

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

*El artículo del Dr. Paul F. Düffer aborda, explica y ofrece sugerencias y recomendaciones prácticas para tres áreas problemáticas importantes relacionadas con la reactividad y la química de la superficie del vidrio:*

- *Etapas 1 Corrosión en estantes (racks) y paquetes de vidrio*
- *Efectos dañinos de las partículas de vidrio de las operaciones de canteado de vidrio*
- *Depósitos de silicatos de agua "dura" y su efecto en operaciones posteriores de recubrimiento de vidrio*

*Este artículo beneficiará a todos los clientes de vidrio de Vitro Vidrio Arquitectónico (anteriormente PPG Industries), en particular a los distribuidores, procesadores y quienes recubren vidrio.*

### Resumen

Generalmente se desconoce que el vidrio arquitectónico comercial exhibe características de comportamiento distintas que justifican que se clasifique como un sustrato "activo" en lugar de "pasivo" para aplicaciones de recubrimiento. Como consecuencia, este documento se propone presentar una descripción general de varios aspectos clave relacionados con el comportamiento y la reactividad de la superficie del vidrio con los procesos de recubrimiento en mente. Se revisan los efectos del almacenamiento y envejecimiento del vidrio, junto con el impacto deletéreo de la corrosión superficial clásica. Además, las ramificaciones de los atributos del agua de proceso y los materiales de silicato itinerantes en la calidad de la superficie en las funciones de pre-recubrimiento, como el lavado mecánico, el templado y el semi-templado reciben igual consideración.

### Introducción

**Desde la Edad Media, los productos de vidrio arquitectónico han mantenido una merecida reputación** en términos de longevidad y confiabilidad en servicio para una amplia variedad de usos finales. Desde los intrincados patrones de los vitrales de las catedrales hasta los desafíos de diseño y rendimiento presentados por los mercados arquitectónicos y de transporte de la historia más reciente, el vidrio ha sido aplaudido como uno de los materiales de construcción más nobles y confiables. Por lo tanto, excepto por fracturas ocasionales, no es sorprendente que el consumidor arquetípico considere que el vidrio es esencialmente inmutable y virtualmente impermeable al ataque químico. Sin embargo, existen entornos específicos comúnmente encontrados por los productores y procesadores de vidrio arquitectónico en los que la superficie vítrea revela voluntariamente sus características reactivas únicas. La siguiente discusión revisa aspectos importantes de estos entornos especiales y las características más destacadas de la reactividad de la superficie del vidrio y el impacto potencial en las operaciones de recubrimiento.

### Almacenamiento de vidrio y corrosión de la superficie

El descubrimiento de que los procesos químicos se inician cuando el vidrio y el agua entran en contacto prolongado ha sido conocido por los científicos durante varios cientos de años [1]. Sin embargo, solo en los últimos 30 años se han aclarado los detalles de estas reacciones. En 1967, Douglas y El Shame [2] informaron que el vidrio sufre un ataque corrosivo inducido por la humedad a través de un proceso de dos pasos. Hoy en día, es un hecho bien conocido que este proceso corrosivo es característico de ambientes estancados en los que el vidrio y la humedad pueden permanecer en contacto durante días e incluso semanas. Esta observación es particularmente importante para el procesador y el

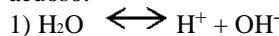
## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

productor de vidrio y, especialmente cuando se tienen en cuenta los pequeños espacios que existen entre las hojas de vidrio apiladas, como las que se muestran en la Figura 1. Preparadas para el transporte y el almacenamiento, estas regiones intersticiales, que tienen un ancho del orden de 0,0008" a 0,090", representan colectivamente uno de los ejemplos más llamativos de una situación potencialmente estancada que daña el medio ambiente si el CONDENSADO queda atrapado [3]. Por otro lado, el usuario final o consumidor típico nunca se enfrenta a la tarea de manipular y almacenar grandes cantidades de vidrio empacado. En consecuencia, la corrosión de la superficie del vidrio es un fenómeno que generalmente permanece fuera del ámbito de la experiencia cotidiana común.

permanece por debajo de 9.0, la corrosión de la etapa I no da como resultado más que una superficie de vidrio desalcalinizado. No hay daño físico ni efectos adversos durante la mayoría de los procesos de procesamiento y recubrimiento actuales. Sin embargo, existe una posibilidad finita de que los recubrimientos extremadamente sensibles puedan verse afectados negativamente por la desalcalinización de la superficie, aunque las ocurrencias documentadas de esto son muy raras. Por supuesto, si la sensibilidad de la Etapa I fuera común, presentaría un dilema monumental para la industria de los recubrimientos, ya que todo el vidrio de sosa-cal-sílice sufre algún grado de corrosión de la Etapa I a menos que se mantenga absolutamente seco desde el momento del procesamiento hasta el momento en que se completa el recubrimiento.

### Corrosión Etapa I

Siempre que el vidrio arquitectónico comercial (vidrio de sosa-cal-sílice) entra en contacto con el agua, comienza un proceso de intercambio iónico en el que los iones de sodio del vidrio son desplazados por los iones de hidrógeno del agua. El resultado inmediato es la hidratación o desalcalinización del vidrio y el agotamiento de los iones de hidrógeno del agua. Este proceso va acompañado de un cambio en el equilibrio acuoso.



para producir más iones de  $\text{H}^+$  y de  $\text{OH}^-$ . Sin embargo, dado que un número significativo de iones de  $\text{H}^+$  son consumidos por el vidrio a través del intercambio iónico, hay un aumento general en el número de iones de  $\text{OH}^-$  en el agua de contacto que exhibe un aumento proporcional en el pH. El proceso de intercambio iónico depende notablemente de la temperatura, como se demuestra en la Figura 2, donde el aumento del pH de la solución se representa en función del tiempo para varias muestras de vidrio flotado expuestas al agua a temperaturas de 72° F, 140° F y 195° F respectivamente. Si el nivel del pH

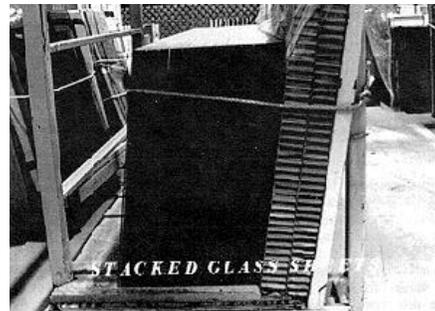


Figura 1

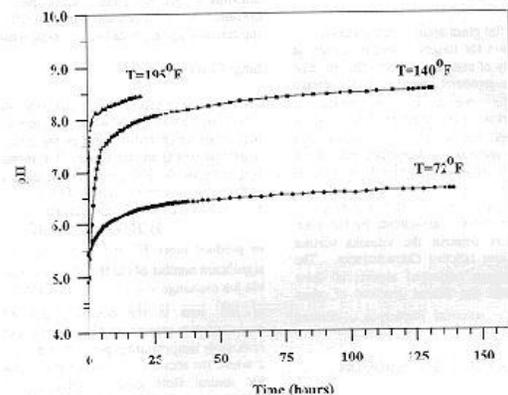


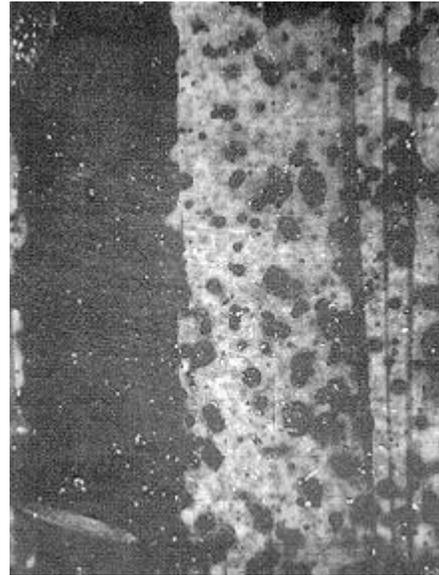
Figura 2

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

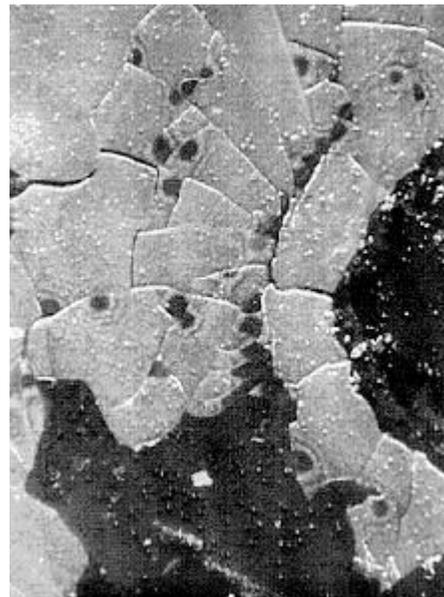
### Corrosión Etapa II

Si se permite que el proceso de la Etapa I continúe sin ninguna disposición para controlar los niveles de pH por debajo de 9.0 mediante el uso juicioso de materiales intercalados anticorrosivos [4], no pasará mucho tiempo antes de que la corrosión de la Etapa II se materialice y ocurra un daño permanente en la superficie. Esta degradación en la calidad de la superficie es el resultado del ataque de los álcalis en la red de silicato de vidrio y se manifiesta en varias formas que van desde una iridiscencia sutil hasta una neblina blanca lechosa distintiva. En la Figura 3 se ilustra un buen ejemplo de la corrosión clásica de la Etapa II.

Durante la fase incipiente de la corrosión de la Etapa II, se producen picaduras microscópicas del vidrio. Invisible a simple vista, este grado de daño plantea un pequeño problema para el procesamiento de unidades de visión residenciales y de transporte sin recubrimiento. Por otro lado, tal daño puede imponer serias dificultades a las aplicaciones de recubrimiento donde hay poca o ninguna latitud para las aberraciones en la calidad de la superficie. A medida que avanza la corrosión de la Etapa II, las picaduras microscópicas se convierten en pequeñas grietas que crecen y eventualmente socavan la superficie, formando islas de vidrio que pueden exfoliarse del material a granel subyacente. La Figura 4 muestra un ejemplo de corrosión severa en Fase II con exfoliación ampliada 200 veces. Visto a simple vista, este vidrio se caracteriza por extensas regiones de color blanco lechoso con flecos iridiscentes.



**Fig. 3. Corrosión superficial Etapa II**



**Figura 4. Corrosión superficial en Etapa II 200X; campo de visión = 0,5 mm x 0,3 mm.**

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

El daño de la superficie que se acaba de describir a menudo se denomina "mancha". Por lo general, se observa, como se mencionó anteriormente, junto con láminas de vidrio apiladas que se han dejado permanecer almacenadas después de que se haya formado condensado entre las unidades individuales que tienen protección de intercalado insuficiente. Curiosamente, los espacios en forma de capilares dentro de la caja de vidrio empaquetada no tienen que estar completamente llenos de humedad para que comience el proceso de corrosión. Por el contrario, es más común encontrar evidencia de corrosión en situaciones en las que una gran cantidad de gotitas de condensado distintas y separadas ha estado en contacto con el vidrio. Estas gotitas son muy, muy pequeñas; tan pequeño que se necesitarían de 50.000 a 1.000.000 para llenar un recipiente de 1 ml. En la Figura 5 se presenta una vista representativa de dicho condensado sobre vidrio ampliada 100 veces. Se ha observado en este laboratorio que, a una temperatura dada, las reacciones de corrosión de la Etapa I y la Etapa II pueden ocurrir en cada gota a velocidades que varían con la relación entre el área de la superficie del vidrio y el volumen de la gota. En otras palabras, las microrregiones cubiertas por gotitas individuales que se extienden sobre un área relativamente grande se corroen más rápidamente que los dominios donde las gotitas tienen una forma más redondeada. Este fenómeno explica el patrón de corrosión del "queso suizo" exhibido en la Figura 3, donde el condensado se formó en las áreas no protegidas entre las partículas protectoras intercaladas y finalmente causó un daño irreparable.

Es importante mencionar en este punto que se desarrollan situaciones en las que incluso el vidrio correctamente intercalado puede sufrir "tinción" (manchado). Esto se debe con mayor frecuencia a la selección de

áreas de almacenamiento mal mantenidas que no tienen ventilación o controles ambientales. Aquí la atmósfera puede estar rebosante de humedad hasta el punto de que los materiales protectores intercalados se puedan disolver entre las hojas de vidrio apiladas. A menudo es bastante fácil detectar este problema buscando un efecto característico de "marco de fotografía" en el que la corrosión aparece alrededor del perímetro del vidrio donde la eliminación del intercalado ha sido más extensa. Por lo tanto, no debería sorprendernos saber que los almacenes con goteras en el techo y poca ventilación, así como las áreas de almacenamiento al aire libre donde el vidrio está expuesto a la lluvia, son ejemplos vívidos de algunas de las peores condiciones de almacenamiento a las que puede estar expuesto el vidrio.

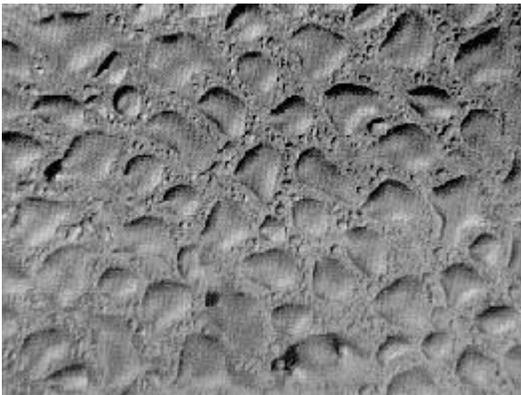
Para mantener la calidad de la superficie del vidrio para las aplicaciones de recubrimiento, es imperativo que el vidrio se transporte y almacene con suficiente intercalado en su lugar para infundir una vida útil de doce meses. También es fundamental que se proporcione ventilación siempre que sea posible y se evite el contacto con corrientes de agua vagabundas. También se deben evitar las temperaturas superiores a 110° F en combinación con una atmósfera húmeda.

### Procesos de pre-recubrimiento

En el campo del vidrio arquitectónico actual, hay ocasiones frecuentes en las que el vidrio destinado a servir como sustrato para recubrimientos de alto desempeño se somete primero a un tratamiento térmico de semi-templado o templado. Sin embargo, los estrictos requisitos asociados con el vidrio con "calidad para recubrimiento" imponen demandas únicas sobre estas operaciones de pre-recubrimiento que merecen una atención especial para evitar problemas potenciales.

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

Los procedimientos de templado y semi-templado generalmente implican algún tipo de trabajo de borde en frío antes de la cocción. Este paso puede variar desde un simple cierre de banda hasta un pulido más intensivo con rueda de diamante para acabado de "borde de lápiz" (Ver Figura 6). En cada uno de estos procesos, se generan partículas de vidrio que pueden representar una amenaza particularmente severa para la calidad de la superficie del vidrio a menos que se manejen adecuadamente. Por ejemplo, los subproductos de los bordes son extremadamente pequeños (del orden de unas pocas micras de diámetro asumiendo una geometría esférica) y, como resultado, son muy difíciles de lavar de una superficie de vidrio. Esto se debe a las fuerzas capilares que mantienen tenazmente las partículas en su lugar. En consecuencia, un sistema de lavado de extremo frío eficaz se convierte en un factor extremadamente importante para lograr superficies de vidrio templado de alta calidad.



**Figura 5. El campo de visión mide 1 mm horizontalmente**

Aparte del hecho de que las partículas son extremadamente difíciles de eliminar físicamente, existen ramificaciones aún más importantes que emanan de su reactividad química bastante pronunciada. La reactividad notablemente mejorada de las partículas sobre la de las superficies de vidrio a granel se debe a las

superficies relativamente grandes por unidad de masa que son características de las colecciones de partículas diminutas. Por ejemplo, un gramo de partículas de vidrio con un diámetro promedio de 3 micrones tiene una superficie total de más de 4 pies cuadrados (3700 cm<sup>2</sup>) mientras que una cantidad similar de vidrio de ventana de 3 mm de espesor exhibiría un área de superficie aproximada de solo 4.0 cm<sup>2</sup>. Dado que solo se necesitaría una gota de agua, o aproximadamente 0,1 ml, para mojar fácilmente esta cantidad de material, se desarrollarían enormes relaciones de superficie a volumen dentro de este sistema, del orden de 40.000 cm<sup>-1</sup> o más. Para una comparación con una muestra de vidrio a granel, considere que una muestra de vidrio de 128 cm<sup>2</sup> (20 pulgadas cuadradas) expuesta a 235 ml de agua (menos de 1/2 taza) produce una relación de superficie a volumen (SA / V) de aproximadamente 0,544 cm<sup>-1</sup>. La relación SA / V tiene una influencia directa sobre la velocidad a la que el vidrio reacciona con el agua. En consecuencia, a una temperatura dada, las partículas de vidrio reaccionan mucho más rápidamente y entran en la corrosión de la Etapa II más fácilmente que el vidrio a granel.

Desde un punto de vista práctico, estos ejemplos simplemente señalan que las partículas de vidrio y la humedad representan un sistema muy reactivo en el que la corrosión de la Etapa II puede ocurrir con bastante rapidez, incluso a temperatura ambiente. Se produce la disolución parcial de la red de vidrio formando una solución diluida de componentes de vidrio que incluye silicatos. La Tabla I ilustra este efecto para 2 gramos de finos de vidrio colocados en 100 ml de agua destilada a 72° F para muestras de solución tomadas a las 0,75, 6 y 24 horas respectivamente.

En muchas operaciones de extremo frío antes del templado o semi-templado, se deposita una mezcla de partículas de vidrio y agua, o refrigerante, sobre la superficie del vidrio a granel. Esta situación no tiene consecuencias específicas

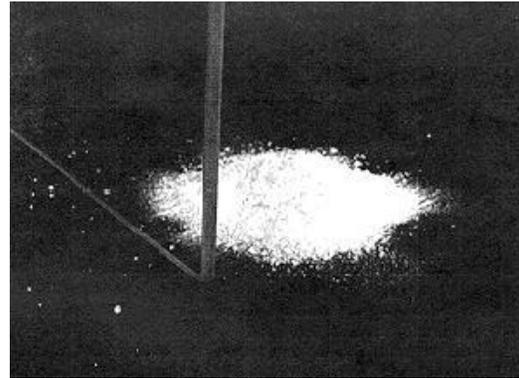
## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

si el material se lava antes de cualquier secado apreciable. Por otro lado, si se produce una evaporación completa, se observará que es imposible eliminar todos los residuos de la superficie mediante los métodos de limpieza habituales. Cualquier éxito en este esfuerzo suele deberse al pulido del vidrio; El ácido fluorhídrico también puede funcionar, pero los peligros asociados con este reactivo agresivo hacen que su uso no sea práctico en la mayoría de las situaciones de producción.

Elemento	Control	45 min.	6 hrs.	24 horas.
Si	<.01	1.2	5.2	1.4
Mg	0,2	0,3	0,3	0,6
K	0,2	0,2	0,2	0,2
Na	0,1	0,9	5,0	6.2
Al	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ca	0,8	3.1	3.3	4.1

**Tabla I: Partículas de vidrio en agua destilada (partes por millón)**

Estos severos problemas de limpieza se deben a la realidad de que las soluciones de silicato, cuando se permite que se evapore sobre el vidrio, se involucran en reacciones químicas que dejan depósitos que se convierten en lo que son esencialmente defectos de "vidrio sobre vidrio". La Figura 7 presenta un ejemplo de tal residuo depositado sobre vidrio por evaporación de una gota de agua tomada de la solución de lixiviado de "24 horas" listada en la Tabla 1. Ampliada 200 veces, esta microfotografía muestra el resultado de los intentos de limpiar la superficie con ácido acético al 5%.



**Figura 6**

En la práctica, hay casos repetidos en los que los procesadores de vidrio han comprado equipos sofisticados para ranurado en V o biselado solo para frustrarse la primera vez que se intentaron limpiar piezas terminadas sin lavar que se habían dejado reposar solo durante unas pocas horas. Este problema se produce porque sólo se necesita poco tiempo, incluso a temperatura ambiente, para que los depósitos de silicato reaccionen con una superficie de vidrio. De hecho, se han realizado observaciones en este laboratorio que sugieren que la reacción tiene lugar casi inmediatamente después de la evaporación a sequedad. No hace falta decir que estas reacciones pueden ser potencialmente devastadoras para la calidad de la superficie del sustrato de recubrimiento de vidrio. Por lo tanto, es esencial que todo el trabajo de los bordes de pre-recubrimiento sea seguido de un lavado inmediato en un sistema de lavado eficaz con agua de buena calidad.

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento



**Figura 7. Depósito de silicato después de evaporar la solución que contiene 14, PPM de Si de "partículas de vidrio" y mezcla de agua expuesta 24 horas a 72° F; después de un lavado con ácido acético al 5%; 200X**

### Lavado de vidrio y preparación de superficies

Un tratamiento detallado de todos los factores principales asociados con el funcionamiento y el mantenimiento de un sistema de lavado de vidrio arquitectónico, especialmente para la preparación del sustrato para ser aplicado un recubrimiento, está más allá del alcance de la presente discusión. No obstante, hay un aspecto muy importante del lavado y la preparación de la superficie que debe tenerse en cuenta. Esto se relaciona con la interacción no corrosiva a corto plazo del vidrio y el agua de proceso.

El mero acto de enviar vidrio a través de un aparato de lavado mecánicamente sofisticado antes de un proceso de templado o recubrimiento no significa necesariamente que la superficie asociada esté suficientemente limpia. Reflexione sobre la realidad de que tanto los sistemas de lavado complejos como los más simples pueden servir como fuentes de contaminación si no se mantienen de forma rigurosa y continua. Desafortunadamente, en muchas situaciones se dedica una cantidad desproporcionada de esfuerzo a preparar las lavadoras para los

eliminación de residuos "exóticos" que se espera que residan en el vidrio entrante (de hecho, si existen residuos "exóticos", puede ser el momento de devolver de que devuelva el vidrio a su proveedor y considerar otras fuentes). Como consecuencia, se puede dedicar innecesariamente mucha energía a la selección de detergentes y temperaturas de funcionamiento optimizadas, mientras que se pasan por alto otros aspectos igualmente importantes del funcionamiento del sistema. Por ejemplo, considere que muchos procesadores continúan usando agua del grifo en lavadoras de vidrio en líneas de producción que producen productos templados para aplicaciones de recubrimiento. Aparte del riesgo obvio de que las sales de agua dura puedan "dispararse" a la superficie, existe un peligro relativamente desconocido, pero muy significativo, que puede estar asociado con el secado accidental de las gotas de agua del grifo itinerantes sobre el vidrio.

Los aspectos potencialmente negativos asociados con el uso de agua del grifo, o "dura", en la limpieza del vidrio pueden reforzarse recordando las observaciones de la experiencia personal. Por ejemplo, las indeseables manchas blancas que se ven en un automóvil recién lavado o los inútiles intentos de limpiar los residuos de los rociadores de césped de las ventanas. Aún más llamativos son los grandes depósitos de material similar a la tiza que se encuentran dentro de un tanque de agua caliente o una tetera. En cada una de estas situaciones molestas, es en última instancia la presencia de carbonatos de calcio y magnesio en el suministro de agua a la que se suele atribuir la culpa. Cuando se instala un descalcificador de agua, el objetivo es reemplazar los iones de calcio y magnesio por iones de sodio para evitar la precipitación de carbonatos insolubles en los sistemas de agua caliente y también mejorar el rendimiento de los jabones. Sin embargo, las mejoras en la calidad del agua que pueden ser adecuadas para diversos

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

usos comerciales pueden no cumplir con los requisitos para un lavado de vidrio eficaz.

Cuando se participa en la supervisión de procesos sensibles que utilizan productos de vidrio arquitectónico, uno debe pensar en otras especies disueltas que generalmente se encuentran en los suministros de agua públicos y privados. De particular interés es la presencia de silicatos disueltos que normalmente se pasan por alto como una fuente potencial de dificultad. Es muy probable que esta situación se deba al hecho de que los silicatos disueltos, hasta ahora, han tenido un historial documentado limitado de afectar negativamente a los usuarios de agua fuera del dominio del procesamiento de vidrio arquitectónico. Sin embargo, es plausible sugerir que incluso dentro de los dominios del vidrio, los procesadores han experimentado los efectos adversos de los silicatos disueltos en las aguas de proceso sin haber sido nunca conscientes de la causa real.

En una sección anterior, se señaló cómo los silicatos que emanan de las partículas de vidrio pueden provocar problemas de lavado durante el procesamiento. De manera similar, los depósitos de agua del grifo pueden presentar el mismo tipo de dificultades de limpieza. Para desarrollar una mejor perspectiva de las cantidades relativas de materiales disueltos en varios suministros de agua, se ha compilado la Tabla H que presenta datos analíticos para las especies catiónicas encontradas en muestras tomadas de un lago en Florida y un pozo público en el estado de Washington.

Elemento	Pozo	Lago en Florida
<b>Ca</b>	23	20
<b>Mg</b>	2.4	6,8
<b>Na</b>	dieciséis	7.2
<b>K</b>	3.2	3.4
<b>Si</b>	3.9	20

**Cuadro II: Especies catiónicas en el agua (Partes Por Millón)**

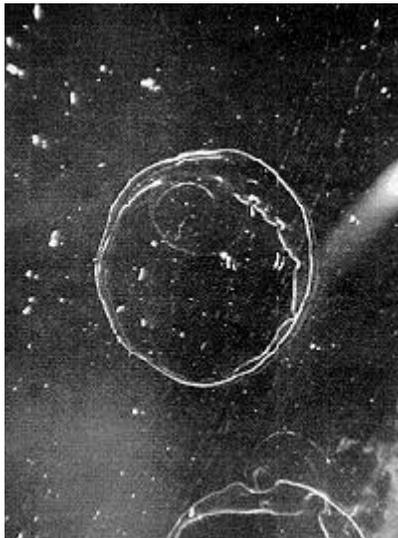
Tenga en cuenta que la muestra de Washington contiene aproximadamente cinco veces más Si que el agua del lago de Florida, lo que ilustra que los niveles de silicato disuelto pueden variar significativamente de una región a otra. Por lo general, se observan de 4 a 10 PPM Si en la mayoría de los suministros de agua analizados en América del Norte. Además, las otras especies enumeradas en la Tabla H también pueden variar de una región a otra; El autor ha evaluado muestras de agua con más de 40 PPM Ca y 15 PPM Mg. Para ilustrar el impacto de los silicatos del agua del grifo en la limpieza de vidrio, se dirige la atención a las Figuras 8 y 9. Estas fotografías en primer arquitectónico muestran depósitos formados por la evaporación de varias gotas de la muestra de agua de pozo del estado de Washington antes y después de la limpieza con una solución de ácido acético al 5%. Tenga en cuenta la gran cantidad de material que permanece intacto a pesar del riguroso procedimiento de limpieza realizado. Si el depósito en cuestión estuviera compuesto principalmente de carbonatos de calcio y magnesio, no habría habido ningún problema en disolver el material con la solución limpiadora débilmente ácida.



## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

**Figura 8. Vista cercana de la mancha de agua del grifo 20 PPM Si, antes del lavado**

El hecho de que el agua del grifo pueda producir depósitos tan firmes sobre el vidrio debería generar preocupaciones con respecto a cualquier preparación de sustratos de recubrimiento donde se emplee agua de proceso sin tratar. Por ejemplo, la distribución accidental de gotas de agua del grifo puede crear depósitos que escaparán a la eliminación en una lavadora de líneas de recubrimiento. Desafortunadamente, lo más probable es que estos depósitos no se noten hasta que se inicie la inspección del artículo recubierto. Un muy buen ejemplo de tal ocurrencia se ilustra en la Figura 10, ampliada 50 veces, el tema de esta microfotografía es un defecto puntual en un recubrimiento de MSVD sobre vidrio. Midiendo aproximadamente 0,5 mm de diámetro, esta aberración fue creada por la evaporación involuntaria de gotitas del agua del grifo

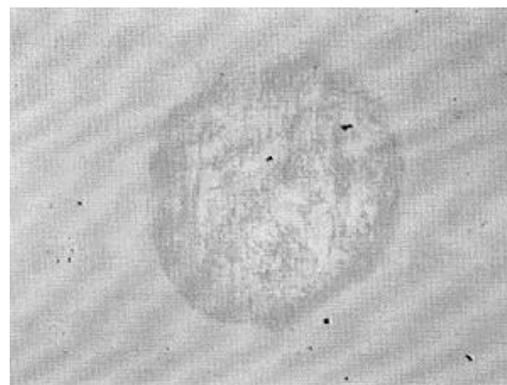


**Fig.9 Mancha de agua corriente después de un lavado con ácido acético al 5%**

sobre el vidrio del sustrato, antes de su entrega a la instalación de recubrimiento. El agua en cuestión contenía solo 4 PPM Si, sin embargo, el

impacto fue lo suficientemente significativo como para provocar el rechazo de numerosas unidades revestidas. Vale la pena señalar que este no fue un incidente aislado. En los últimos meses, ha habido una serie de eventos similares investigados por el autor que se han originado en la Cuenca del Pacífico, así como en varias áreas de América del Norte.

Debería ser obvio en esta coyuntura, que se debe actuar con diligencia en cada paso en la producción de productos de vidrio recubierto para evitar el contacto accidental con materiales que contienen silicato omnipresente. Un punto clave para lograr el éxito es emplear aguas de proceso que estén esencialmente libres de silicatos (<1.0 PPM) y evitar la contaminación accidental por suministros de agua sin tratar cerca de las líneas de producción dedicadas a operaciones relacionadas con el recubrimiento. El nivel de conciencia sobre el impacto de los silicatos a base de agua en la calidad de la superficie del vidrio debe elevarse a un estado en el que los productos recubiertos ya no se vean afectados por reacciones que hasta ahora han pasado desapercibidas en el mundo del procesamiento de vidrio arquitectónico.



**Figura 10. Defecto de recubrimiento de MSVD por depósito de silicato; el campo de visión es de 2 mm x 1,5 mm, 50X**

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

### Conclusiones

Se ha demostrado por medio de varios ejemplos de que el vidrio tiene características reactivas que no suelen ser observadas por personas ajenas al ámbito de la producción y procesamiento de vidrio arquitectónico. Las láminas de vidrio apiladas empaquetadas en cajas o en estantes (racks) de acero presentan los entornos más potencialmente hostiles para el vidrio. Si se forma humedad entre las unidades de vidrio, se produce un proceso de intercambio iónico, o corrosión de la Etapa I, durante el cual el pH del condensado comienza a aumentar. Siempre que este aumento de pH se controle mediante la aplicación de materiales protectores entrelazados, no aparece ningún daño permanente. Sin embargo, los aumentos incontrolados del pH por encima del umbral de 9,0 pronto dan como resultado picaduras microscópicas y el eventual deterioro de la calidad de la superficie por lo que comúnmente se conoce como corrosión de Etapa II. Sin embargo, la corrosión de la superficie se puede prevenir durante un año o más mediante el uso prudente de materiales protectores intercalados combinados con la selección de áreas de almacenamiento secas y bien ventiladas.

Las operaciones de matado de filo y canteado presentan problemas únicos para mantener la calidad de la superficie del vidrio, ya que los subproductos de los partículas de vidrio son extremadamente reactivos con el agua y producen niveles sustanciales de silicatos solubles, incluso a temperatura ambiente. Cuando las soluciones diluidas (4 PPM Si) de silicatos se evaporan sobre el vidrio, quedan depósitos que reaccionan con el vidrio creando defectos "vidrio sobre vidrio" que son imposibles de eliminar excepto mediante pulido abrasivo o disolución en ácido fluorhídrico. Debido a la gran área de superficie a las proporciones de masa características de un gran número de partículas diminutas, la intensa reactividad de las partículas de vidrio es más eficazmente

controlada lavando todos los artículos de vidrio inmediatamente después de canteado o matar filos.

La tercera y última dificultad encontrada en la producción, templado y lavado de vidrio con "calidad para recubrimiento" es la presencia de silicatos solubles en las aguas de proceso. Aquí nuevamente, la evaporación hasta la sequedad da como resultado un depósito similar al vidrio que no cede a los métodos prácticos de limpieza del vidrio. La salpicadura accidental de vidrio con agua del grifo puede provocar depósitos de silicato que escapan a la detección hasta la inspección del artículo recubierto terminado. En una línea similar, el uso intencional de agua con silicato para procesar el vidrio de sustrato es una práctica que suplica que surjan problemas. Se debe hacer todo lo posible para utilizar agua de proceso libre de silicatos siempre que se esté preparando vidrio para aplicaciones de recubrimiento sensibles.

### REFERENCIAS

1. RG Newton, "La durabilidad del vidrio: una revisión", Glass Tech. 26 (1), 21 (1985)
2. L. Douglas, TMM El Shamy, "Reacciones de vasos con soluciones acuosas", J Am Cer Soc 50 (1) 1 (1967)
3. PF Düffer, "Efectos de la reactividad del vidrio y la corrosión de la superficie", Am Cer Soc Bull 739 (10) 80 (1994)
4. PF Düffer, "Cómo prevenir la corrosión del vidrio", Glass Digest, 65 (12) 77 (1986)

## Reactividad del vidrio y su impacto potencial en los procesos de recubrimiento

TABLA HISTÓRICA		
ARTICULO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Publicación original	1996	
Revisión # 1	17/01/2002	Transferido a TD-106
Revisión # 2	2016-10-04	Actualizado al formato y logotipo de Vitro

Este documento pretende informar y ayudar al lector en la aplicación, uso y mantenimiento de los productos Vitro Vidrio Arquitectónico. El rendimiento y los resultados reales pueden variar según las circunstancias. Vitro no ofrece ninguna garantía en cuanto a los resultados que se obtendrán del uso de toda o parte de la información proporcionada en este documento, y por la presente renuncia a cualquier responsabilidad por lesiones personales, daños a la propiedad, insuficiencia del producto o cualquier otro daño de cualquier tipo o naturaleza que surja del uso por parte del lector de la información contenida en este documento.