en polvo puede reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles –VOCs– en hasta un 98 por ciento y generar un ahorro global en pintura de más del 49 por ciento.

### Compuestos

- **Resinas termoendurecibles:** material base de la pintura que adquiere endurecimiento a temperaturas elevadas. Son polímeros que le otorgan el brillo y las características básicas a los recubrimientos en polvo tales como: resistencia química, durabilidad al exterior, resistencia al calor y a la luz, dureza y flexibilidad, entre otras.
- **Endurecedores o agentes reticulantes:** compuestos que reaccionan con las resinas y permiten que la misma ‘cure’, es decir polimerice. El proceso de polimerización(1) o curado es el fenómeno químico-físico mediante el cual se forma y compacta la película del recubrimiento sobre la pieza por la acción de la temperatura.

► Para el formulador es necesario utilizar pigmentos específicos y de tonos precisos para lograr el color final



Foto: <http://www.basf.coatings.de>

- **Pigmentos:** compuestos inertes que pueden ser orgánicos o inorgánicos, de fundamental importancia ya que son los que le dan el color a la pintura. Para el formulador es necesario utilizar pigmentos específicos y de tonos precisos para lograr el color final. Los pigmentos deben resistir las temperaturas de horneado a las que son sometidos (por regla general se sitúan entre 160°C y 200°C); si el uso de la pieza pintada será al exterior hay que considerar también que deben soportar los rayos ultravioletas. Estos pueden ser: inorgánicos (Dióxido de titanio, óxidos de hierro), Orgánicos (Ftalocianinas), Metálicos (aluminio), efectos metalizados (micas).
- **Las cargas:** sustancias químicas inertes normalmente inorgánicas que le otorgan características y propiedades especiales al producto para mejorar su aplicación y calidad. Su objetivo es proveer importantes propiedades mecánicas, como aumentar la resistencia al impacto, mejorar la dureza, reducir el efecto de degradación por efecto de los rayos ultravioleta. sobre la película y aumentar

la resistencia a la abrasión. Las cargas principalmente utilizadas son la barita (sulfato de bario) micronizada o precipitada, y el carbonato de calcio, también micronizado o precipitado y en algunos casos la dolomita (carbonato de calcio y magnesio).

- **Aditivos:** sustancias químicas orgánicas o inorgánicas que, añadidas en baja proporción, son capaces de modificar sustancialmente las propiedades del ligante que puede ser poliuretano epoxídico, poliamínico, etc. y que tiene la función de ajustar la fluidez de la pintura para su aplicación, (en otro tipo de pinturas esta función es de los diluyentes y disolventes). Confieren a la pintura ciertas propiedades en cuanto a su aspecto, acabado, etc.

### Métodos y Proceso de Aplicación

El sistema de aplicación más común es de recubrimiento electrostático, que tiene como principio básico cargar eléctricamente las partículas de polvo. Para este tipo de aplicación

se usan equipos Corona que generan cargas que luego son transferidas a la pintura utilizando una fuente externa de alta tensión para cargar el aire, donde se liberan iones libres y el polvo adquiere una carga eléctrica negativa. Este tipo de equipos tiene como ventajas que es económico y requiere un bajo mantenimiento, además de poderse utilizar en cualquier tipo de producto, sin embargo, tiene como desventaja su limitada capacidad para penetrar en zonas ocultas y su producción del efecto Faraday<sup>(2)</sup>.

También se pueden usar sistemas Triboeléctricos donde los equipos provocan las cargas mediante el rozamiento de los granos de pintura entre sí y contra las paredes del cañón de la pistola, cargando positivamente el polvo. Las ventajas de este sistema tienen un bajo efecto Faraday, permite acceder a zonas de difícil alcance y un mayor control en el espesor, sin embargo, tiene un alto costo de mantenimiento, requiere de granulometrías/ productos especiales y tiene un rápido deterioro en la calidad del polvo. Estos equipos están compuestos por:

- **Un depósito de pintura:** consiste en un tanque cilíndrico con una membrana porosa en su base en la que se deposita la pintura que es suspendida en una corriente de aire inyectada por debajo de la membrana; de este modo el

lecho fluido que forman las partículas tiene un comportamiento similar a un líquido y entonces se bombea a través de mangueras hasta la pistola.

- **Una pistola electrostática:** es la parte del equipo en donde se carga la pintura. En el caso de equipos corona la pistola dispone de electrodos en cascada que brindan al polvo una carga eléctrica entre 60 y 90 kilovoltios. Cuando se trata de equipos triboeléctricos, la pistola dispone de un cañón de teflón que colecta los electrones de la pintura dándole a esta una carga positiva. Además, las pistolas disponen de elementos de regulación de flujo, de punteros con diferentes geometrías y de un gatillo que actúa como interruptor de puesta en marcha en los equipos manuales.
- **Un panel de control:** desde él se registran y regulan el caudal de aire, el voltaje aplicado u obtenido, la presión del aire en el depósito, etc.

## El Proceso

### Tratamiento de Superficies

La calidad final del proceso y los resultados que se obtengan dependen principalmente del pretratamiento de limpieza que se le realice al producto, pues las

superficies deben estar limpias, libres de polvo, aceite, grasa, óxido o cualquier sustancia extraña. Mediante la preparación de la superficie se aumenta la resistencia a la corrosión con la aplicación de fosfatos y selladores con el propósito de facilitar la adherencia de la pintura. *(Consulte la edición 08 de Metal Actual, página 35, artículo: Recubrimientos, no escatime en la preparación de superficies).*

## Aplicación

En el momento de la aplicación de la pintura en polvo se deben tener en cuenta ciertas condiciones óptimas: humedad ambiental máxima de 65 por ciento; temperatura ambiente no mayor a 35°C; el aire debe estar libre de aceite, humedad y partículas sólidas; deberá realizarse el proceso en un cuarto con presión positiva, es decir, sin entradas o fugas de aire, las pistolas deben estar ubicadas de 20 a 30 cm de distancia de la pieza.

- **Aplicación electrostática:** en este proceso las partículas de polvo de la pintura se cargan eléctricamente mientras el producto a pintar está conectado a tierra, de esta manera se produce una atracción electrostática que adhiere una película de polvo a la pieza, logrando recubrir toda su superficie de manera pareja y total.
- **Aplicación por Lecho Fluido Simple:** proceso indicado para piezas con geometría complicada y donde se necesita de un espesor elevado. Aquí la pieza es colocada por medio de inmersión en un reservorio de pintura donde se encuentra suspendida formando una nube densa que se comporta como un fluido. La pintura es depositada en la pieza por medio de calentamiento de la misma y posteriormente llevada al horno para complementar el curado final.



► La pintura en polvo se puede aplicar con pistolas electrostáticas manuales y automáticas. La mayor parte de los residuos son contenidos en la cabina y luego son reciclados a través de un sistema de bombeo.



► Gracias a la atracción generada por la aplicación electrostática, la pintura puede llegar a los lugares que comúnmente se conocen como puntos ciegos.

## Secado al horno o curado

El curado es un proceso mediante el cual se forma la película del recubrimiento sobre la pieza por acción de la temperatura, por lo que es de gran importancia mantener su control dentro del horno. La temperatura es monitoreada con aparatos especiales en distintas partes del horno, ya que de esta característica dependerá la uniformidad en

el acabado obtenido y en los colores, que pueden variar mucho cuando las condiciones de los hornos de curado no son constantes. El nivel de la temperatura combinado con el tiempo necesario del horneado garantiza un óptimo curado, de esta manera se asegura un resultado adecuado en las propiedades mecánicas, químicas y de apariencia de la pintura. Cuando las películas son insuficientemente curadas presentan deficientes propiedades de adherencia, resistencia química y al impacto y su resistencia al exterior y a la corrosión se ven disminuidas.

Durante este proceso, la pintura en polvo se funde para lograr que el revestimiento adquiera sus propiedades finales. Dependiendo del tipo de resina, se establecen los tiempos de polimerización, que se expresan mediante una curva de curado y las proporciona el fabricante según el tipo de pintura. Además, existen diferentes tipos de hornos: los primeros llamados de convección, que actúan por medio de aire caliente y que traspasan el calor al metal para curar la pintura; y los hornos por radiación que suministran directamente mayor energía a la pintura para obtener la polimerización. Sus dimensiones y diseño varían según el volumen de piezas que se requiera pintar.

Existen algunas pruebas de control de calidad que se realizan al finalizar el proceso y que aseguran la excelencia en el acabado de las piezas, dentro de estas pruebas





► Los tiempos de polimerización se establecen dependiendo del tipo de resina, se expresan mediante una curva de curado y son proporcionados por el fabricante según el tipo de pintura, su control se realiza mediante un termógrafo.

podemos encontrar: de aspecto, el brillo, el espesor de la capa, la adherencia, la dureza, test de embutición, resistencia a la fisuración en el plegado, ensayo de impacto, resistencia a atmósferas húmedas conteniendo dióxido de azufre, resistencia a la niebla salina o salino acética, ensayo de envejecimiento acelerado, envejecimiento natural, test de polimerización, resistencia al mortero, resistencia al agua hirviendo, resistencia a la humedad en atmósfera constante, aserramiento, fresado y taladramiento.

## Tipos de Pinturas

Aunque todos los tipos de pintura en polvo tienen gran resistencia química y mecánica, el tipo de recubrimiento se escoge de acuerdo a la resina que utilizan en su formulación, a los requerimientos de la industria y al uso que se le va a dar.

- **Las pinturas con resinas epoxi:** tienen alta resistencia química, mayor dureza superficial, excelentes propiedades anticorrosivas, rápida degradación por exposición a la luz UV. Se utiliza como aislante eléctrico, para recubrir pastillas de frenos, amortiguadores y tuberías de químicos

- **Las pinturas poliéster:** se utilizan en muebles para exterior, aluminio arquitectónico, perfilera, ventanas galvanizadas, etc., ya que tiene una buena resistencia a la variación de color por temperatura.
- **Las pinturas híbridas:** combinación de resinas epoxy con pinturas de poliéster indicadas para piezas de decoración. Tienen muy buena resistencia química, buenas propiedades mecánicas, permite diferentes tipos de acabados. No son recomendadas para el exterior ya que pueden presentar variación de color por temperatura.
- **El polvo acrílico:** se utiliza donde además de los requisitos decora-

tivos se busca la resistencia a los rayos ultravioletas de la luz del solar por períodos prolongados. Muchos componentes de decoración para automóviles están cubiertos con el polvo acrílico.

## Ventajas de la Pintura en Polvo

Muchas son las ventajas de los recubrimientos en polvo frente a la mayoría de las pinturas industriales y es por esto que hoy en día se ha convertido en un producto de alta competitividad y aceptación en el mercado.

- Produce revestimientos con una excelente resistencia a la corrosión, calor, impacto, abrasión por intemperie y a los cambios extremos de temperatura.
- Pueden lograrse productos de alto brillo, semi-brillo y mate, efectos metálicos, perlados, e incluso incoloros.
- Puede formularse para aplicación en diversos espesores, de acuerdo al uso de la pieza.
- Es amigable con el medio ambiente. Los recubrimientos en polvo no requieren solventes, por lo que prácticamente no tienen emisiones volátiles. De esta manera se reducen los problemas de contaminación ambiental, costos de solvente, riesgos de incendio.



► La pintura en polvo presenta una gran cantidad de colores y acabados y es usada para la protección, la decoración y los recubrimientos funcionales en cualquier tipo de superficie.



Foto: www.basf-coatings.de

► La pintura en polvo cada vez cuenta con una mayor aceptación tanto en el mercado nacional como en el internacional. Gracias a su popularidad, se pueden encontrar centenares de productos revestidos con este tipo de pinturas.

- Reducción de las emisiones de VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles) en un 92 – 98 por ciento.
  - No requieren mezclas de materiales ni adiciones, lo que ahorra espacio, tiempo, inversión en equipos y mano de obra.
  - Tiene una mayor duración al almacenarse ya que no hay sedimentación ni separación de sólidos.
  - Cuando el polvo aplicado está seco, el 98 por ciento del *overspray* –el polvo que no se fija a la pieza durante la aplicación– puede ser recuperado y reutilizado a través de sistemas de ciclón, multiciclón, filtros o sistemas donde se combinan los ciclones y filtros.
  - Gracias a que este tipo de pintura no escurre ni gotea, hay un bajo porcentaje de piezas que se descartan o pierden por calidad.
  - Para aplicar varios colores hay equipos que permiten el cambio de color en apenas algunos minutos, haciéndolos más rápidos y sencillos que con los revestimientos líquidos.
  - La aplicación de una sola capa puede remplazar las capas múltiples de los sistemas líquidos. Su tecnología versátil permite espesores de 20 a 1000 micrones.
- También se debe tener en cuenta algunas desventajas:
- No pueden utilizarse en materiales que no soporten temperaturas del orden de los 200 C.
  - Una vez elaborado el polvo es muy difícil modificar su color.
  - Efecto Jaula de Faraday

- El costo inicial del polvo es mayor que el de la pintura líquida pero el rendimiento final es superior. (Los costos de aplicación que se tienen en cuenta en la planta de producción deben ser calculados mediante la calidad del acabado y ésta se refleja en el rendimiento de la pintura en polvo que se mide en kilogramos usados por metro cuadrado pintado -kg/m<sup>2</sup>-).
- Aunque tiene un buen acabado final, nunca es tan bueno como el de la pintura líquida.

## Usos

Los recubrimientos en polvo se utilizan en distintos procesos de acabado industrial y decorativo, principalmente en el campo de la metalmecánica. Su uso puede verse como parte de la producción de la industria de electrodomésticos en superficies externas y componentes de neveras, congeladores, hornos microondas, aires acondicionados, aspiradoras, lavaplatos, secadoras y calentadores de agua.

En el sector de la construcción y la arquitectura se usa para el revestimiento de grandes fachadas de acero laminado, herrajes para las puertas, tejas metálicas, estructuras de techos, ventanas, puertas y luminarias. En la industria automotriz y de autopartes se utiliza en piezas de sistemas de frenos y de suspensión, chasis de camiones, radiadores, algunas piezas del motor, resortes de acero, filtros de aire y aceite, cerraduras y limpia-parabrisas.

Son innumerables los usos que se les dan a los revestimientos en polvo en los diferentes sectores de la industria, pueden encontrarse en las máquinas e implementos agrícolas, componentes eléctricos, antenas, equipos de gimnasio, estanterías y góndolas para supermercados, equipamientos para odontología, muebles, camas, sillas, cajas de herramientas, griferías, cestas de basura, cabinas de teléfonos

públicos, bancos para plazas y centros comerciales, piezas de bicicletas, entre muchas aplicaciones más.

Aunque las pinturas en polvo deben ser usadas únicamente en piezas metálicas debido a que su proceso de aplicación se realiza mediante energía electrostática, en la actualidad se han desarrollado algunos tipos especiales de pintura en polvo para madera –MDF– pero requiere de ciclos de curado especiales. Además, se siguen buscando métodos que permitan combatir las limitaciones de la pintura en polvo frente a los materiales en los que no puede ser utilizada y se espera llegar en un futuro a convertirla en un recubrimiento ideal para cualquier tipo de producto. Sin embargo, hasta este momento sigue siendo una de las principales opciones para aquellos que buscan reducir sus costos manteniendo una excelente calidad en los acabados, agilizar sus procesos de producción y tener un menor impacto ambiental durante el proceso. 🚩

#### Fuentes

- **Adriana Catalina Romero Acosta.** Ingeniera Química Revicol Ltda. [cromero@revicol.com.co](mailto:cromero@revicol.com.co)
- **Duván Alberto Vivas Polo.** Gerente de Revicol LTDA. Ingeniero Civil [dvivas@revicol.com.co](mailto:dvivas@revicol.com.co)
- **Nancy Díaz.** Ingeniera. Gerenta Metalquímica Colombiana Ltda. [metalqca@elsitio.net.co](mailto:metalqca@elsitio.net.co)
- <http://orbita.starmedia.com/~polpin/aplicacion.htm>
- [www.arnum.com](http://www.arnum.com)
- [http://www.asimet.cl/pintura\\_solida.htm](http://www.asimet.cl/pintura_solida.htm)
- <http://www.metokote.com/spanish/powderCoatingProcessSpecifics.asp>
- [www.geoplastics.com](http://www.geoplastics.com)

#### Citas

- 1) **La polimerización:** es una reacción química en la que varios monómeros (pequeñas moléculas con unidades estructurales repetitivas) se unen para formar una larga molécula en forma de cadena, es decir un polímero.
- 2) **El efecto jaula de Faraday:** provoca que el campo electromagnético en el interior de un conductor en equilibrio sea nulo, anulando el efecto de los campos externos. Esto se debe a que, cuando el conductor sujeto a un campo electromagnético externo, se polariza de manera que queda cargado positivamente en la dirección en que va el campo electromagnético, y cargado negativamente en el sentido contrario. Puesto que el conductor se ha polarizado, este genera un campo eléctrico igual en magnitud pero opuesto en sentido al campo electromagnético, luego la suma de ambos campos dentro del conductor será igual a 0.