

## Resultados de Pruebas Preliminares - Selladores de Fugas de Refrigerante

*Preparado por el Dr. Vincent J. Storhaug Químico Senior, Ted J. Amundsen Ingeniero Químico y el Dr. Robert P. Scaringe Ingeniero Mecánico del equipo de desarrollo de QwikProducts™ en Mainstream Engineering Corporation® Rockledge, Florida 32955*

### Introducción

Durante años, los ingenieros de QwikProducts™ de Mainstream Engineering Corporation® se han mostrado muy escépticos acerca de la posibilidad de que un sellante de fugas de refrigerante selle las fugas. Cada vez que solicitábamos datos a cualquiera de los fabricantes, siempre se nos presentaban testimonios de que los productos funcionan, pero nunca datos para demostrar su efectividad en el sellado de fugas o datos sobre el tamaño de las fugas que se pueden sellar. Con el uso generalizado de estos selladores, creemos que es importante determinar su efectividad. Si bien hay muchas marcas para elegir, también es importante entender que muchos de los selladores de fugas se derivan esencialmente de la misma formulación. La formulación se deriva a partir de la patente caducada número 4.237.172 de los Estados Unidos que fue otorgada a Joseph J. Packo en 1980. El Sr. Packo reveló que las mezclas de aminosilano podrían usarse para sellar fugas en las tuberías. La reacción de sellado de fugas se inicia por la exposición a la humedad atmosférica en el sitio de una fuga.

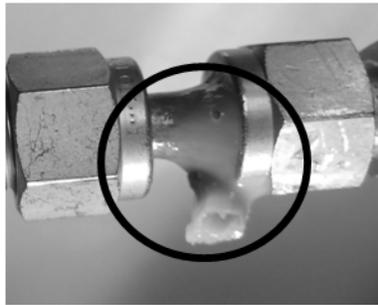
Mientras que la formulación de sellador de fugas es sencillo y los productos químicos fácilmente disponibles, el costo, para los comercios, de algunos de estos productos de sellado de fugas puede ser excesivamente alto. Decidimos realizar una investigación exhaustiva de la química del sellador de fugas para determinar la efectividad del sellador de fugas y determinar si hubo algún efecto perjudicial en la confiabilidad del sistema. Nuestra idea era, si los selladores funcionan, estableceríamos los límites de su utilidad y ofreceríamos una alternativa de menor costo a los productos costosos que existen actualmente en el mercado.

Es importante tener en cuenta que todos los fabricantes, incluyendo Mainstream Engineering, acuerden en que el uso de un sellador de fugas es un **último recurso**, cuando todos los otros intentos de encontrar una fuga haya fallado, y estos selladores de fugas deben utilizarse mejor en sistemas antiguos en los que no vale la pena invertir demasiado dinero para reparar. Nunca agregue un sellador de fugas a un sistema nuevo como parte de un programa de mantenimiento preventivo.

Todos los selladores de fugas reaccionan con el agua, por lo que todos los fabricantes también están de acuerdo en que estos selladores no deben usarse en sistemas que contengan demasiada agua. Pero, ¿cuánta agua es demasiada agua? La guía de Tecumseh para el uso del R-410A establece que 80 partes por millón (ppm) es el umbral máximo de humedad permitido en un sistema. El estándar de pureza AHRI 700 para agua máxima en refrigerante nuevo R-22, R-404, R-407 o R-410A es de 10 ppm. Sin embargo, el aceite de POE puede contener hasta 2,500 ppm de agua, por lo que si no se usa un agente de secado, es muy fácil tener "demasiada agua" en su sistema. Seleccionamos 100 ppm como el contenido máximo de humedad en el sistema, y realizamos todas nuestras pruebas de vida con 100 ppm de agua en el sistema. La prueba de vida con 100 ppm de agua es mucho más que la que se encontraría en un sistema después de usar un agente de secado (como la Parte A de QwikSeal®). Por lo tanto, además de la capacidad de sellado de fugas, necesitábamos determinar si el uso de un sellador

de fugas obstruiría un dispositivo de expansión o arruinaría un compresor, cuando también había 100 PPM de agua en el sistema.

Este breve resumen técnico ha sido desarrollado para presentar los datos obtenidos hasta la fecha. En resumen, estos selladores de fugas funcionan y QwikProducts™ ofrece una versión de menor costo de la misma formulación, llamada QwikSeal®, que también incluye un agente de secado efectivo (Parte A) para eliminar la humedad. El uso de un agente de secado es crítico para asegurar que no haya agua en el refrigerante o aceite que pueda reaccionar negativamente con el sellador. Un ejemplo de polimerización QwikSeal® alrededor de un accesorio de compresión con fugas se muestra en la Figura 1.



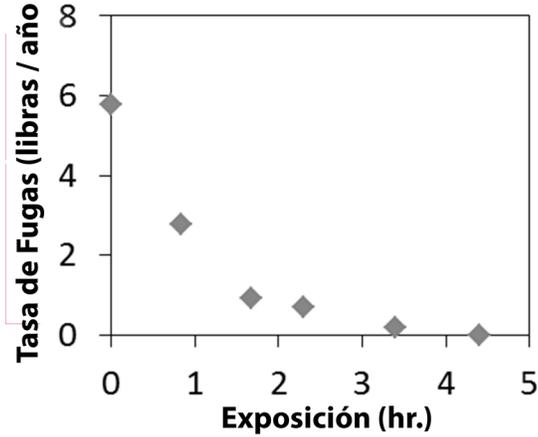
**Figura 1. QwikSeal® sellando un accesorio de compresión con fugas**

## **La Formulación del Sellador de Fugas QwikSeal®**

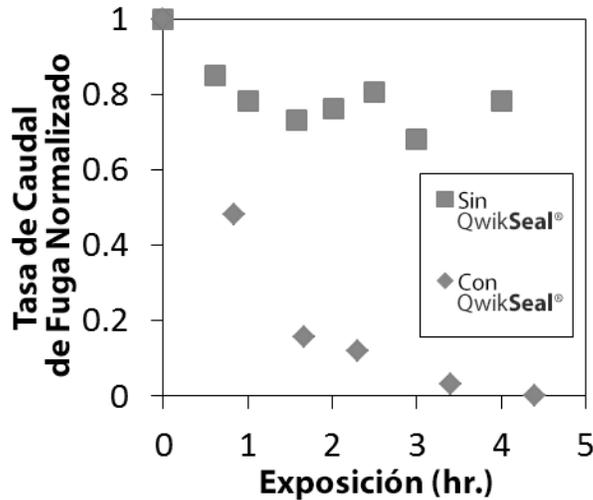
La formulación en dos partes de QwikSeal® es única porque la Parte A contiene un agente de secado activo para eliminar el agua del refrigerante o aceite del sistema, antes de que tenga la oportunidad de reaccionar con el sellador de fugas en la Parte B. Ya que QwikSeal® realiza el secado y el sellado, ahorra al técnico tiempo y dinero. El agente de secado en QwikSeal® (Parte A) puede eliminar hasta 26 gotas de agua de un sistema. Esto significa que para un sistema con una carga de aceite de 15 onzas de aceite, un solo tratamiento de QwikSeal® de la Parte A de media onza reducirá el nivel de humedad en el aceite en aproximadamente 3,000 ppm. La mitad de la cantidad de aceite significa que la humedad caerá dos veces más. Por lo tanto, a menos que el sistema esté totalmente saturado, la formulación de la Parte A de QwikSeal® está diseñada para eliminar la humedad del sistema.

## **Experimentos de Sellado de Fugas QwikSeal®**

Para las pruebas iniciales de sellado de fugas, introdujimos QwikSeal® (Parte B), junto con una mezcla de refrigerante / aceite en un depósito conectado a una fuente de fuga calibrada con una tasa de fuga medida de 5.8 libras por año cuando se carga con refrigerante seco R-410A. La fuga de vapor se creó al unir un tubo capilar de diámetro interno de 15 micrones que está abierto a la atmósfera, al depósito. La temperatura y la humedad relativa se mantuvieron a 70 ° F y 60%, respectivamente. La fuga se selló completamente en menos de 5 horas en presencia del sellador de fugas QwikSeal® (Figure 2). La pérdida de peso del reservorio, debido a una pérdida de carga, se utilizó para determinar exactamente la tasa de fuga en función del tiempo para el reservorio con y sin el sellador QwikSeal® agregado ( Figure 3 ). No se agregó humedad al refrigerante.



**Figura 2. Caudal de fuga a través de 15 µm I.D. tubo capilar con QwikSeal®**



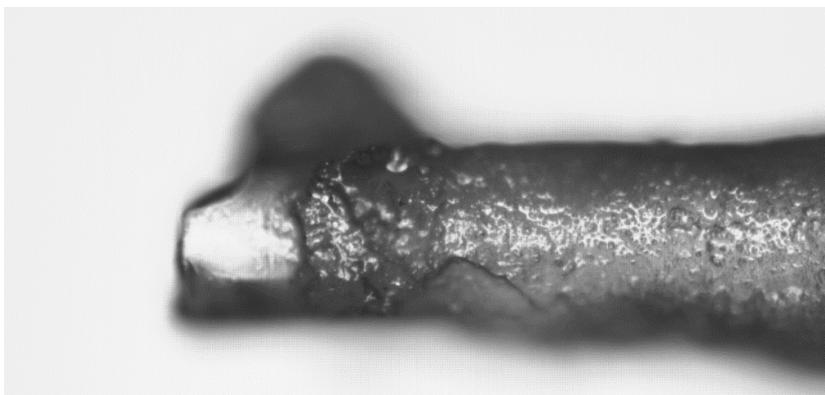
**Figura 3. Caudal de fuga normalizado a través de 15 µm I.D. tubo capilar con y sin QwikSeal®**

Dados los resultados positivos de estos experimentos preliminares, el siguiente paso natural fue evaluar la capacidad de sellado de QwikSeal® en los sistemas operativos de compresión de vapor. Un sistema de aire acondicionado R-410A se equipó con tres fugas calibradas idénticas de diámetro interno de 5 micrones, con una fuga en la línea de vapor de alta presión, una segunda fuga en la línea

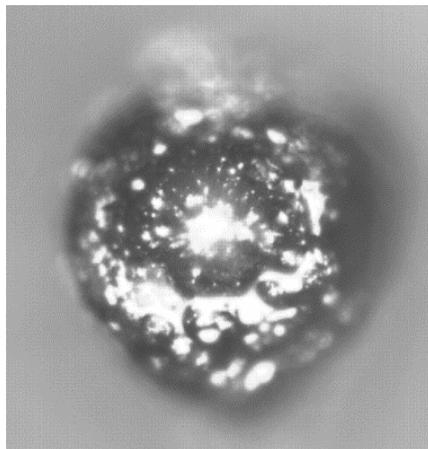
de vapor de baja presión y una tercera fuga en la línea de líquidos de alta presión. Estas fugas correspondieron a una tasa de fuga total combinada de aproximadamente 0.3 lbs / año. QwikSeal® (Parte B) se agregó al sistema y la unidad se hizo funcionar de manera continua durante la duración de la prueba. Se utilizó un detector de refrigerante para determinar si las fugas se habían sellado. Las tres fugas se sellaron completamente dentro de los 10 días de la operación.

Además de las pruebas de funcionamiento continuo descritas anteriormente, se realizó una segunda ronda de pruebas con el funcionamiento intermitente del compresor. Para estas pruebas, otro sistema de aire acondicionado R-410A fue equipado nuevamente con tres fugas calibradas de 5 micrones de diámetro interno idénticas, una vez más con una fuga en la línea de vapor de alta presión, una segunda fuga en el vapor de baja presión Línea y una fuga final en la línea de líquidos de alta presión. Al igual que en las pruebas anteriores, estas fugas correspondieron a una tasa de fuga total combinada de aproximadamente 0.3 lbs / año. Una vez más, se agregó QwikSeal® (Parte B) al sistema, sin embargo, esta vez la unidad fue ciclada por 45 minutos y luego 15 minutos fuera durante la duración de la prueba. Las fugas de vapor en el lado bajo y en el lado alto se sellaron completamente después de dos días y la fuga de la línea de líquido se redujo a casi seis días después. Sobre la base de estos resultados preliminares, parece que las fugas más difíciles de sellar estarán en la línea de líquido.

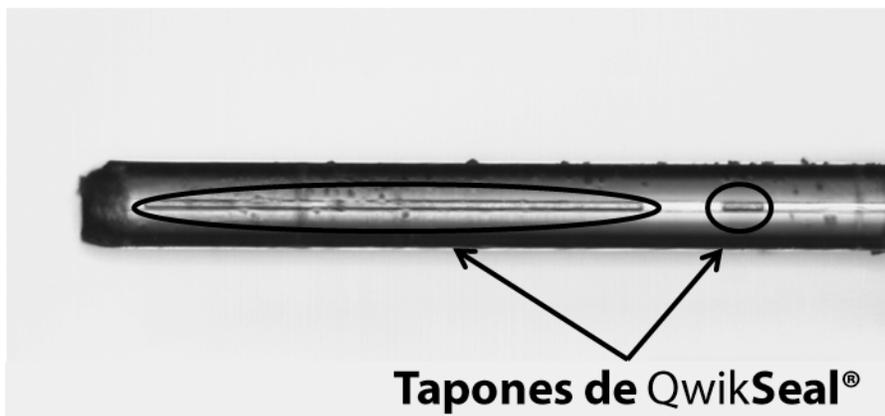
Uno de los tubos capilares de la línea de vapor taponado se observó bajo un microscopio (100 x ampliación, Figure 4 y Figure 5 ) donde era obvio que se había formado un revestimiento de sellador en la parte exterior del tubo cerca del extremo externo expuesto al ambiente. El sellador en el exterior del tubo se raspó y el tubo se vio una vez más bajo un microscopio. Como se muestra en la Figura 5, se pueden ver dos tapones de sellador dentro del tubo de vidrio transparente que sella el paso de fuga ( Figura 6 ).



**Figura 4. Tubo capilar sellado con un aumento de 100x ampliación que muestra un sellador endurecido alrededor del exterior del tubo**



**Figura 5. Punta sellada de tubo capilar a 100x ampliación**



**Figura 6. Tubo capilar sellado a 50x ampliación con taponos visibles en el interior**

### **Prueba de Ciclo de Vida**

Dado que la mayoría de los selladores de fugas reaccionan con el agua, la preocupación potencial que limita la vida es la reacción del sellador de fugas con el agua existente en el sistema, que podría producir partículas que podrían obstruir el dispositivo de expansión o introducir partículas de desgaste en el lubricante. Dado que QwikSeal® Parte A es un agente de secado efectivo, los niveles de humedad en el sistema nunca deben alcanzar las 100 ppm, cuando QwikSeal® se usa correctamente, y por lo tanto, 100 ppm de humedad representan la peor condición de operación posible. Si bien se ha demostrado que el sellador de fugas se sella en menos de varios cientos de horas, nuestra prueba de vida (con QwikSeal® Parte B y 100 PPM de humedad agregada) ya ha superado miles de horas de operación continua sin fallas. Mientras continúan estas pruebas de vida útil, las pruebas hasta la fecha ya han superado con creces el tiempo necesario para que el sellador de fugas reaccione con la

humedad en el sistema y, potencialmente, selle un dispositivo de expansión o cree partículas de desgaste en el lubricante. En este momento, los sistemas R-22 y R-410A han estado funcionando (con QwikSeal® Parte B y 100 PPM de humedad agregada) durante miles de horas de operación continua sin una degradación observada del lubricante.

## **Conclusión**

Mientras se realizan más pruebas, estos resultados preliminares son suficientes para decir que se ha demostrado que QwikSeal® sella completamente las fugas en líneas de vapor de hasta 5,8 libras por año, sin embargo, las fugas en la línea de líquido de más de 0.1 libras por año pueden no sellarse completamente. El proceso de sellado puede demorar tan solo 10 minutos, pero también puede demorar hasta una semana en sellar completamente. Las mayores tasas de circulación de aceite y las temperaturas más altas del sistema (y posiblemente una mayor humedad) pueden acelerar la velocidad de sellado, pero esto aún no se ha confirmado.

QwikSeal® (QT2540) está disponible como una fórmula de dos partes y cada parte (A y B) se introduce en un sistema operativo con un QwikInjector® de media onza reutilizable (QT2510). El uso de un agente de secado es obligatorio y es parte de la formulación QwikSeal® (Parte A), para asegurar que el agente de sellado (Parte B) no reaccione con la humedad en el lubricante. Claramente, cualquier reacción con la humedad en el lubricante destruiría la calidad de lubricación del aceite o crearía depósitos de sellador en el lubricante. Finalmente, recuerde que los selladores de fugas solo deben usarse como último recurso, en sistemas antiguos, donde otros intentos de encontrar la fuga han fallado, y el sistema no vale la pena gastar demasiado dinero para reparar.