

**Autor: Philip Holoch, ingeniero principal de desarrollo para sensores en BELIMO Automation AG, Hinwil, Suiza**

## **Superación del reto de la medición de glicol**

Por lo general, el glicol se usa para prevenir que se congelen los fluidos de transferencia de calor en los sistemas de calefacción, refrigeración y aire acondicionado. Normalmente se encuentra en sistemas en los que las tuberías están al aire libre (unidades en el techo, refrigeración libre, torres de refrigeración) y también en aplicaciones de energía sustentable, como los colectores solares térmicos. También es posible utilizar el glicol en sistemas de refrigeración urbana (por ejemplo, en propiedades de gran altura) y en redes de energía de baja temperatura que atienden a un gran número de clientes. Sin embargo, el hecho de añadir glicol a cualquier sistema puede ocasionar grandes errores en la medición de la energía térmica cuando se utiliza un medidor concebido únicamente para el agua. Ahora, se presenta en el mercado un innovador sensor de flujo en línea capaz de detectar y compensar automáticamente los cambios en la composición del fluido, con lo que se consigue una medición precisa del flujo volumétrico y de la energía térmica tanto en aplicaciones de agua como de glicol. En este artículo se comparten algunas de las ideas y conceptos técnicos que hay detrás de este producto único.

### **Ventajas y desventajas**

Los fluidos modernos de transferencia de calor son mezclas complejas de entre el 60 y el 75 por ciento de agua desionizada, entre el 25 y el 40 por ciento de monoetileno o propilenglicol y, normalmente, aditivos como estabilizadores, inhibidores de la corrosión, oxigenadores y componentes antiincrustantes. Una gran ventaja de utilizar mezclas de glicol y agua como fluidos de transferencia de calor, y no solamente agua, es que permiten que los sistemas trabajen a temperaturas bajo cero. No obstante, hay una serie de problemas derivados del uso de estas mezclas. Son considerablemente más caros que el agua y tienen una menor capacidad de calor, ya que necesitan hasta un 30% más de flujo para lograr el mismo transporte de energía. A bajas temperaturas, las mezclas de glicol-agua también se hacen bastante viscosas, y necesitan entre un 50 y un 100 por ciento más de energía de bombeo para igualar la transferencia de calor del agua solamente. Otra de las complicaciones es que los glicoles de etileno son tóxicos, y los glicoles de propileno (junto con muchos aditivos) no son ambientalmente compatibles, lo que implica que se requiere una eliminación profesional una vez que el fluido alcanza el final de su vida útil.

## La receta correcta

Hay notables variaciones entre las composiciones de los glicoles premezclados de la gran variedad de fabricantes existentes en el mercado, y cada proveedor propone diferentes formulaciones para aplicaciones específicas. La composición exacta de estos glicoles premezclados también puede cambiar periódicamente para conseguir una optimización de costes o debido a nuevas leyes relativas a los ingredientes, a menudo sin que los fabricantes informen a los clientes. Y, aunque una práctica común en Europa es comprar glicoles premezclados, en América del Norte la mezcla de fluidos de transferencia de calor también se puede realizar in situ. El problema se complica aún más por el hecho de que la composición del fluido, y por lo tanto sus propiedades físicas, pueden cambiar impredeciblemente con el paso del tiempo, debido a:

- la degradación que hace que el fluido se vuelva floculante, en especial por la exposición excesiva a la luz solar;
- La adición de agua para ajustar las pérdidas de presión en el sistema, la dilución de la concentración de glicol (que reduce o elimina la protección contra la congelación);
- Y las variaciones en la concentración de los aditivos debidas a la imprecisión de las mezclas realizadas en el sitio.

## El reto de la medición de glicol

Si ocurren cambios en la composición del fluido de transferencia de calor, como los descritos arriba, se produciría un efecto sobre su densidad, capacidad calorífica y viscosidad que, a su vez, afectaría a la energía térmica medida ( $Q$ , consulte la siguiente ecuación) y el flujo volumétrico medido.

Un cambio en la viscosidad tendrá un efecto en el perfil de flujo, o en la distribución de la velocidad, dentro de la tubería. Por lo tanto, si un contador de energía térmica para uso con agua se emplea con una mezcla de glicol-agua, los cambios en cualquiera de estas propiedades del fluido pueden ocasionar un error acumulativo en la medición del calor de hasta el 40 por ciento. Sin embargo, si se conocen los parámetros correctos del fluido, es posible compensar esto.

La energía térmica,  $Q$ , se define por la fórmula:

$$Q = \int \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot dt$$

**Fehler! Textmarke nicht definiert.**  $\dot{V}$  = flujo volumétrico

$\rho$  = densidad

$c_p$  = capacidad calorífica

$\Delta T$  = temperatura diferencial (suplemento - retorno)

## Medición de flujo confiable

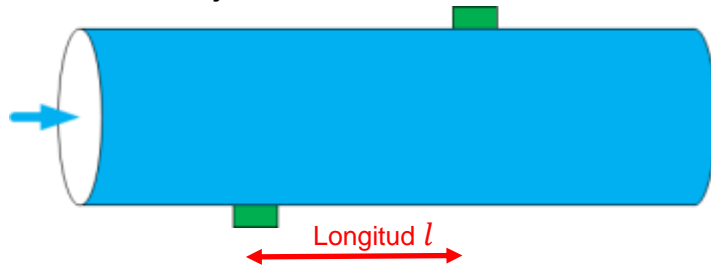
Si bien este tema ha sido ampliamente reconocido y comprendido durante muchos años, hasta hace poco las únicas opciones eran aceptar este posible error de medición; evitar el uso de glicol en sistemas en los que la transferencia de calor debe medirse como en Europa, donde su uso está muy restringido en las redes de calefacción de distrito, en las que es de vital importancia realizar mediciones precisas para garantizar una facturación correcta a los consumidores; o invertir en equipos de medición caros que permitan la compensación manual de los cambios en las propiedades de los fluidos. No obstante, un nuevo sensor de flujo en línea (Belimo) se ha creado para ofrecer una medición y compensación automática y continua de glicol, garantizando un rendimiento óptimo del sistema HVAC. Mediante el uso de la tecnología de tiempo de tránsito ultrasónico, este enfoque proporciona un método preciso para la medición de energía térmica que es insensible a los problemas de magnetita (a diferencia de los sensores de flujo electromagnético), tiene una vida útil más larga que la tecnología de

impulsor y es adecuado para su uso con una amplia gama de fluidos de transferencia de calor de concentraciones variables de glicol.

### Cómo funciona

Este novedoso medidor de flujo ultrasónico se vale de dos transductores de compensación (Imagen 1) para determinar la velocidad del flujo al medir la velocidad del sonido en el fluido de transferencia de calor. El tiempo de tránsito descendente se mide pasando un pulso ultrasónico desde el transductor inferior al superior, luego se invierte el proceso para obtener el tiempo de tránsito ascendente. Estos tiempos de tránsito variarán según el flujo de fluido a través del tubo del sensor: el pulso descendente se acelera por el flujo, mientras que el pulso ascendente se ve impedido y ralentizado por este. Los tiempos de tránsito de estos pulsos de ultrasonido sirven para determinar la velocidad medida ( ).

### Velocidad de flujo



$$v_{meas} = c \cdot \frac{l}{2} \cdot \left( \frac{1}{tt_{down}} - \frac{1}{tt_{up}} \right)$$

Fehler! Textmarke nicht

definiert.  $v_{meas}$  = velocidad de flujo

medida

$c$  = constante

$l$  = longitud

$tt$  = tiempo de tránsito

Imagen 1: Medición con ultrasonido del flujo volumétrico.

Mediante estos datos, junto con la temperatura del fluido, es posible calcular la velocidad cinemática ( $\eta$ ) y determinar el flujo volumétrico. Sin embargo, debido a que el flujo volumétrico requiere un promedio de las velocidades de flujo a través del diámetro de la tubería (no una sola vía) esto se ve afectado por los diferentes perfiles de flujo (Imagen 2). En el flujo laminar (gris), la velocidad es mayor en el centro y menor en la pared de la tubería. Por el contrario, en un flujo turbulento (azul) la velocidad del flujo es prácticamente la misma en todo el diámetro de la tubería. Por lo general, este efecto se compensa durante la producción utilizando curvas de corrección para calibrar el sensor de flujo. Sin embargo, debido a que el perfil de flujo se ve influenciado por la viscosidad del fluido, la presencia de glicol en el sistema puede ocasionar un error de medición significativo.

### Flujo volumétrico

$$\dot{V} = \int v \cdot dA = A \cdot \bar{v}$$

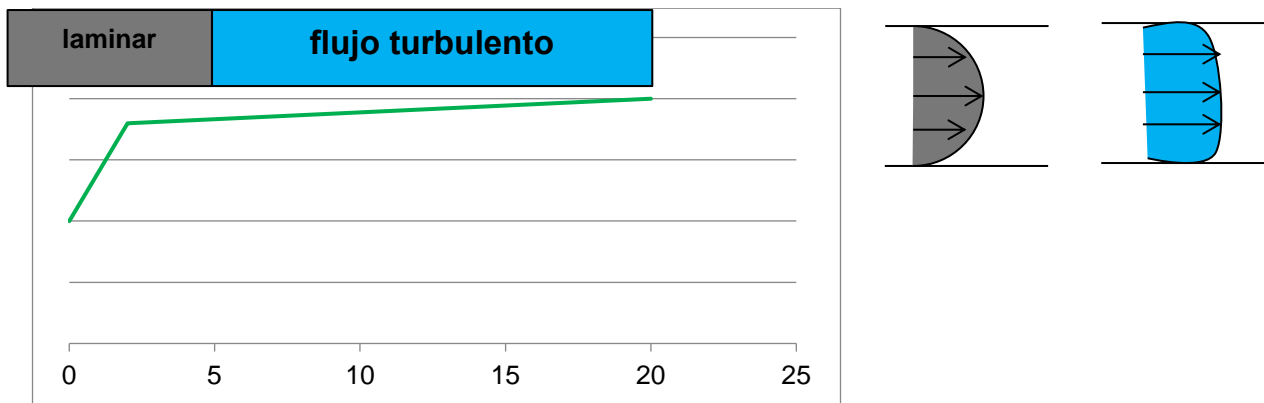


Imagen 2: Cálculo de la velocidad promedio del flujo.

Otra opción es utilizar el número de Reynolds (Re) en lugar de la velocidad del flujo. El número de Reynolds es la relación entre las fuerzas de inercia causadas por el momento de la masa de un líquido que fluye y sus fuerzas viscosas:

$$Re = \frac{\text{fuerzas de inercia}}{\text{fuerzas viscosas}} = \frac{v \cdot D}{\eta}$$

$v$  = velocidad de flujo  
 $D$  = Diámetro  
 $\eta$  = velocidad cinemática

La importancia práctica de esta relación es que la distribución de la velocidad del flujo es semejante para un determinado número y geometría de Reynolds. Por lo tanto, el factor de corrección (k), usado para relacionar el flujo volumétrico con la velocidad promedio en toda el área de la sección transversal de la tubería, trazado en función del número de Reynolds es independiente de la viscosidad del fluido, y las curvas de calibración de agua y glicol-agua resultantes se superponen. De esta forma, el sensor puede calibrarse con agua y aún así medir de forma precisa cualquier otro fluido de viscosidad conocida. En la Imagen 3 se resume el proceso.

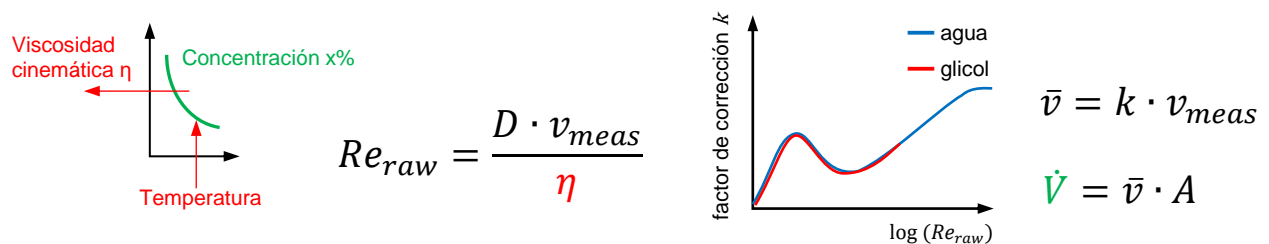


Figura 3: Resumen del algoritmo de compensación automática de glicol.

Este enfoque de número de Reynolds se ha empleado para desarrollar un algoritmo automático patentado de compensación de glicol que puede seleccionar las propiedades correctas del fluido a utilizar para el cálculo del flujo y la energía, y que puede aplicarse a una gran variedad de fluidos de transferencia de calor, lo que garantiza mediciones precisas y repetibles en cualquier aplicación de HVAC.

### Resultados precisos sin desplazamiento

El beneficio de la compensación de glicol se demuestra de forma clara en las imágenes 4 y 5. Sin compensación (Imagen 4), las mediciones de flujo volumétrico pueden mostrar errores de hasta un 30%; la aplicación de la concentración automática de glicol (Imagen 5) minimiza la deriva y reduce significativamente el grado de error de medición.

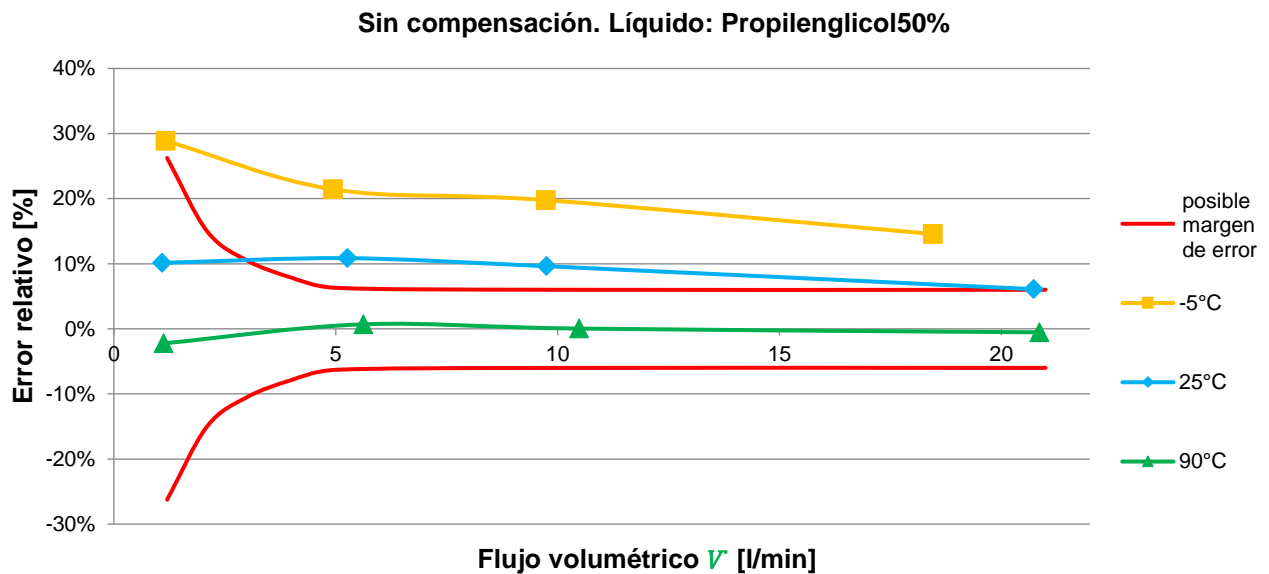
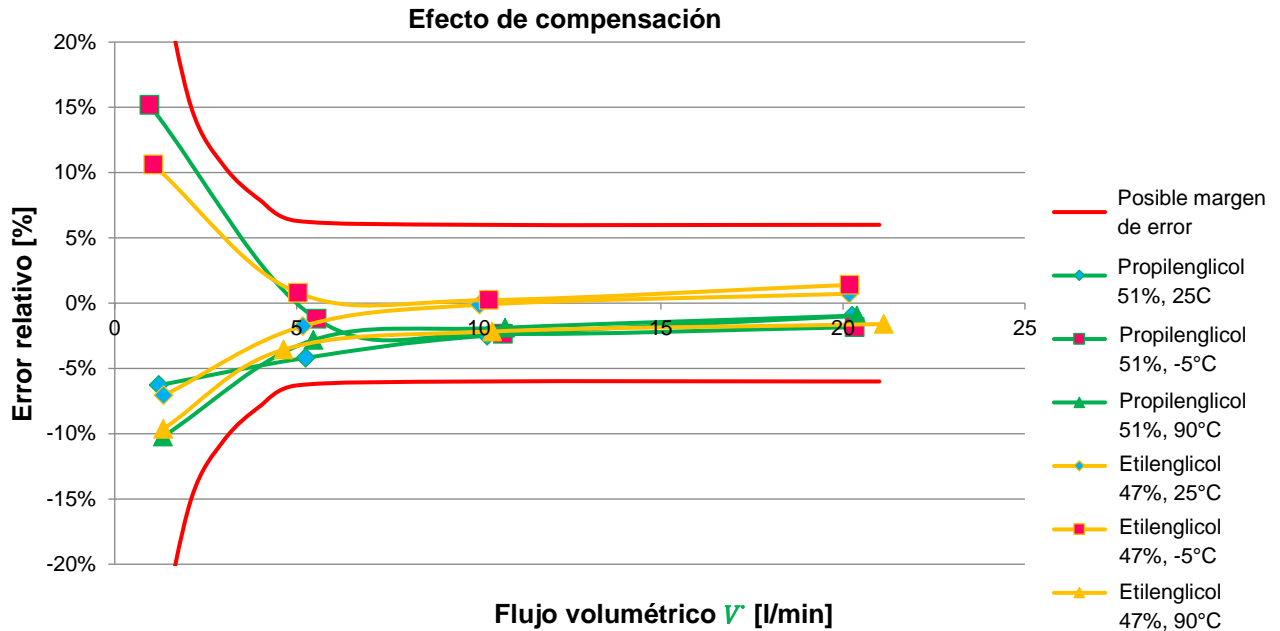


Imagen 4: Influencia del glicol en la medición del flujo volumétrico sin compensación de viscosidad.



**Imagen 5: El efecto de la compensación de glicol en la medición del flujo volumétrico.**

### Conclusión

El desarrollo de un sensor de flujo en línea que emplea tecnología de tiempo de tránsito ultrasónico para medir y compensar automáticamente la concentración de glicol es un gran avance en la medición de energía térmica. Un solo sensor de flujo "fit and forget" (instalar y olvidarse) es todo lo que se necesita para compensar las viscosidades variables y cambiantes y las capacidades de calor de los fluidos de transferencia de calor. Sin partes móviles, el sensor es extremadamente robusto y no requiere calibración, lo que proporciona la certeza de que el flujo medido es correcto. Esto lo hace ideal para mediciones precisas y repetibles, mejorando el control y la eficiencia de los sistemas.