

Microesferas Cerámicas 3M™ en Pinturas Arquitectónicas

Terri Shefelbine, Connie Forehand y Kevin Rink

Introducción

Las Microesferas Cerámicas 3M™ son aditivos funcionales usados para aumentar el rendimiento en una variedad de sistemas de recubrimientos, incluyendo la pintura arquitectónica. Las microesferas cerámicas 3M son partículas cerámicas de álcali de aluminio-silicato densas con formas predominantemente esféricas. Debido a su color blanco y a su índice de refracción que está cerca al de muchas resinas de recubrimientos, las microesferas cerámicas pueden ser usadas en una amplia variedad de aplicaciones de recubrimientos donde la apariencia es importante. Además, su gran dureza y resistencia a la compresión mejoran la durabilidad de los recubrimientos. En la Tabla 1 se indican las propiedades básicas de todos los grados de microesferas cerámicas 3M.

Tabla 1: Propiedades Físicas Típicas de las Microesferas Cerámicas 3M™

Propiedades	Valor	Método de Prueba
Densidad real	2.4 g/cc	
Densidad aparente	1.5 g/cc	
Blancura (valor "L" en la escala Hunter L, a, b)	95+	ASTM D2244
Resistencia a la Compresión	4,200 kg/cm ²	
pH	9.0 – 12.0	ASTM E70
Dureza	6	Escala de Mohs
Punto de Reblandecimiento	1020 °C	
Índice de Refracción	1.53	Línea Becke
Constante Dieléctrica	3.19	
Transmisión de Luz UV	Transparente a UV hasta 250 nm	
Conductividad Térmica	2.3 W/mK	

La pintura arquitectónica es el sistema de recubrimiento en el cual más se usan las microesferas cerámicas 3M. A fin de ofrecer a los formuladores la flexibilidad para optimizar tanto la durabilidad como las propiedades de apariencia de la pintura, las microesferas cerámicas 3M se ofrecen en tres grados, indicados en la Tabla 2. La diferencia primaria entre los grados es el tamaño efectivo de partícula mayor. En este reporte, se estudian las propiedades de durabilidad – incluyendo el frotamiento y el pulido – de las pinturas hechas con estos

materiales en función de la carga de microesferas cerámicas. En general, más microesferas que tengan un mayor tamaño promueven la durabilidad. Los inconvenientes de esta durabilidad son el brillo reducido y una pintura seca más áspera.

Tabla 2: Grados de las Microesferas Cerámicas 3M™ (No para fines de especificación)

Grado del Producto	Resistencia a la Compresión Objetivo (90 % supervivencia) (kg/cm ²)	Densidad real (g/cc)	Tamaño Medio de Partícula (micrones)	Tamaño Efectivo Mayor (micrones)
W-210	> 4,200	2.4	3	12
W-410	> 4,200	2.4	4	24
W-610	> 4,200	2.4	10	40

Procedimiento Experimental

Las pinturas en este estudio se hicieron y probaron en el Laboratorio de Desarrollo de Aplicación de Pinturas y Recubrimientos de la División de Materiales Avanzados de 3M en EE.UU. (St. Paul, MN). La formulación se desarrolló internamente para representar las actuales pinturas arquitectónicas de bajo VOC tanto en el espacio de formulación como en las propiedades. Los detalles de esta formulación, modificados con diversos niveles de microesferas cerámicas 3M, se dan a continuación, seguido de las propiedades de las diferentes pinturas.

Materiales

Los materiales usados en estas pinturas y sus cantidades relativas, se pueden hallar en la Tabla 2.1, junto con una breve descripción de la composición del ingrediente. A fin de formular estas pinturas de manera consistente para cada carga de microesferas cerámicas 3M, la relación volumétrica de Minex® a Iceberg® se mantuvo en 1.5, y la relación de Minex® a Duramite® se mantuvo en 1.0. Estos tres ingredientes estaban reducidos en comparación a la formulación inicial en un volumen total igual al volumen de las microesferas cerámicas 3M en la nueva formulación. De esta manera, estamos comparando el efecto de las microesferas cerámicas 3M en la pintura con el efecto de estos tres ingredientes de pintura comunes.

Tabla 2.1: Ingredientes y Propiedades de la Formulación

Material	Ingrediente	Densidad (lb/gal)	% de volumen			
			Fórmula 1 (sin microesferas cerámicas)	Fórmula 2 (2.5 vol% CM)	Fórmula 3 (5 vol% CM)	Fórmula 4 (10 vol% CM)
Molienda						
Natrosol™ 250 MHR	Espesador celulósico	11.5	0.23	0.31	0.23	0.31
Agua	Agua	8.34	29.58	29.31	29.72	29.34
Tamol™ 851	Dispersante	9.9	1.07	1.05	1.06	1.05
Tripolifosfato de potasio	Amortiguador	21.15	0.08	0.07	0.07	0.07
Triton™ CF-10	Surfactante	8.97	0.26	0.26	0.26	0.26
Rhodaline® 643	Desgasificador	7.09	0.14	0.15	0.15	0.15
Skane™ M8	Biocida	8.6	0.27	0.26	0.42	0.26
Ti-Pure® R-706	TiO ₂	33.4	5.53	5.50	5.49	5.50
Eagle Zinc 417	Óxido de zinc	46.7	0.57	0.56	0.56	0.56
Minex® 4	Sienita nefelínica	21.7	4.50	3.51	2.57	0.66
Iceberg®	Arcilla calcinada de caolín	21.93	2.97	2.32	1.70	0.43
Duramite®	Carbonato de calcio	22.7	4.30	3.52	2.45	0.66
Microesferas cerámicas 3M™	Microesferas cerámicas	20	0.00	2.54	5.08	10.16
Attagel® 50	Arcilla	19.7	0.27	0.26	0.27	0.26
Dilución						
Rhoplex™ VSR-50	Aglutinador acrílico	8.8	47.08	47.20	46.81	47.13
Rhodaline® 643	Desgasificador	7.09	0.53	0.53	0.53	0.53
Texanol™	Coalescente	7.92	1.26	1.25	1.25	1.25
Propilenglicol	Coalescente	8.63	0.79	0.79	0.79	0.79
Acrysol™ NPR 2020	Modificador de reología de uretano no iónico	8.67	0.59	0.62	0.61	0.61
Pintura final: Volumen total (%)			100.00	100.00	100.00	100.00

Preparación de la Pintura

Las pinturas se hacen en dos pasos: la molienda y la dilución. En el primer paso, la molienda, el agua, el dispersante, el amortiguador, el surfactante y el desgasificador se mezclan a baja velocidad (700 rpm) con un dispersor tipo Cowles de 1" utilizado para la molienda en un vaso de precipitados de 800 mL. Se añaden al agua el espesador celulósico y los ingredientes líquidos y se disuelven bien. Seguidamente, se mezclan con una varilla de madera los polvos secos, incluyendo dióxido de titanio, óxido de zinc, carbonato de calcio, sienita nefelínica, arcilla calcinada de caolín, Microesferas Cerámicas 3M™ y arcilla, y se añaden lentamente a la solución acuosa. A medida que se añaden los polvos, se incrementa la velocidad del mezclador para llevar los polvos a solución de manera eficiente a medida que se incrementa la viscosidad. Una vez que se hayan añadido y humedecido todos los polvos, se incrementa el mezclador Dispermat® hasta una velocidad de 3600 rpm. Esta es la etapa de molienda, y continúa durante 20 minutos. Al final de la etapa, se toman dos muestras para la galga Hegman. Esta galga cuantifica la finura de la molienda y también permite

una evaluación cualitativa de la presencia o ausencia de aglomeraciones. La placa se lee de acuerdo a la norma ASTM D1210.

Mientras la molienda está siendo mezclada, la mezcla de dilución se pesa y mezcla en un mezclador Stir-Pak™ de tres paletas a baja velocidad. Los ingredientes en la dilución incluyen el aglutinador acrílico y dos coalescentes. Esta mezcla se agita durante al menos 10 minutos.

Una vez se haya medido el número de molienda Hegman, se añade la mezcla de molienda a la dilución, y se aumenta la velocidad en el mezclador Stir-Pak™ para formar un vórtice superficial. Se mezclan la dilución y la molienda durante al menos 10 minutos. Luego, se añade el espesador de poliuretano hasta que se alcanza una viscosidad de 95-100 Krebs. Finalmente, se añade el desgasificador y se mezcla durante al menos 10 minutos. Se deja asentar la pintura acabada durante al menos 20 minutos, y se mide la viscosidad.

Prueba de la Pintura

Los paneles de frotación y pulido se estiran con una barra de estirado de 7 mm sobre paneles de frotación de PVC Leneta en duplicado para cada prueba. Se dejan que sequen estos paneles durante al menos siete días en posición horizontal antes de las pruebas.

La opacidad se mide mediante un método de relación de contraste en el cual se usa un Espectrómetro ColorFlex™ EZ para determinar la Y, o claridad, el valor de color sobre las porciones blanca y negra de la tabla Leneta 3B. La opacidad se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Opacidad (y)} = \frac{\text{Fondo negro (y)}}{\text{Fondo blanco (y)}} \times 100$$

La prueba de frotación se lleva a cabo de acuerdo al Método A de Prueba de la norma ASTM D2486 con las siguientes modificaciones. Se usa una lámina de 0.5 mm en vez de una de 0.25 mm. Se ha colocado una esponja Scotch-Brite™ no raspante en la base del cepillo, y se usa un medio de frotación abrasivo estándar. Esta prueba se lleva a cabo con un probador de abrasión Elcometer™ (Modelo 1720). Los números reportados son un promedio de cuatro pruebas efectuadas en dos paneles con dos pruebas por panel.

La prueba de resistencia al pulido se lleva a cabo de acuerdo a la norma ASTM D6735 con las siguientes modificaciones. Se pesa el bloque de madera envuelto en gasa con un peso de 600 g. El bloque se pasa sobre la superficie pintada 100 veces. Luego, se mide el brillo a 60° y 85° y se registra desde tres lugares sobre el panel. El método del brillo usado como parte de la prueba de pulido se lleva a cabo de acuerdo a la norma ASTM D523. El cambio del brillo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cambio} = \frac{\text{Brillo final a } 85^\circ - \text{Brillo inicial a } 85^\circ}{\text{Brillo inicial a } 85^\circ}$$

Resultados y Discusión

Los resultados para este estudio dan una comparación de los tres grados de Microesferas Cerámicas 3M™ en una formulación plana de pintura arquitectónica en comparación a una formulación de control en la que el volumen ocupado por las microesferas es llenado con una mezcla de Minex®, Duramite® y arcilla calcinada de caolín. Esta pintura de control se toma como de 0 % de microesferas en las siguientes gráficas.

Galga Hegman

En la etapa de la molienda las diferencias significativas entre las mezclas de la molienda de los tres grados son aparentes. En la Figura 3.1, se grafica el número de la galga Hegman versus la fracción de volumen de las microesferas cerámicas en la película para los tres grados y la muestra de control. El número de molienda aumenta a medida que se añaden las microesferas cerámicas W-210 y W-410 3M a la molienda y se retiran el Minex®, Duramite® y la arcilla calcinada de caolín. El añadir las microesferas cerámicas W-610 3M a la mezcla de molienda disminuye ligeramente el número de molienda de Hegman.

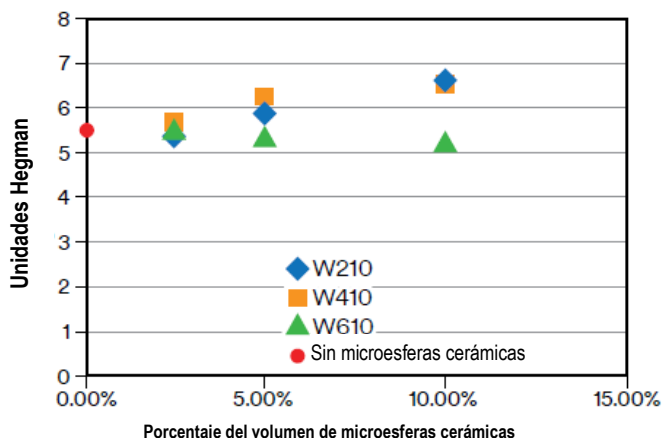


Figura 3.1: Finura de la Molienda

Estas tendencias pueden ser entendidas considerando el tamaño de partícula de los materiales que son reemplazados por las microesferas cerámicas 3M. Tanto la Duramite®¹ como la Minex®² tienen tamaños de partícula mediana más grandes que los grados W-210 y W-410, pero tamaños de partícula mediano más pequeños que el W-610. Así, el número de molienda de Hegman aumenta cuando se sustituyen el W-210 y W-410 en la formulación ya que se remueven las partículas grandes. En contraste, el W-610 tiene un tamaño de partícula mediano ligeramente más grande en promedio que las partículas Minex® y Duramite® que reemplaza. Así es que el número de Hegman disminuye a medida que se añade el W-610. Además de los tamaños relativos de partículas de los rellenos en esta formulación, estos resultados muestran que todos los grados de microesferas cerámicas 3M son dispersables a un número de molienda de Hegman mayor a 5 y no contienen números grandes de partículas grandes o aglomerados.

Brillo

El brillo es una propiedad difícil de predecir para formulaciones complejas como la pintura. Generalmente, una formulación tendrá que ser ajustada cuando se añaden nuevos materiales para corregir el brillo. Para los consumidores, el brillo, junto con color, es una de las propiedades básicas a considerar cuando se compra pintura. La pintura más brillante es más fácil de limpiar pero no oculta las imperfecciones en las paredes. La pintura plana, de otra parte, es más indulgente en la preparación de la superficie y en la técnica de pintado, pero no es tan fácil de limpiar. En la Figura 3.3, se grafica el brillo a 85° para estas diez pinturas versus el volumen porcentual de las microesferas cerámicas 3M en la formulación. De manera similar que para los números de molienda de Hegman, las tendencias en el brillo con el aumento en el contenido de microesferas cerámicas depende del grado de la microesfera cerámica. Añadir microesferas cerámicas W-210 3M a esta formulación incrementa el brillo. Añadir el grado W-410 no cambia el brillo. Añadir el grado W-610 a la formulación, disminuye el brillo.

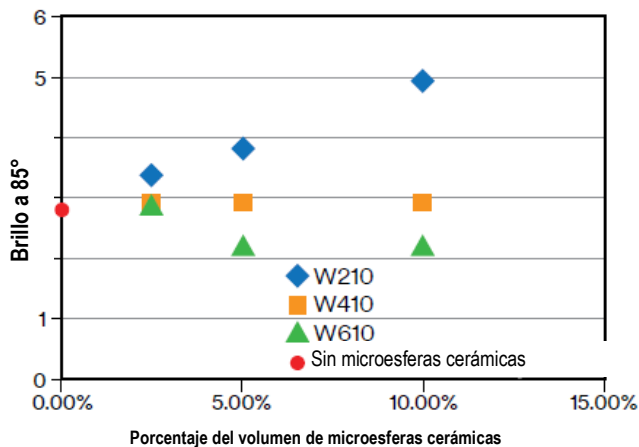


Figura 3.3: Brillo de películas de pintura secas que contienen Microesferas Cerámicas 3M™

Estas tendencias en el brillo de la película de pintura seca pueden nuevamente ser entendidas considerando la estrategia de formulación. Reemplazar las partículas Duramite® y Minex® grandes por microesferas W-210 más pequeñas aumenta el brillo debido a que menos partículas se adhieren a través de la superficie de la película para dispersar la luz. En cambio, el grado W-610 disminuye el brillo debido a que las partículas son más grandes en promedio que las partículas a las cuales están reemplazando, de modo que la superficie es más áspera y menos brillante. En esta formulación, el grado W-410 no cambia el brillo de manera apreciable.

La capacidad de las Microesferas Cerámicas 3M™ para cambiar el brillo tres puntos a una carga del 10 % es significativa tanto para el fabricante de pinturas como para el consumidor. Para el fabricante de pinturas, la línea de productos de microesferas cerámicas permite una fácil formulación ya que los diferentes grados de microesferas pueden ser usados para controlar el brillo a la misma carga sin la necesidad de reformular de manera amplia. Para el consumidor, esto significa que se pueden conseguir beneficios adicionales de las microesferas cerámicas 3M en las pinturas con diferentes niveles de brillo.

Resistencia al Pulido

El pulido es el cambio en el brillo después de que el panel es frotado con un paño de algodón. Esta prueba está diseñada para simular a los muebles que se frotan contra una pared, lo que generalmente deja una marca brillante. La resistencia al pulido es especialmente importante para la pintura plana con altas cargas de relleno, para la cual las partículas de relleno sobre la superficie se remueven con facilidad, incrementando el brillo. Es deseable un número de pulido más bajo. En la Figura 3.4 se muestran los resultados de esta prueba. La durabilidad de las formulaciones con las microesferas cerámicas 3M es aparente, teniendo todas las formulaciones que contienen microesferas cerámicas un pulido significativamente más bajo que la formulación sin microesferas cerámicas.

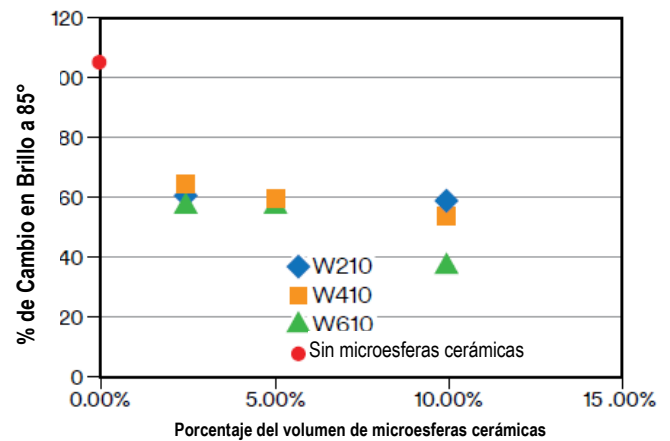


Figura 3.4: Resultados de pulido después de 100 pasadas

Estos resultados de pulido muestran la capacidad de las microesferas cerámicas 3M para mejorar la durabilidad de la pintura. Las microesferas cerámicas duras y redondas ofrecen una película de pintura dura que resiste la remoción de las partículas de relleno mejor que la formulación de control.

Resistencia a la Frotación

La resistencia a la frotación es la medida de la resistencia de la película de pintura contra la abrasión. Para los usuarios finales, esto relaciona el desgaste y despegado que muestra la pintura cuando es lijada, especialmente en áreas como las esquinas externas. Un número más bajo de frotación se acepta hasta que la falla de la pintura indica pintura más débil. La Figura 3.5 muestra la resistencia a la frotación para las formulaciones en este estudio como una función de la carga de microesferas cerámicas. Una carga más alta de microesferas cerámicas W-610 de 3M produce valores de frotación más altos. Para los grados W-210 y W-410, el 5% en volumen es un nivel óptimo. De manera interesante, tanto para W-210 como para W-610, el menor volumen porcentual es más bajo que la formulación de control.

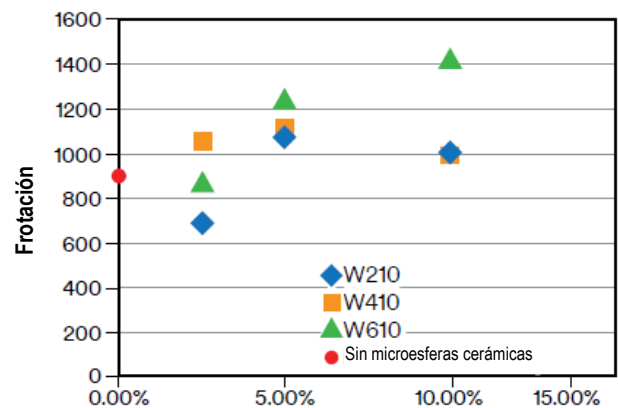


Figura 3.5: Resistencia a la frotación

Estos resultados demuestran la importancia de optimizar la formulación. Más no siempre es mejor. Para el grado W-210, añadir una pequeña cantidad a la formulación eliminando algo de Minex®, Iceberg®, y Duramite® disminuye de manera significativa la resistencia de la película. Esto es lo más probable debido a que el tamaño mediano de las partículas W-210 es más pequeño en promedio que el de Duramite® y Minex®. Así,

la pequeña cantidad de partículas redondas no sustituye las partículas grandes e irregulares eliminadas. En este momento, el máximo observado al 5 % en volumen para el W-210 y W-410 no se entiende completamente. Lo más probable es que se relacione a los tamaños relativos de las microesferas cerámicas y a otros rellenos y cómo se empaacan.

Estos resultados enfatizan la importancia de hacer un estudio de escalera para optimizar la formulación para un grado particular de microesferas cerámicas.

Sensación al Tacto

Para pinturas arquitectónicas, la sensación de la pintura ante una mano desnuda es un parámetro importante, aunque cualitativo. En una comparación cualitativa en ciego, en la que la gente sintió las superficies de la película con sus dedos, las muestras de carga al 10 % en volumen de los tres grados de Microesferas Cerámicas 3M™ fueron clasificadas de manera consistente como pinturas en el orden de la más lisa (W-210) a lisa (W-410) a menos lisa (W-610).

Una vez más, la razón para las diferencias en las propiedades de la pintura puede ser atribuida a los tamaños diferentes de los grados de las microesferas cerámicas. Las películas de pintura aquí son depositadas con un aplicador de 7 mm de luz, dejando películas secas de aproximadamente 50 μm . El tamaño tope efectivo para las microesferas cerámicas W-610 3M es de 40 μm . Esto es una fracción significativa del espesor de película. Incluso el tamaño mediano de 10 μm para el grado W-610 es una fracción grande del espesor de la película. La "sensación" de las películas de pintura con grado W-610 es uniformemente áspero, en vez de áspero en ciertas áreas distintas. Esto sugiere que las partículas están bien distribuidas y contribuyen a la aspereza de la superficie de la película.

Resumen y Conclusiones

En este estudio hemos diferenciado los tres grados de las microesferas cerámicas 3M en pinturas arquitectónicas planas. Cada grado contribuye con ciertos beneficios y con ciertos perjuicios a la formulación global de la pintura. Estos se resumen en la Tabla 4.1 a partir de los datos antes presentados.

En general, más y más grandes microesferas ofrecen mejor durabilidad según se ha medido mediante la resistencia al pulido y a la frotación. Sin embargo, las partículas más grandes pueden reducir el brillo y dar una "sensación táctil" más áspera a la pintura seca. Hay también excepciones a la recomendación "más es mejor" como se evidencia por el punto óptimo para el grado W-410 al 5 %. Todas estas observaciones se basan en la formulación de aquí donde se reemplazan relaciones específicas de tres diferentes rellenos de bajo costo por microesferas cerámicas. Esta formulación es un buen ejemplo de mejoras de rendimiento logradas por las microesferas cerámicas en la pintura arquitectónica.

Tabla 4.1: Comparación Resumida de las Microesferas Cerámicas 3M™ W-210, W-410 y W-610

Grado	Tamaño Tope (micrones)	Reducción de Brillo	Aumento de Brillo	Resistencia al Pulido	Resistencia a la Frotación	Sensación al Tacto
W-210	12	-	+	++	++	Mucho más liso
W-410	24	=	=	++	++	Más Liso
W-610	40	+	-	+++	+++	Menos Liso

Referencias

¹ <http://coatings.specialchem.com/product/a-imerys-duramite>.
Se accedió el 6 de agosto de 2015.

² <http://www.thecarycompany.com/adobe/unimin/minex-techdata.pdf>.
Se accedió el 6 de agosto de 2015.

3M y Scotch-Brite son marcas comerciales de 3M Company. Se usa bajo licencia de las subsidiarias y filiales de 3M.

Natrosol es una marca comercial de Ashland Inc. Tamol, Triton, Skane, Rhoplex y Acrysol son marcas comerciales de The Dow Chemical Company. Ti-Pure es una marca comercial de E.I. du Pont de Nemours and Company. Minex es una marca comercial de Unimin Corporation. Iceberg es una marca comercial de Burgess Pigment Company. Duramite es una marca comercial de Imerys Pigments, Inc. Attagel es una marca comercial de BASF. Texanol es una marca comercial de Eastman Chemical Company. Dispermat es una marca comercial de VMA-Getzmann GmbH Verfahrenstechnik Euelerhammerstr. Stir-Pak es una marca comercial de Cole-Parmer Instrument Company. ColorFlex (EZ) es una marca comercial registrada de Hunter Associates Laboratory, Inc. Elcometer es una marca comercial registrada de Elcometer Limited.

Garantía, Limitación de Reparaciones, y Limitación de Responsabilidad: Muchos factores fuera del control de 3M y exclusivamente en conocimiento y control del usuario pueden afectar el uso y desempeño de un producto 3M en una aplicación particular. El usuario es el único responsable de evaluar el producto 3M y de determinar si es adecuado para un fin particular e idóneo para el método de aplicación del usuario. El usuario es el único responsable de evaluar los derechos de propiedad intelectual de terceros y de asegurar que el uso de parte del usuario del producto 3M no viola ningún derecho de propiedad intelectual de terceros. A menos que se declare específicamente una garantía diferente en la literatura aplicable del producto o inserto del paquete, 3M garantiza que cada producto 3M cumple las especificaciones aplicables del producto 3M en el momento en que 3M despacha el producto. 3M NO OFRECE OTRAS GARANTÍAS NI PONE OTRAS CONDICIONES, EXPRESAS O IMPLÍCITAS, INCLUYENDO, AUNQUE NO LIMITÁNDOSE A ALGUNA GARANTÍA O CONDICIÓN IMPLÍCITA DE COMERCIABILIDAD O IDONEIDAD PARA UN FIN PARTICULAR O ALGUNA GARANTÍA IMPLÍCITA DE INVIOLABILIDAD O ALGUNA GARANTÍA O CONDICIÓN IMPLÍCITA QUE SURJA DE UN TRATO, COSTUMBRE O USO COMERCIAL. Si el producto 3M no se ajusta a esta garantía, entonces la reparación única y exclusiva es, a opción de 3M, el reemplazo del producto 3M o reembolso del precio de compra.

Limitación de Responsabilidad: Excepto cuando lo prohíba la ley, 3M no será responsable de pérdidas o daños y perjuicios que surjan del producto 3M, sean directos, indirectos, especiales, incidentales o consecuentes, cualquiera sea la teoría legal a la que se recurra, incluyendo garantía, contrato, negligencia o responsabilidad estricta.

Información Técnica: La información técnica, recomendaciones, y otras declaraciones contenidas en el presente documento o suministradas por el personal de 3M se basan en pruebas o en la experiencia que 3M asume como confiable, aunque no se garantiza la exactitud o integridad de dicha información. Dicha información está dirigida a personas con conocimientos y habilidades técnicas suficientes como para evaluar y aplicar su propio juicio informado a la información. Con esta información no se otorga ni implica licencia alguna de 3M o derechos de propiedad intelectual de terceros.



3M Advanced Materials Division

3M Center

St. Paul, MN 55144 USA

Phone 1-800-367-8905

Web www.3M.com/paintsandcoatings

Por favor, recicle. Impreso en los EE. UU.

©3M 2015. Todos los derechos reservados.

Emitido: 15/10 10892HB

98-0212-4243-7