

Formulación y comportamiento de pinturas anticorrosivas acrílicas base agua

María E. Noriega¹, Santiago E. Flores^{1*} y Juan J. Caprari²

¹Instituto de Corrosión y Protección, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima 32, Perú

²Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas, La Plata, Argentina

Resumen

El presente trabajo ha consistido en desarrollar formulaciones y elaborar, en laboratorio, pinturas anticorrosivas acrílicas base agua y con pigmentos de fosfato de zinc, utilizadas para la protección del acero común como una alternativa ecológica a las pinturas convencionales base solvente.

Estas formulaciones han sido evaluadas en ensayos de corrosión acelerada y en un ensayo de larga duración en una atmósfera urbano-marina. Los resultados obtenidos han demostrado que los anticorrosivos acrílicos base agua pueden ofrecer similar protección e incluso superior (ensayos de corrosión acelerada) que algunas pinturas convencionales base solvente de uso común.

Siendo las pinturas anticorrosivas base agua una tecnología en desarrollo en países Iberoamericanos, las formulaciones obtenidas constituyen una alternativa ecológica y de bajo impacto ambiental que pueden reemplazar a las pinturas convencionales base solvente y pigmentadas con metales pesados, para la protección del acero en ambientes medianamente agresivos.

Palabras clave: pinturas anticorrosivas, pinturas base agua, pinturas acrílicas, bajo VOC.

Introducción

La fabricación y aplicación de pinturas base solvente para mantenimientos industriales implican una serie de etapas que afecta el medio ambiente.

Las pinturas convencionales para protección anticorrosiva se formulan con resinas o polímeros solubles en solventes orgánicos volátiles (tales como benceno, tolueno, xileno, cloruro de metileno, tricloroetano, etc.) que tienen actividad fotoquímica con la baja atmósfera (tropósfera). Estos compuestos orgánicos volátiles (VOC), cuando se emiten a la atmósfera durante el proceso de aplicación y secado de la pintura, intervienen en una serie de reacciones fotoquímicas para formar lo que se conoce como "smog" fotoquímico, el mismo que tiene efectos adversos a la vida animal y vegetal. En los seres humanos, por ejemplo, producen irritaciones agudas en los ojos, sistemas respiratorio y reacciones alérgicas, en especial, debido al aumento de la concentración de ozono en una región atmosférica donde naturalmente no existe. Asimismo, las pinturas anticorrosivas base solvente por lo común llevan en su formulación pigmentos a base de metales pesados (cromo y plomo) conocidos por su elevada toxicidad.

Recientemente ha crecido el interés en países industrializados en desarrollar tecnologías alternativas que sustituyan a las pinturas base solvente ofreciendo igual o superior protección anticorrosiva¹⁻⁶. Estas nuevas tecnologías están siendo cada vez más utilizadas en países europeos y en USA, que ya cuentan con legislación ambiental que restringe el uso de pinturas con altos contenidos de VOC y pigmentadas con metales pesados.

A pesar de que muchos países latinoamericanos no tienen aún legislación ambiental en el sector de las pinturas industriales y productos afines, es cada vez más evidente la toma de conciencia por parte de la población, el sector público y la industria en general por el uso de tecnologías limpias para el mantenimiento de estructuras. Además, el establecimiento en muchas empresas de sistemas de calidad según ISO 9000 o ISO 14000 exige el empleo de tecnología limpias en sus procesos de fabricación y mantenimiento, lo cual ha despertado el interés por la utilización de revestimientos protectores no contaminantes.

* E-mail: sflores@pucp.edu.pe

El presente estudio abarca todas las etapas involucradas desde la formulación hasta su comportamiento en ensayos de laboratorio, complementando con un ensayo en un ambiente natural corrosivo como la costa peruana, para el caso de pinturas acrílicas base acuosa como una alternativa de bajo impacto ambiental para la protección de estructuras de acero.

Parte Experimental

Materias primas

La resina **Acronal S 760**, dispersión acrílica pura para la fabricación de recubrimientos anticorrosivos, fue proporcionada por BASF* (Alemania).

Johnson Polymer* (USA) proporcionó las resinas **Joncryl 537 y Joncryl 1532**, emulsiones acrílicas para la fabricación de recubrimientos industriales.

La empresa Societe Nouvelle des Couleurs Zinciques*, proporcionó pigmentos anticorrosivos no tóxicos a base de fosfato de zinc, **Zinc Phosphate PZ 20 y Novinox PZ 02**. Los pigmentos extendedores fueron proporcionados por la empresa peruana Agregados Calcáreos S.A., líder en latinoamérica en la producción y exportación de cargas y extendedores. Los pigmentos de color fueron en su mayoría marca Bayer (óxidos de hierro rojo, amarillo, negro).

Formulación

En base a información técnica proporcionada por los proveedores de las resinas acrílicas se elaboraron en laboratorio diferentes formulaciones de imprimaciones anticorrosivas, pinturas para capas intermedia y acabado. En total se prepararon alrededor de 20 formulaciones.

Después de cada formulación se realizaron aplicaciones sobre vidrio y acero para evaluar el proceso de secado, formación de película, desarrollo de defectos de aplicación, ampollamiento prematuro, oxidación prematura del sustrato, resistencia inicial al agua, etc. De acuerdo a lo observado en cada caso se fueron ajustando y mejorando las formulaciones

de tal manera que se seleccionaron las de mejor comportamiento para ser evaluadas en ensayos de laboratorio y campo.

En la Tabla 1 se presenta el resumen de algunas de las formulaciones seleccionadas.

Preparación de los paneles

El estudio se realizó con paneles o probetas de acero nuevo, de dimensiones 10x15x0.08 cm, las que fueron lijadas con lija Nro.120 y desengrasadas con acetona. El pintado de cada probeta se realizó con brocha. Las probetas se pintaron en un ambiente cerrado, en un rango de temperatura de 20-25 °C y 50% de humedad relativa. Bajo esas mismas condiciones se dejaron curar durante 7 días. Los espesores estuvieron el rango 60 a 100 μm para las imprimaciones y entre 200 y 300 μm para los sistemas (imprimación, intermedia y acabado).

Tabla 1. Algunas de formulaciones acrílicas base acuosa seleccionadas y evaluadas.

Materias Primas	F1-rojo (g)	F3 -rojo (g)	Materias Primas	I-gris (g)	A-verde (g)
Agua	4,99	4,99	Acronal 760	37,17	20,37
Antiespuma	0,20	0,20	Antiespuma	0,23	0,20
Espesante	0,10	0,10	Agua	4,1	3,95
Acronal 760	14,32	14,32	Dispersante	3,27	4,45
Surfactante	0,5	0,5	Coalescente (DPnB)	0,74	—
			Aguarrás	0,74	0,50
Fosfato Zn-PZ 20	10,0	10,0	TiO ₂	4,79	3,60
Oxido de Fe rojo	5,39	5,39	Oxido de Fe amarillo	—	0,30
Talco	3,76	3,76	Oxido de Fe negro	2,69	—
Caolín	5,0	5,0	Oxido de Cr verde	—	4,0
Mica	2,5	2,5	Talco	3,69	9,8
			Fosfato de zinc	8,43	—
Joncryl35,38	35,38	Litopón	13,12	—	
Plasticante	0,93	0,93	Mica	—	21,85
Butilglicol	5,93	5,93	Acronal 760	17,08	24,76
Coalescente (DPM)	2,90	2,90	Antiespuma	0,20	0,40
Antiespuma	0,20	0,20	Inhibidor de corrosión	0,38	0,40
Mod. reológico	—	4,0	Modificador reológico	0,38	0,55
Agua	4,0	—	Butilglicol	1,35	1,10

F1-rojo: Imprimación Joncryl-Acronal F1
I-gris: **Intermedia Acronal**

F3-rojo: Imprimación Joncryl-Acronal F3
A-verde: **Acabado Acronal**

Asimismo, para fines comparativos se ensayo un sistema convencional base solvente que estuvo constituido por una imprimación y esmalte alquídicos, ya que no fue posible conseguir en nuestro medio un sistemas acrílico puro para aplicaciones similares.

* Con representación en Perú

Ensayo de exposición atmosférica

Para el ensayo de exposición atmosférica las probetas preparadas y pintadas fueron fijadas sobre un bastidor de madera, ubicado en el techo del Instituto de Corrosión y Protección de la P.U.C.P. El ensayo de exposición atmosférica de larga duración se realizó según los procedimientos descritos en la norma ISO 2810-1974.

Debido a su ubicación en una zona urbana de la ciudad de Lima, con una distancia a la costa de 2 km., aproximadamente, la estación de ensayo del Instituto de Corrosión y Protección de la P.U.C.P., puede clasificarse como una atmósfera aparente mixta del tipo **urbano-marino**. Sin embargo, de acuerdo a estudios previos⁷ dicha estación de ensayo ha sido clasificada en la categoría **C5 (muy corrosiva)** según la norma ISO 9223.

Ensayos de corrosión acelerada

Se realizaron tres tipos de ensayos acelerados:

1. Ensayo de niebla salina neutra: ASTM B 117-97; ISO 7253-1984.
2. Ensayo de humedad: ASTM D 2247-99; DIN 50017.
3. Ensayo cíclico acelerado sugerido por la empresa BASF para la evaluación de recubrimientos anticorrosivos base acuosa. Este ensayo climático FTS 2496 consistió en tres etapas: 1 día en cámara de humedad - 1 día de secado a temperatura ambiente - 4 días en cámara de niebla salina - 1 día de secado a temperatura ambiente.

Las probetas fueron inspeccionadas y evaluadas según las normas ISO 4628/2 (grado de ampollamiento) e ISO 4628/3 (grado de corrosión).

Resultados

Para indicar el grado de deterioro que alcanzan los recubrimientos ensayados se ha utilizado la propuesta de Keane⁸ quien utiliza la norma ISO 4628/2 para asignar numéricamente un grado de deterioro en función del tamaño y densidad de ampollamiento.

Utilizando esta conversión se ha elaborado las Figuras 1 a 3 que muestran el grado de deterioro alcanzado en los

diferentes ensayos de campo y laboratorios realizados tomando en cuenta solamente el ampollamiento de los recubrimientos.

Discusión

Ensayo de exposición atmosférica

Como puede apreciarse en las Figuras 1 y 2 los sistemas de mejor comportamiento después de 630 días (21 meses) de exposición atmosférica, fueron los sistemas Joncryl F9, Joncryl-Acronal F1 y F3.

Por otro lado, los sistemas Acronal F5 y F4 fallaron al poco tiempo de ensayo, habiendo mostrado el sistema Acronal F4 peor comportamiento que el sistema Acronal F5, debido a que durante su elaboración la molienda no fue eficiente.

Por último, el sistema alquídico base solvente tuvo el peor comportamiento de todos, por ser, probablemente, una pintura de mala calidad que no representaría, necesariamente, a otros sistemas alquídicos disponibles comercialmente.

Ensayos acelerados

Con relación a los ensayos acelerados, el ensayo de niebla salina (Figura 3) y el ensayo cíclico tuvieron una correlación aceptable al predecir el buen comportamiento de los sistemas Joncryl F9, Joncryl-Acronal F3 y F1, aunque no fueron lo suficientemente sensibles como para diferenciar el efecto de la molienda (casos Acronal F4 y F5).

El ensayo de humedad fue demasiado agresivo para los sistemas base agua, produciendo un fallo prematuro y acelerado de casi todos los sistemas evaluados.

Durabilidad de los sistemas acrílicos base acuosa

Los sistemas Joncryl-Acronal F1 y F3 no presentaron fallo por corrosión ni ampollamiento después de 360 h (15 días) de ensayo en cámara de niebla salina. De acuerdo a la norma ISO12944⁹ dichos sistemas podrían ser recomendados para la protección del acero en atmósferas de corrosividad C4 (corrosividad alta; áreas industriales o costeras con moderada salinidad) con una durabilidad estimada entre 2 a 5 años, equivalente a la protección que brindaría un sistema acrílico base solvente de similar espesor⁹.

Conclusiones

1) Los ensayos de niebla salina y cíclico (propuesto por BASF) demostraron una correlación aceptable con el ensayo de exposición atmosférica en la estación de ensayo de la ciudad de Lima de corrosividad C5 (muy alta), para predecir solo el buen comportamiento de los sistemas anticorrosivos base acuosa a base resinas acrílicas.

2) Se demostró que es posible formular, a nivel latinoamericano, pinturas acrílicas base acuosa que puedan ofrecer protección similar a sus equivalentes base solvente en atmósferas de alta y moderada corrosividad con una durabilidad estimada de 2 a 5 años.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo desean expresar su agradecimiento a las siguientes instituciones y empresas por su colaboración en esta investigación: Dirección Académica de Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT) de La Plata (Argentina), empresas BASF Peruana S.A., IVER S.A. (representante de Johnson Polymer), Agregados Calcáreos S.A., Química Anders S.A. y VICCO S.A.

Referencias

1. Oldring, P. (Editor), *Waterborne & Solvent Based Epoxies and their End Use Applications. Waterborne & Solvent Based Acrylics and their End Use Applications*. Surface Coating Technology Series, John Wiley and Sons, London, 1996.
2. Weger, W. (Vianova Resins), *Water Soluble Systems for Industries*, Anais Volume I, 6th Congresso Internacional de Tintas, Sao Paulo, Brasil, setiembre, 1999.
3. Krüger, J. *Protective Coatings Europe*, 2000, September.
4. Noomen, A. *Progress in Organic Coatings*, 1989, 17, 27-39.
5. Niemann, J. *Progress in Organic Coatings*, 1992, 21, 189-203.
6. Lozasso, G. *Tintas & Vernizes*, 2002, Julho.
7. Rosales, B.M. y col. *Rev. Metal.* 2003, Vol extra, 194-200.
8. Keane, J.D.; Bruno, J.A.; Weaver, E.F. *Performance of alternative coating un the environment (PACE) Phase II Report*. SSPC. Pittsburgh, 1979. V-8.
9. ISO 12944. *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paints systems*. Part 6. Laboratory performance test methods. ISO, 1998.

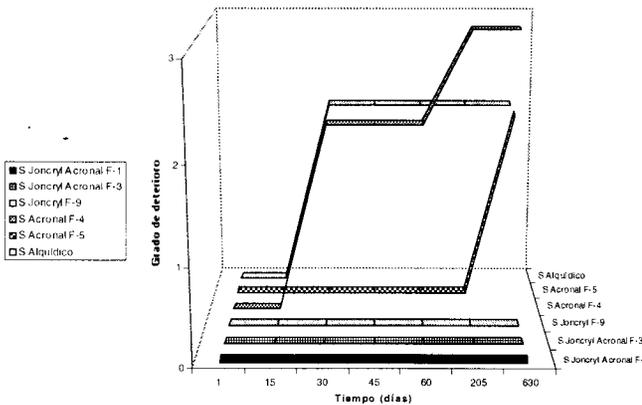


Figura 1. Grado de deterioro alcanzado por los sistemas en el ensayo de exposición atmosférica.

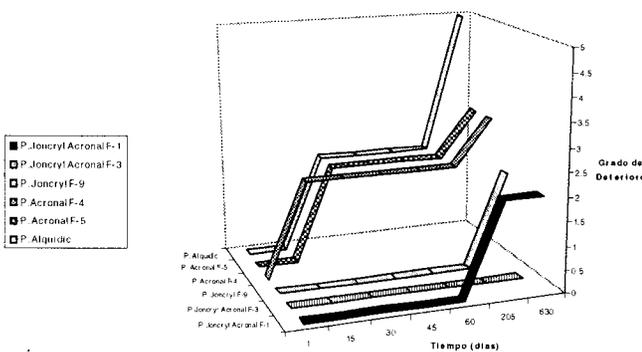


Figura 2. Grado de deterioro alcanzado por las imprimaciones en el ensayo de exposición atmosférica

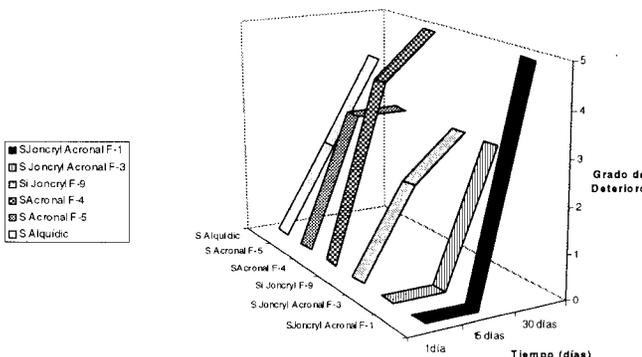


Figura 3. Grado de deterioro alcanzado por los sistemas en el ensayo de niebla salina.