

■■■■■■■ Caudalímetros.

KRAL



Medición del consumo de motores diésel.

Contenido.

Por qué medir el consumo de combustible.	03
Numerosas posibilidades de ahorrar combustible.	
Los precios del combustible seguirán subiendo.	04
Datos de medición precisos y compensación de errores.	
Gran precisión de medición del sistema.	06
Los caudalímetros KRAL son la base de la máxima precisión de medición.	
Datos de medición con errores corregidos.	08
Compensación de la temperatura y del pulso de presión.	
Variantes del sistema.	10
Medición por línea, medición diferencial y sistemas para varios motores.	
Sistemas económicos optimizados para embarcaciones fluviales.	12
El aumento de los precios del combustible obliga a ahorrar.	
Embarcaciones pesqueras: ahorro de combustible incluso a toda máquina.	14
Aumento de los beneficios a pesar de unos precios más elevados del combustible.	
Yates: operación más eficiente y cuidadosa de motores.	16
El motor siempre bajo control, independientemente de la velocidad.	
Unidades múltiples diésel y locomotoras diésel.	18
Soluciones variadas para maquinistas, salas de control e ingenieros de sistemas.	
Bancos de pruebas de motores: obtención rápida de datos de medición fiables.	20
Pruebas económicas con los caudalímetros KRAL.	
Instalaciones petrolíferas: diseño de las instalaciones a medida.	22
Cálculo del combustible adecuado en sistemas con varios motores.	
Navegación en alta mar segura y rentable.	24
Funcionamiento lucrativo a pesar del aumento de los precios del petróleo y de normas más estrictas sobre las emisiones.	
Instalaciones de generación de electricidad: gran eficiencia energética.	26
Control de los costes operativos gracias a la generación propia de electricidad.	

Por qué medir el consumo de combustible.

Numerosas posibilidades de ahorrar combustible.



a bordo ayuda a controlar el funcionamiento óptimo del motor.

En este folleto se presentan las numerosas posibilidades de uso de los medidores de consumo de combustible KRAL. Si tiene alguna idea nueva sobre cómo conseguir que sus motores sean más eficientes, podemos ayudarle. El desarrollo de soluciones personalizadas es uno de los puntos fuertes de KRAL. Colaborar como socio con KRAL le permitirá diseñar soluciones únicas.



El éxito de muchas empresas tiene como consecuencia un aumento de la necesidad de combustible. El consumo de combustible es uno de los principales costes operativos.

Por ejemplo, un barco consigue reducir el consumo de combustible fácilmente disminuyendo la velocidad. En la tabla se muestra claramente el potencial de ahorro de combustible.

Los armadores ajustan la carga del motor para regular la velocidad más económica.

Los fabricantes de motores utilizan los medidores de consumo de combustible KRAL en las pruebas de I+D.

Los motores son optimizados y las pruebas, más rápidas.

Las empresas ferroviarias forman a sus maquinistas para que conduzcan de manera que ahorren combustible y revisan los contratos de las locomotoras. Los productores de electricidad independientes calculan el consumo de combustible específico garantizado durante el periodo de garantía. Después de este, un consumo de combustible demasiado elevado indica que el motor necesita mantenimiento.

Además de medir el consumo de combustible, el sistema KRAL muestra otros parámetros como la temperatura del combustible y el volumen del caudal de avance y de retorno, con los que se puede calcular la ratio de circulación. Este sistema de control de

Disminución de la velocidad.	Ahorro de combustible.
2 %	4 %
4 %	8 %
6 %	12 %
8 %	16 %
10 %	19 %

Los precios del combustible seguirán subiendo.

Los medidores de consumo de combustible KRAL tienen en cuenta la influencia de los motores y ofrecen datos precisos con compensación de errores.

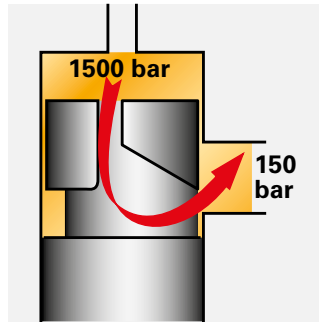


Consideración de las diferencias de temperaturas.

La temperatura del combustible en la tubería de retorno es hasta 30 °C más alta que en la tubería de avance. En los sistemas de fueloil pesado, en los que el combustible se calienta previamente en el módulo de impulsión, se producen diferencias de temperatura de hasta 20 °C.

Los medidores de consumo de combustible KRAL captan la temperatura de la tubería de avance y de la tubería de retorno, y calculan el consumo con el nivel de temperatura seleccionado. Lo habitual a nivel internacional es 15 °C. A continuación se muestra el consumo correspondiente a la temperatura seleccionada.

De esta forma, el compensador de temperatura KRAL garantiza unos valores de consumo de gran precisión.



Compensación de las pulsaciones de combustible.

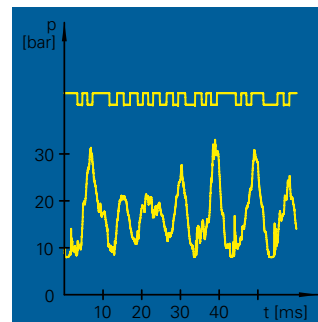
Los pistones de las bombas de inyección generan pulsaciones de fluido en las tuberías de combustible de baja presión. Estas pulsaciones pueden causar:

- Picos de presión en los componentes del sistema.
- Variaciones frecuentes de la velocidad de circulación del combustible.
- Un breve cambio del sentido de flujo del combustible.

Como medidor de desplazamiento, los ejes de medición de los caudalímetros KRAL siguen cada movimiento de la columna del fluido. El principio de funcionamiento es independiente del sentido del caudal, por lo que es posible medir el flujo de retorno de combustible. Con los compensadores de los pulsos de presión KRAL se puede medir y compensar el flujo de retorno en el momento de generarse los valores de

Medición del consumo con parámetros típicos de funcionamiento.

Potencia del motor:	300 kW (sin limitación máxima).
Número de motores:	de 1 a 32.
Combustible:	diésel (LFO), diésel marino (MGO, MDO) y diésel pesado (HFO).
(HFO). Temperatura:	hasta 200 °C.
Pulsaciones de presión:	hasta 20 bar.
Vibraciones:	no influyen en la medición.



medición con el fin de garantizar unos datos de medición correctos en el sentido del caudal concreto. En el gráfico anterior se muestra la evolución de la señal de salida de un medidor de consumo de combustible KRAL. Cada pulso representa con gran precisión una cantidad de combustible. Las distintas longitudes de los pulsos indican las variaciones de velocidad del flujo de combustible. La velocidad del flujo varía con los pulsos de presión generados por las bombas de inyección. En el gráfico se ve claramente que el combustible no circula de manera homogénea por la tubería de combustible, sino que en esta predominan condiciones muy complejas.

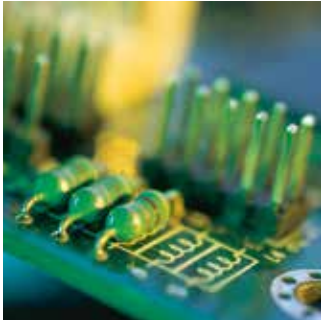


Satisfacción de las demandas del cliente.

Los usuarios finales de motores diésel demandan cada vez más medidores de consumo de combustible.

Si los fabricantes de motores dejan a sus clientes que decidan sobre la medición del consumo, se producen repetidamente distintas opiniones acerca del tipo de medición y la interpretación de los datos.

Por el contrario, cuando el fabricante de motores integra el medidor de consumo de combustible, puede adaptarlos a sus motores de forma óptima.



Gestión de motores.

Los usuarios de grandes motores diésel desean saber cuál es el consumo de combustible o el consumo de combustible específico (SFOC = Specific Fuel Oil Consumption) de las distintas potencias de los motores. Ambos valores deben ser indicados por los fabricantes de motores.

Cualquier desviación es un indicador de un ajuste del motor inadecuado. Si no se ofrecen mediciones fiables, estimar estos valores se convierte en una adivinanza. Los medidores de consumo de combustible KRAL indican el consumo mediante las unidades electrónicas KRAL, información que se utiliza para la gestión de los motores.



Sistemas de combustible dual.

Los operadores de centrales eléctricas compran los tipos de combustibles más económicos o que se encuentran disponibles, por lo que los motores diésel modernos pueden ser utilizados con combustibles de distintas calidades.

Los buques de alta mar navegan con diésel pesado (HFO) y, en determinadas regiones, deben cambiar a diésel marino (MGO o MDO).

La viscosidad influye mínimamente en el principio de medición de los caudalímetros KRAL. Son igual de fiables con diésel marino y diésel pesado, a pesar de las enormes diferencias que existen en la temperatura de funcionamiento cuando se usa uno y otro tipo. Las unidades electrónicas KRAL tienen en cuenta las distintas temperaturas cuando se desea una temperatura de referencia. El medidor de consumo de combustible KRAL mide todos los combustibles líquidos para grandes motores diésel.



Resultados de las mediciones para I+D.

Dos de los objetivos del desarrollo de motores son la reducción de las emisiones y la disminución del consumo de combustible. Para cumplirlos, se toman medidas que afectan al motor y sus componentes. De esta forma puede optimizarse, por ejemplo, la cámara de combustión o el turbocompresor.

La eficacia de la mejora del consumo de combustible puede demostrarse con gran precisión con los medidores de consumo de combustible KRAL.



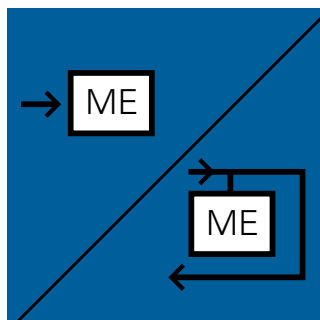
Sistemas para varios motores.

KRAL ofrece soluciones óptimas para medir el consumo de combustible de varios motores.

Los medidores de consumo de combustible KRAL pueden medir hasta 32 motores. Los valores medidos pueden facilitarse para la recopilación de datos por parte del cliente y mostrarse en una pantalla central de KRAL.

Gran precisión de medición del sistema.

Los caudalímetros KRAL son la base de la máxima precisión de los sistemas.



Caudalímetros precisos KRAL.

Los centros de calibrado y ensayos consideran que los caudalímetros KRAL son los medidores de desplazamientos para aplicaciones industriales con mayor precisión debido a su precisión de medición de $\pm 0,1\%$, reproducibilidad del $0,01\%$ y rango de medición de hasta 100:1. Las mediciones se producen con independencia del sentido del caudal. Estas características exclusivas los hacen ideales para la medición del consumo de combustible.

Algunos proveedores de sistemas solo describen su electrónica y no los caudalímetros. En KRAL estamos convencidos de que es importante contar con instrumentos de medición precisos, ya que la información que ofrecen sirve para la electrónica.

Medición monofásica y medición diferencial.

La precisión de las mediciones de los medidores de consumo de combustible KRAL está determinada por el número de caudalímetros KRAL. Si solo es necesario un equipo por motor, puede aprovecharse al máximo la gran precisión de los caudalímetros KRAL. Si se necesitan dos equipos, la precisión de medición del sistema se ve reducida conforme a la propagación de errores de Gauss.

Un caudalímetro KRAL es suficiente cuando el suministro de combustible se ramifica en una tubería circular después del tanque. Dos caudalímetros son necesarios cuando la tubería de retorno va directamente al tanque o se mide cualquier motor de un sistema con varios motores.

Errores de medición* en la medición diferencial.

Ralentí.		Plena carga.	
Medidor individual.	Sistema.	Medidor individual.	Sistema.
0,1 %	2,2 %	0,1 %	0,4 %
0,3 %	6,2 %	0,3 %	1,0 %
0,5 %	10,3 %	0,5 %	1,8 %
1,0 %	20,5 %	1,0 %	3,6 %
3,0 %	61,0 %	3,0 %	10,8 %

*KRAL (en rojo) Otros (en negro)

Gran precisión de medición del sistema.

Si un valor de medición se calcula a partir de varios valores medidos, los posibles errores de las distintas mediciones se propagan según la ley de propagación de errores de Gauss. En la tabla se muestra el error de medición de un sistema que depende de la precisión de un único aparato de medición. Los valores de la tabla se han calculado siguiendo la ley de propagación de errores teniendo en cuenta las dos condiciones del motor: «ralentí» y «plena carga».

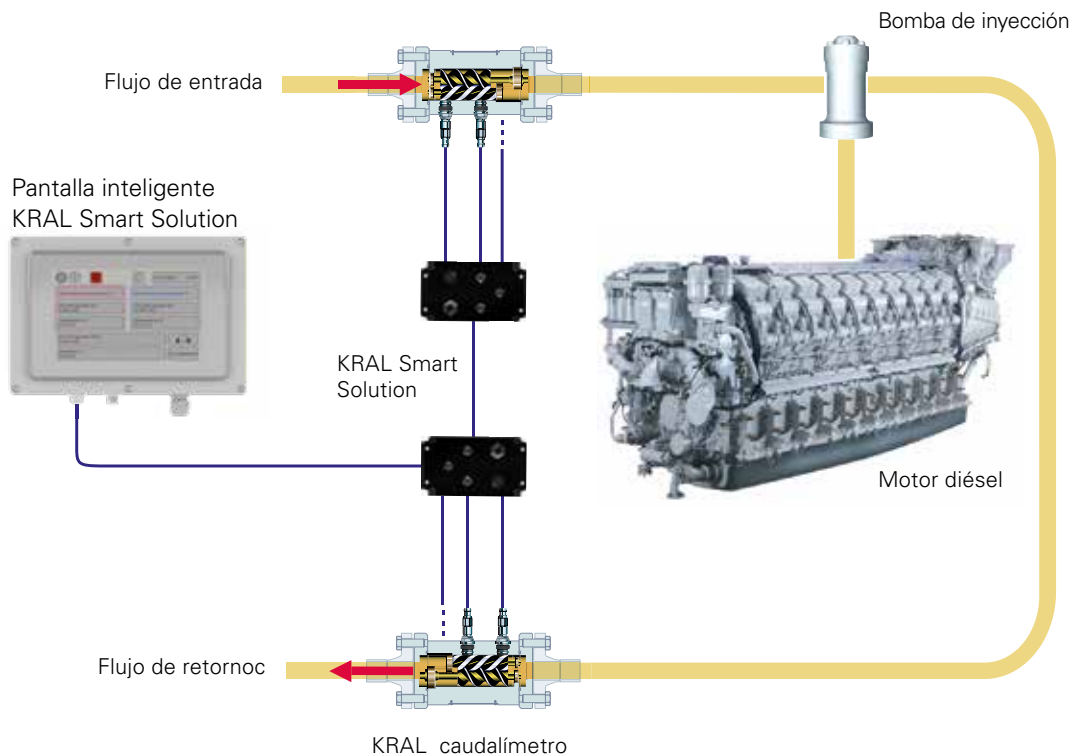
Los resultados del cálculo demuestran que el error matemático del sistema aumenta considerablemente con la más mínima pérdida de precisión del equipo de

medición. Los caudalímetros con una precisión de medición de más del $0,5\%$ no son adecuados para medir el consumo en motores que también trabajan a ralentí. Un error del sistema del $10,3\%$ no merece inversión alguna.

Por el contrario, los caudalímetros KRAL consiguen la mejor precisión del sistema tanto a ralentí como a plena carga gracias a su gran precisión de medición del $0,1\%$.

Elija KRAL. ¡Solo los caudalímetros KRAL de gran precisión garantizan la precisión de medición del sistema necesaria en la práctica!

La solución ejemplificada con un caudalímetro KRAL con la pantalla inteligente KRAL Smart Solution.



Un sistema completo de la mano de un solo proveedor.

La ventaja del principio de los ejes helicoidales es su resistencia a las vibraciones. No se produce ninguna pérdida de precisión.

Caudalímetros de gran precisión.

Gracias a su gran precisión de medición del $\pm 0,1\%$, los caudalímetros KRAL garantizan una gran precisión de medición del sistema de hasta $\pm 0,4\%$ a plena carga. La precisión del sistema aumenta con la ratio de circulación.

Mediciones independientes del sentido.

Para detectar el sentido del caudal, además del sensor de flujo, es necesario un sensor del sentido de la circulación. Solo de esta forma se obtienen valores de consumo correctos.

Mediciones durante las pulsaciones de presión.

Las bombas de inyección generan pulsaciones de presión en las tuberías de combustible de baja presión. Como consecuencia se producen cambios breves en el sentido de flujo del combustible. Los caudalímetros KRAL miden en los dos sentidos de flujo. El flujo de retorno se detecta correctamente y se tiene en cuenta a la hora de generar los valores medidos. El resultado es un valor altamente preciso con errores corregidos.

Datos de medición con errores corregidos.

Compensación de temperatura.

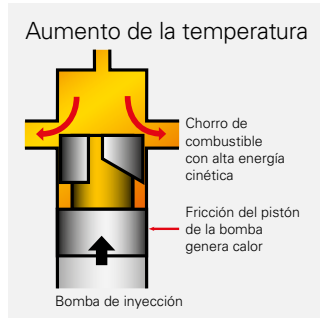


Tabla de densidad de los combustibles (DIN 51757, proceso B).

T	$\rho_{LFO}(T)$	$\rho_{HFO}(T)$	Errores rel. LFO	Errores rel. HFO
[°C]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[%]	[%]
20	906,5	976,3	0,0	3,2
40	892,6	961,3	-1,5	1,6
60	878,6	946,2	-3,1	0,0
80	864,4	930,9	-4,6	-1,6
100	850,2	915,6	-6,2	-3,2
120	835,9	900,2	-7,8	-4,9

Diferencias de temperatura entre el caudal de avance y de retorno.

Si no se tiene en cuenta la diferencia de temperatura existente entre la tubería de combustible de avance y la de retorno, el valor de medición será incorrecto.

En la mayoría de los sistemas de motores diésel, el sistema de combustible de baja presión se ejecuta en una tubería circular. De esta forma se garantiza el suministro de suficiente combustible, aunque se produzcan cambios rápidos en la carga de los motores. Además, las tuberías se purgan para garantizar que se inyecta combustible sin gases.

La energía cinética del combustible de retorno al detener los pistones de la bomba de

inyección, la fricción de los pistones de la bomba de inyección y el calor irradiado por el motor son las causas del aumento de la temperatura del combustible de retorno.

En la práctica es habitual que se produzcan diferencias de temperatura de hasta 30 °C. El combustible se expande con el incremento de la temperatura. El volumen cambia.

Los medidores de consumo de combustible KRAL miden la temperatura de avance y retorno. La compensación de temperatura garantiza que la diferencia entre la cantidad de avance y de retorno sea calculada a la misma temperatura. Es la única forma de conseguir la máxima precisión de medición.

Efectos muy importantes.

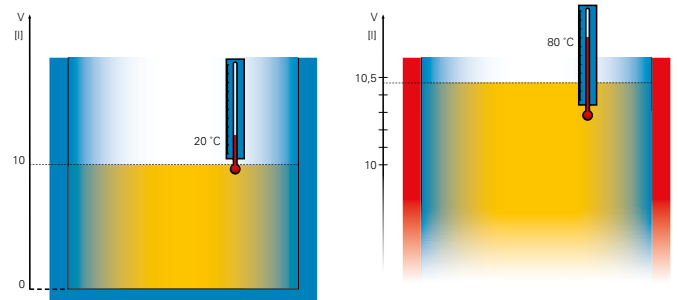
Las diferencias de temperatura influyen de manera considerable en la precisión de medición de todo el sistema.

En la tabla de densidades se muestra que la densidad del combustible disminuye aproximadamente el 1,5 % con cada aumento de la temperatura en 20 °C. En una instalación de LFO con una diferencia de temperatura de 40 °C, supone aproximadamente el -3,1 %. Según la propagación de errores de Gauss se produce un error del

8,5 % en la medición diferencial de todo el sistema. Sin embargo, en las instalaciones de HFO, a pesar del calentamiento previo del combustible en el módulo de impulsión, se produce una diferencia de temperatura de 20 °C y una diferencia de densidad de aproximadamente el -1,6 %. Esto resulta en un error del sistema del 5 %.

Para obtener mediciones precisas son necesarios los caudalímetros de gran precisión KRAL con compensación de temperatura.

Aumento del volumen dependiente de la temperatura.



Compensación de las pulsaciones de presión.

Variaciones de la velocidad de flujo.

El combustible no circula tranquilamente por las tuberías. Presenta pulsaciones e incluso puede cambiar brevemente su sentido. Si no se tiene en cuenta este efecto, el valor de medición del consumo será incorrecto.

Las bombas de inyección son la causa de las pulsaciones de presión. Con su movimiento ascendente, el pistón de las bombas comprime el volumen existente por encima de él. El combustible es comprimido en la cámara de presión con una presión de inyección de hasta 1500 bar aproximadamente. El final de la inyec-

ción se alcanza cuando la posición de control del pistón de la bomba vuelve a abrir la tubería de combustible. Posteriormente se vuelve a lanzar un chorro de combustible con una gran presión a la tubería de combustible. Como consecuencia se forma una onda expansiva en las tuberías de alimentación y retroceso. El combustible aumenta su velocidad.

Los ejes de medición de alta precisión de los caudalímetros KRAL siguen rápidamente los cambios en la velocidad del combustible.

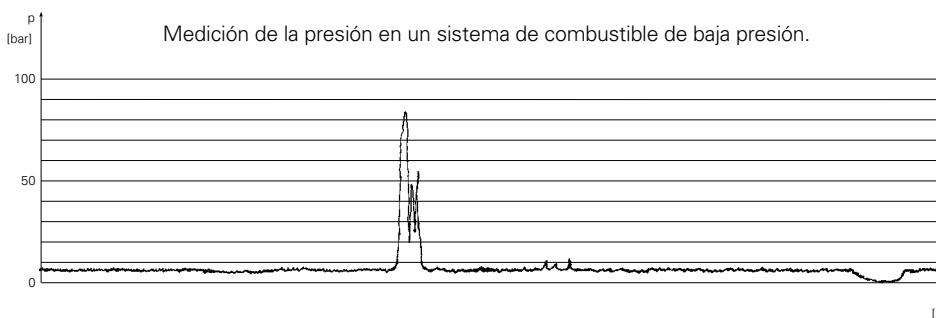
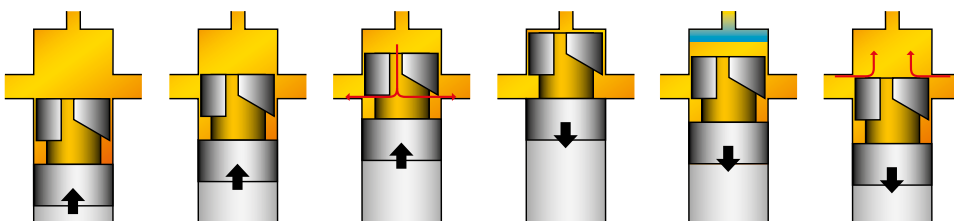
Cambio del sentido de flujo.

En su movimiento ascendente, el pistón de la bomba succiona la columna de fluido. De esa forma se genera una presión negativa.

Cuando, con su movimiento ascendente, el pistón de la bomba abre de nuevo la tubería de combustible, la cámara de presión se llena rápidamente de combustible gracias a la presión negativa. El combustible de entrada acelera el proceso y reduce el retorno. En la tubería de retorno se puede producir un

cambio en el sentido de flujo. Los caudalímetros KRAL miden en los dos sentidos. Con un segundo sensor es posible detectar la dirección de giro de los ejes y, por tanto, el sentido de flujo. Para medir con precisión un pequeño volumen del flujo de retorno son necesarios medidores de alta precisión. Los caudalímetros KRAL realizan mediciones correctas y precisas.

Pistones de la bomba de inyección.



Variantes del sistema.

Medición por línea y medición diferencial.

Medición por línea.

En los casos más sencillos se puede instalar un caudalímetro antes del tanque de mezcla. Hay que tener en cuenta que, en ese caso, los medidores de consumo de combustible KRAL solo miden el fluido que se encuentra en el tanque de mezcla tras su llenado. La medición y la información del consumo de combustible no tienen lugar en tiempo real. Sin embargo, el consumo de combustible de un periodo de medición más largo es muy preciso. Cuando se suministra combustible desde el tanque de mezcla a varios motores, la medición del consumo de combustible no se refiere a

los motores individuales. Lo que se mide es el consumo de combustible total de todos los motores.

La ventaja de este tipo de instalación es su precio económico del sistema y las moderadas condiciones de funcionamiento. El sistema resulta ventajoso porque solo se necesita un caudalímetro KRAL y una unidad de análisis y visualización.

La precisión de medición del sistema con un caudalímetro KRAL es mejor que con la medición diferencial.

Medición diferencial.

En la mayoría de los motores, el caudal de retorno de la tubería circular de combustible retorna al tanque. La cantidad de caudal que supera el consumo de combustible depende de la ratio de circulación. Esta determina el volumen que circula en relación con el consumo de combustible. A plena carga del motor, el valor habitual es 3,5. Eso significa que circula un volumen de combustible 3,5 veces mayor al que necesita el motor.

Para obtener mediciones precisas deben instalarse sendos contadores en las tuberías de avance y de retorno. Se necesitan dos caudalímetros KRAL por motor. El consumo de combustible se obtiene de la diferencia entre el volumen

de avance y el de retorno. Esta diferencia se calcula en las unidades de análisis KRAL. La compensación de las pulsaciones de presión se controla con el compensador de pulsaciones de presión KRAL. El compensador de temperatura KRAL tiene en cuenta la diferencia de temperatura entre el caudal de avance y el de retorno. De esta forma se garantizan valores de medición de gran precisión con corrección de errores. La ventaja de este tipo de instalación es una medición del consumo correcta y muy rápida. El valor medido está disponible de inmediato en tiempo real.





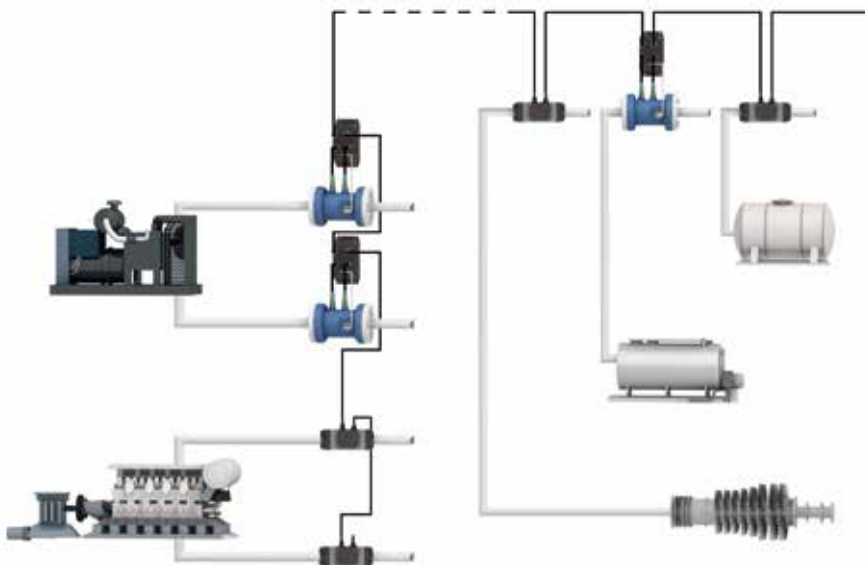
Foto: MAN AG.

Sistemas para varios motores.

A menudo, los buques, las centrales eléctricas y las locomotoras de diésel tienen varios motores. Para controlar el consumo de combustible total, los operadores demandan medidores de consumo de combustible capaces de medir varios motores. Con frecuencia se solicita poder visualizar en una pantalla la información relativa a todos los valores de medición de combustible. La medición del consumo de combustible de un motor en una instalación con varios motores puede llevarse a cabo como medición por línea o medición diferencial. En la imagen se muestra

como ejemplo una instalación con 3 motores y 3 sistemas de medición diferencial.

En la pantalla inteligente KRAL Smart Solution se visualizan los valores de consumo de cada motor. KRAL Smart Solution puede mostrar el consumo de hasta 32 motores. Las unidades electrónicas KRAL son compatibles con distintos sistemas de bus. De esta forma, también es posible integrar complejos medidores de consumo de combustible KRAL en los equipos existentes a bordo y en la sala de control.



Sistemas optimizados y económicos para embarcaciones fluviales.

El aumento de los precios del combustible obliga a ahorrar.

Cómo reducir los precios del combustible con tecnologías KRAL.

Mientras que las tarifas de flete se han mantenido prácticamente sin cambios a lo largo del año, el precio del combustible sube incesantemente. Por ello han de aprovecharse todas las posibilidades de ahorrar combustible para que el negocio también resulte rentable.

Comprobación de la información de los fabricantes.

Al invertir en una embarcación fluvial se suele tener en cuenta el consumo de combustible garantizado del motor. Los precios del combustible superan rápidamente el precio del motor.

El sistema electrónico del motor muestra un consumo de combustible que se calcula a partir del número de concentradores de inyección y el volumen de las inyecciones. El volumen de las inyecciones puede variar. Una inyección media solo ofrece un valor orientativo del consumo de combustible. En KRAL hemos medido desviaciones del consumo real de hasta el



20 %. Los medidores de consumo de combustible KRAL miden el caudal real directamente en la tubería de combustible.

Los caudalímetros KRAL tienen una precisión del 0,1 %. En la tabla de errores de medición de la página 6 se indica que a esta categoría de precisión le corresponde un error de tan solo el 0,4 % a plena carga. Los valores garantizados por los fabricantes pueden contrastarse con datos de medición precisos.

¿Para qué tanta prisa?

Llegar al puerto de destino antes de la fecha acordada sirve de poco en la mayoría de los casos, ya que el muelle suele estar ocupado. Y casi nunca hay que navegar a toda máquina. A mayor velocidad aumenta el consumo desproporcionadamente. En la tabla de ahorro de combustible de la página 3 se muestra que la mínima reducción de velocidad permite ahorrar una cantidad significativa de combustible.

Los capitanes se siguen sorprendiendo de que los medidores de consumo de combustible KRAL muestren un consumo distinto inmediatamente tras accionar el regulador de velocidad.

Posición favorable en el río.

La resistencia al avance depende de un gran número de factores, como las corrientes y la profundidad del agua. Gracias a los medidores de consumo de combustible KRAL se puede encontrar la mejor posición en el río con el menor consumo de combustible.

Los medidores de consumo de combustible KRAL ofrecen numerosas posibilidades de ahorro. Los transportistas fluviales afirman que el sistema se amortiza en menos de un año, una inversión que merece la pena.



Información en el puente de mando y en la sala de máquinas.

Para navegar de manera económica, basta con tener información sobre el consumo de combustible en el puente de mando. A la hora de inspeccionar los motores y buscar errores, los ingenieros de a bordo utilizan el valor del consumo de combustible como indicador de una configuración óptima del motor. Los medidores de consumo de combustible KRAL, además del valor del consumo, también muestran la temperatura del combustible. Por ello, el hecho de obtener información adicional en la sala de máquinas siempre resulta útil.

Las unidades electrónicas KRAL pueden instalarse tanto en el puente de mando como en la sala de máquinas.

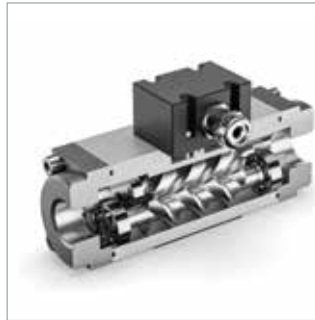


Soluciones de sistemas optimizadas.

A diferencia de los buques de alta mar, las embarcaciones fluviales navegan con diésel marino (MDO). El combustible es mucho más limpio que el diésel pesado y no tiene que calentarse previamente.

En condiciones de funcionamiento tan buenas, los rentables caudalímetros KRAL de la serie OME van a la perfección con la pantalla inteligente KRAL Smart Solution.

Esta aprovecha todas las ventajas que ofrecen los caudalímetros KRAL y ofrece todas las funciones necesarias para la medición diferencial, incluidas la compensación de temperatura y de las pulsaciones de presión.



Ventajas de los caudalímetros KRAL.

Los caudalímetros KRAL miden valores de flujo de forma muy sencilla. El principio de funcionamiento de los caudalímetros mecánicos KRAL resulta una ventaja en las complejas condiciones del sistema de combustible.

El volumen de los tanques y el consumo de combustible se indican en la unidad de volumen «litros». Las tecnologías de medición aspiran siempre a utilizar instrumentos de medición que calculen los valores directamente sin conversión. Los caudalímetros KRAL son medidores de desplazamiento giratorios. Los valores son medidos directamente sin conversión.



Caudalímetro OMP con Smart Solution.

El sencillo y fiable principio de medición requiere la máxima precisión de fabricación. Los deslizamientos y la fricción pueden causar errores de medición en los medidores de desplazamiento. KRAL ha conseguido reducir al máximo estas fuentes de error con los más modernos procesos de fabricación. Los centros nacionales de calibrado y ensayos consideran que los caudalímetros KRAL son los medidores de desplazamiento más precisos del mercado. Las tecnologías de medición dan muestras de su precisión con valores altamente precisos en un amplio rango de medición con la mínima pérdida de presión.

Embarcaciones pesqueras: ahorro de combustible incluso a toda máquina.

Aumento de los beneficios a pesar de unos precios más elevados del combustible.



La lucha diaria de los pescadores por sobrevivir.

La rentabilidad de las empresas pesqueras está en peligro a consecuencia de la normativa sobre las cuotas de pesca y la subida de los precios del combustible.

Muchos pescadores pueden ahorrar combustible con una navegación cuidadosa. Desgraciadamente, algunas empresas pesqueras ya han invertidos en sistemas sencillos. Sin embargo, estos sistemas conocidos en el ámbito de las actividades de ocio no realizan mediciones precisas en la mayoría de los casos. A falta de precisión de las mediciones, solo puede estimarse el consumo. Asimismo, una instalación inadecuada afecta a la precisión de las mediciones y puede incluso causar fallos.

KRAL ofrece una tecnología industrial de medición de gran precisión y ayuda a instalarla en caso necesario.



Ahorro de combustible en la navegación hacia las zonas de pesca.

Un ejemplo práctico: Un buque navega a 12 millas por hora (22,2 km/h) con un consumo de combustible de 330 l/h hacia zonas de pesca. El sistema KRAL permite comparar el consumo de combustible con las revoluciones del motor. De esta forma, se calcula la velocidad óptima. Una reducción de 0,5 millas por hora supone una disminución del consumo de combustible de 30 l/h hasta los 300 l/h. La navegación se prolonga solo 5 minutos por hora. Sin embargo, el ahorro de combustible es del 10 %. Eso es mucho dinero.

Ahorro de combustible durante la pesca.

Durante la pesca, la embarcación captura los bancos de peces a alta velocidad. Se sabe que a más revoluciones del motor, mayor es el consumo. El capitán observa el indicador de combustible KRAL y reduce las revoluciones del motor hasta que el velocímetro reacciona. A continuación aparece un valor de consumo claramente inferior. De esta forma se reduce aproximadamente el 1,5 % de combustible.

Para poder apreciar esta mínima disminución – aunque suma rápidamente–, se necesitan aparatos precisos como los caudalímetros KRAL.

Amortización increíblemente rápida.

A menudo se opta por sistemas de medición del consumo del ámbito de las actividades de ocio por motivos económicos. Pero esta inversión no es rentable y se acaba lamentando su adquisición cuando los valores de las mediciones resultan inútiles.

Un pescador que se ha decantado por el sistema KRAL realiza los siguientes cálculos. El consumo de combustible semanal es de aproximadamente 36 000 litros de diésel. Una reducción del 1,5 % del combustible significa 540 litros por semana. Los medidores de consumo KRAL se amortizan en tan solo 1,5 años.

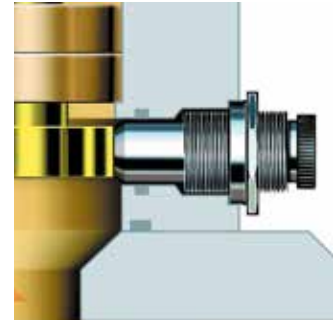
Los distintos modelos de los sistemas KRAL.



Serie OME.



Serie OMP.



Pantalla inteligente Smart Solution.

- Análisis de las señales de 2 sensores para detectar el sentido de flujo.
- Compensación de la temperatura y de las pulsaciones de presión.
- Conversión de medidas.
- Instalación sencilla con solo un cable.
- Aprovechamiento de toda la capacidad de los caudalímetros KRAL.
- Componentes electrónicos de calidad y algoritmos de análisis.
- Información clara fácilmente legible.
- Selección de hasta 4 idiomas.
- Posibilidades de configuración definidas por el usuario.

Dos series para satisfacer las distintas necesidades.

Con el fin de adaptarse a las diferentes circunstancias, KRAL ha desarrollado las series OME y OMP.

Para las embarcaciones pesqueras es suficiente en la mayoría de los casos con la serie OME. La E significa «económico». La serie OME es más económica y dispone de carcasas de aluminio. La serie OME está limitada a temperaturas de 125 °C, presiones de 40 bar y un caudal máximo de 525 l/min, por lo que es ideal para los motores de las embarcaciones pesqueras. La precisión es muy alta. En la serie OME es del $\pm 0,1$ % en el amplio rango de medición del 100:1, al igual

que en la serie OMP. Por ello, los caudalímetros KRAL de la serie OMP se utilizan principalmente cuando las condiciones de funcionamiento son muy difíciles, por ejemplo, cuando las pulsaciones de presión son elevadas en las tuberías de combustible y con temperaturas de 200 °C. En el caso del diésel pesado, KRAL recomienda la serie OMP con rodamientos híbridos.

Sensores.

Para cada medidor se obtiene la señal del caudal con un sensor de flujo. Un segundo sensor instalado en cada caudalímetro detecta el flujo de retorno, que es impulsado por las pulsaciones de presión de las bombas de inyección.

Los caudalímetros KRAL están preparados para incluir un sensor de temperatura. La temperatura del combustible es necesaria para la compensación de la temperatura.

Yates: operación más eficiente y cuidadosa de motores.

El motor siempre bajo control, independientemente de la velocidad.

Menos carga = menor consumo.

Los yates tienen la ventaja de deslizarse por sobre el agua a partir de una cierta velocidad. Por tanto, la resistencia del agua es menor. En la gráfica se muestra este efecto de ahorro de combustible.

Con los medidores de consumo de combustible KRAL se puede alcanzar fácilmente el mínimo de la curva de consumo.

Reducción de los costes de mantenimiento.

El consumo de combustible es un importante indicador del estado del motor. Con los medidores de consumo de combustible KRAL tener que jugar a las adivinanzas para conocer el rendimiento del motor y el consumo de combustible son cosas del pasado. Gracias al fiable sistema de medición KRAL es posible detectar un aumento del consumo de combustible.



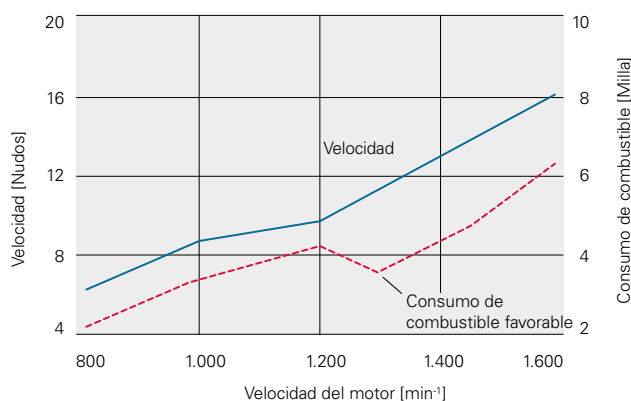
Integración en la electrónica de a bordo.

KRAL ofrece unidades electrónicas compatibles con una amplia variedad de conexiones de comunicación estándares, por ejemplo, los sistemas de bus como Modbus. Principalmente el valor

de consumo, aunque también otros valores de medición como la temperatura y el volumen de combustible de avance y retorno, pueden ser transmitidos al puente de mando con electrónica de a bordo existente.



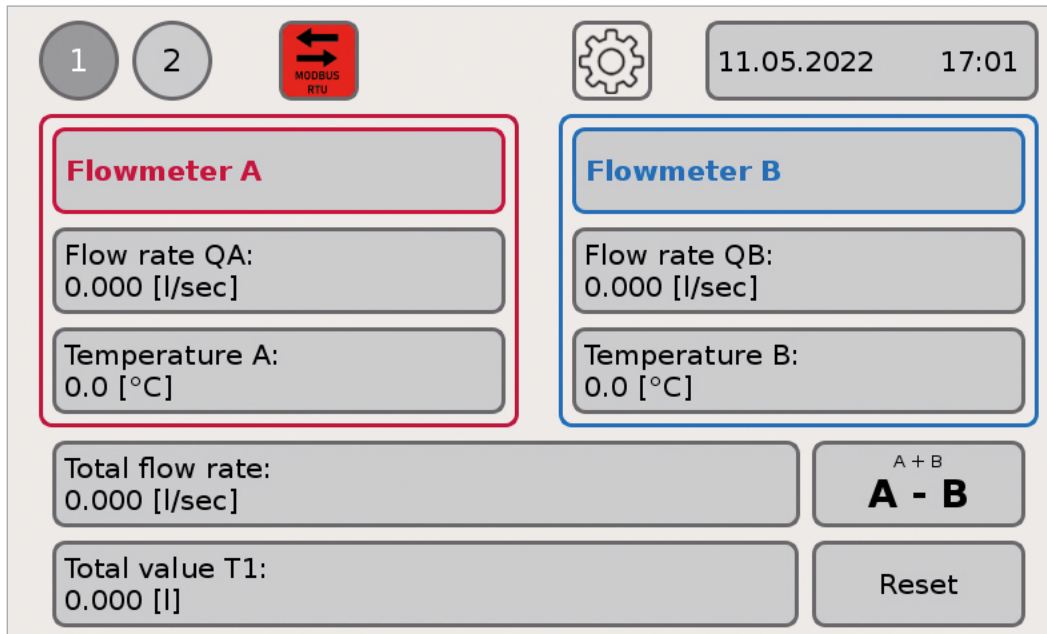
Caudalímetro KRAL instalado en el compartimento del motor de un yate.



Necesidad de poco espacio.

El espacio disponible para instalar componentes adicionales en la sala de máquinas de un yate es muy limitado. Los caudalímetros KRAL tienen un diseño muy compacto. Como medidores de desplazamiento, no necesitan ningún tramo de estabilización después de los codos de los tubos o las piezas en T. Las pequeñas dimensiones del equipo se corresponden con el corto tramo de medición necesario.

Un sistema flexible para la gestión de motores.



Apoyo útil gracias a información precisa.

Todas las unidades electrónicas KRAL están concebidas especialmente para trabajar con los medidores de consumo de combustible. Ofrecen con precisión la información que el usuario necesita para manejar de forma económica y cuidadosa los motores.

El ejemplo muestra la información que aparece en de la pantalla inteligente KRAL Smart Solution. El caudal Q muestra el consumo de combustible y la unidad. El dato «A-B» señala la medición diferencial entre el caudal de avance y el de retorno. La unidad puede seleccionarse de entre una gran variedad

de unidades de los sistemas internacional, británico y estadounidense. La comparación del consumo de combustible con los valores de mantenimiento indicados por el fabricante lo deja todo claro: Si el consumo de combustible es superior al esperado, eso significa que los ajustes del motor no son adecuados, por lo que se recomienda realizar un mantenimiento.

En la pantalla se ofrece información sobre los parámetros de funcionamiento de las tuberías de combustible en el lugar en el que se encuentra instalado el medidor del cau-

dal de avance (caudalímetro A) y el medidor del caudal de retorno (caudalímetro B). QA es el caudal de combustible de avance medido y QB el de retorno. QA indica si la bomba de suministro de combustible inyecta el volumen especificado. Las temperaturas corresponden a las del combustible en las tuberías de avance y retorno. Estos valores también se incluyen en la información del fabricante del motor.

Un capitán declaró a KRAL en una ocasión: «Con el sistema KRAL es como si estuviera instalado un microscopio en la sala de máquinas. La precisión de las mediciones nos ofrece información sobre los motores, que son el corazón del barco».

Nivel elevado de seguridad operativa.

Como medidores de desplazamiento, los caudalímetros KRAL ofrecen la máxima precisión de las mediciones en condiciones operativas complejas. Para evitar atascos provocados por la suciedad de la tubería de combustible, KRAL ofrece un baipás externo de manera opcional.

Unidades múltiples diésel y locomotoras diésel: reducción de los costes operativos.

Diversas soluciones para maquinistas, salas de control e ingenieros ferroviarios.



Conducción con ahorro energético.

Las empresas ferroviarias tienen una enorme demanda energética y buscan formas eficientes de reducir los costes energéticos.

A los maquinistas se les forma para que conduzcan de manera que ahorren energía. La solución más útil es un instrumento de medición que muestre el consumo energético al maquinista. Los contadores eléctricos son cosa sencilla en las locomotoras eléctricas. En el caso de las locomotoras diésel, debe medirse y visualizarse el consumo de combustible.

La medición del consumo de combustible, debido a la complejidad del funcionamiento de los trenes, supone un reto mayor para las tecnologías de medición que la medición de la electricidad en una locomotora eléctrica.

Cálculo del perfil de los trayectos.

Cuando se le ofrece a una región servicios ferroviarios, deben conocerse exactamente los gastos para el cálculo.

Los proveedores adquieren cada vez más conocimientos sobre el coste del funcionamiento de los distintos trayectos. Para ello, los trabajadores ferroviarios calculan el consumo de combustible de determinados tramos. Un tramo de montaña es más costoso de operar que la misma distancia en un terreno llano. KRAL puede registrar los valores de consumo de combustible durante largos periodos. Los valores medidos se transmiten a través de conexiones adecuadas a los equipos electrónicos del operador.

Diferentes rangos de carga.

Sobre todo las locomotoras diésel de transporte de pasajeros paran en un gran número de estaciones. La locomotora se acelera rápidamente, marcha posteriormente con una carga reducida y se dirige a la próxima estación. El perfil de carga del motor rara vez marca que va a toda carga. Lo más frecuente es que vaya a media carga o en ralentí.

Con este tipo de funcionamiento, es muy importante que los distintos equipos de medición de flujo ofrezcan la máxima precisión de medición para mantener una adecuada precisión del sistema. Los equipos de medición de precisión KRAL cumplen este requisito (véase la página 6).

Medidores del consumo económicos, compactos y altamente precisos.



Caudalímetro OME.

El caudalímetro OME compacto mide en los dos sentidos de flujo. Para ello, dispone de una tecnología de sensores que detectan el flujo de retorno provocado por fuertes pulsaciones de los motores. El OME fue diseñado como versión compacta para cumplir los requisitos de poco espacio y condiciones duras, como las existentes, por ejemplo, en las locomotoras. El medidor también incluye un sensor de temperatura PT-100 que compensa el volumen en caso de diferencias de temperaturas en el caudal de avance y en el de retorno.

Visualizador BEA 89.01.

El Smart Solution con pantalla ha sido concebido para calcular y mostrar el consumo de combustible de un motor. Para ello incluye un caudalímetro en la tubería de avance y en la de retorno. Todas las señales, como el caudal, el sentido de flujo y la temperatura de ambos equipos de medición son transmitidas a la pantalla inteligente Smart Solution. De esta forma se calculan algunos datos, como la compensación del volumen mediante la temperatura, el ajuste del flujo de retorno y el consumo (el de avance menos el de retorno). Como señal de partida está a disposición una conexión Modbus (485).

Solución de medición del consumo.

Todos los sensores, las señales, los cálculos y los datos son coordinados de forma óptima en el sistema e interpretados con precisión según las necesidades de la aplicación.

Bancos de pruebas de motores: obtención rápida de datos de medición fiables. Pruebas económicas con los caudalímetros KRAL.

Reducción del tiempo de prueba.

Los medidores de combustible son equipos de medición de gran precisión para bancos de pruebas de motores. Para conseguir la máxima precisión de medición se necesita mucho tiempo para medir con la báscula. Algunos enfoques de medición requieren incluso repetir las mediciones y generar promedios. Los tiempos de medición extensos y la existencia de varios ciclos de medición consumen una gran cantidad de combustible, por lo que las pruebas resultan más costosas. Este es el caso sobre todo cuando se investigan nuevos tipos de combustibles extremadamente caros.

Para una primera estimación no suele ser necesaria esta costosa precisión. La báscula presenta un error de medición de aproximadamente el 0,03 %. Los caudalímetros KRAL consiguen en torno al 0,1 % y, dentro del sistema, no pasan normalmente del 1 % (véase la página 6), y ofrecen de inmediato los valores medidos. La breve duración de las mediciones y una excelente precisión permiten un gran ahorro económico.



Foto: Caterpillar Motoren Rostock GmbH.

Unos costes operativos bajos son un buen argumento de compra para un motor.

La medición del consumo de combustible es un parámetro importante a la hora de usar de manera eficiente los motores. Teniendo en cuenta que, en muchos casos, el dato de consumo forma parte de los contratos, los medidores de consumo de combustible revisten gran importancia.

Los fabricantes de motores utilizan los sistemas KRAL en el campo de las pruebas de desarrollo de motores y en los bancos de pruebas de aceptación. Los caudalímetros KRAL cumplen los más elevados estándares de precisión y reproducibilidad de los valores medidos durante el proceso de aceptación.

Obtención del informe de medición con tan solo un clic.

Solo hay que hacer clic para que se inicien y guarden las mediciones de las pruebas y los informes generados. El informe de aceptación sirve para la evaluación de cuestiones relacionadas con la garantía por parte del usuario y el fabricante del motor.

Los medidores de consumo de combustible KRAL son importantes para documentar las ventajas competitivas en lo que respecta al consumo de combustible y las tecnologías. Ofrecen seguridad desde el principio a la hora de minimizar o descartar posibles reclamaciones de garantía.

Obtención de los primeros valores medidos en cuestión de segundos.

Los caudalímetros KRAL son medidores de desplazamiento. Los dos ejes de medición y la carcasa albergan un volumen de combustible que se conoce con exactitud. En el catálogo de KRAL se encuentra para cada tamaño el volumen que circula por revolución a través del caudalímetro KRAL. El giro de los ejes es registrado por un rotor de polos y un sensor.

En principio, la electrónica solo necesita 2 pulsos para generar los valores medidos. Con 2 pulsos se conoce la parte correspondiente a los giros totales de los ejes y, por tanto, el caudal. Este es el motivo por el cual este sencillo principio de funcionamiento ofrece los valores medidos en el menor tiempo.



Foto: Caterpillar Motoren Rostock GmbH.

Informes de medición de calidad constante.

Para la aceptación de las pruebas en serie es importante que las mediciones del consumo de combustible garanticen los máximos estándares de precisión y reproducibilidad de los valores medidos durante las pruebas.

Los centros nacionales de calibrado y ensayos afirman que los caudalímetros KRAL son los medidores de desplazamiento más precisos. La reproducibilidad de un caudalímetro se sitúa en torno al 0,01 %. La precisión y la reproducibilidad garantizan informes de medición de calidad constante.

Medición del consumo en motores de más de 300 kW.

Gracias a sus 6 tamaños, los caudalímetros KRAL abarcan un gran rango de caudales, que oscilan entre los 0,1 y los 5000 l/min.



Instalaciones y plataformas petrolíferas: diseño de las instalaciones a medida.

Cálculo del combustible adecuado en sistemas con varios motores

Mucho más que un simple medidor de consumo de combustible.

Los equipos de medición del consumo de combustible van desde sistemas económicos para actividades de ocio hasta soluciones profesionales. Los sistemas profesionales destacan por sus robustos componentes, su gran precisión de medición y sus interfaces de datos en línea con los estándares del sector. Solo algunos fabricantes ofrecen sistemas que miden e indican el consumo de varios motores, y permiten transmitir los valores medidos. En el caso de las instalaciones con varios motores, KRAL GmbH es líder de mercado.

Los sistemas KRAL para varios motores miden hasta 32 motores. La integración de los caudalímetros KRAL para obtener otra información de medida distinta a la medición del consumo de combustible

no tiene parangón. Un ejemplo típico que resulta muy útil es la integración de un medidor de repostaje. El medidor de repostaje KRAL mide el combustible repostado. Conocer el combustible repostado, el consumo de cada uno de los motores y el consumo total de la instalación permite calcular el combustible. Cuestiones importantes como si se ha repostado más cantidad de la necesaria, si todos los motores tienen un funcionamiento rentable o si el consumo de combustible de toda la instalación se corresponde con la rentabilidad calculada inicialmente son respondidas de forma clara.



Proyectos.

Ningún sistema con varios motores es igual que otro. Los analistas de sistemas de KRAL hablan con los clientes sobre la instalación de combustible al completo. Tras el análisis, KRAL presenta sus propuestas de diseño de la instalación y del enfoque de medición.

En caso necesario, KRAL ayuda con la instalación y la puesta en marcha. Si se desea, KRAL también forma al personal del operador.

Únicos y flexibles.

Los caudalímetros KRAL ofrecen una gran precisión. Las unidades electrónicas KRAL están diseñadas especialmente para trabajar con los caudalímetros. La tecnología única, junto con los especialistas en medición de KRAL, son la base del éxito de los proyectos.

Gracias a estas características, KRAL goza de una posición privilegiada en el mercado.

¿Qué es el KRAL Smart Solution?

El Smart Solution es una compacta unidad electrónica de análisis a la que se conecta un caudalímetro KRAL. El Smart Solution procesa las señales que genera el caudalímetro KRAL gracias a sus sensores integrados para obtener los valores medidos, los cuales son transmitidos por Modbus.

Es posible conectar en serie hasta 32 unidades electrónicas Smart Solution. Ello permite ahorrar en el cableado y en la instalación en comparación con los equipos de medición convencionales.

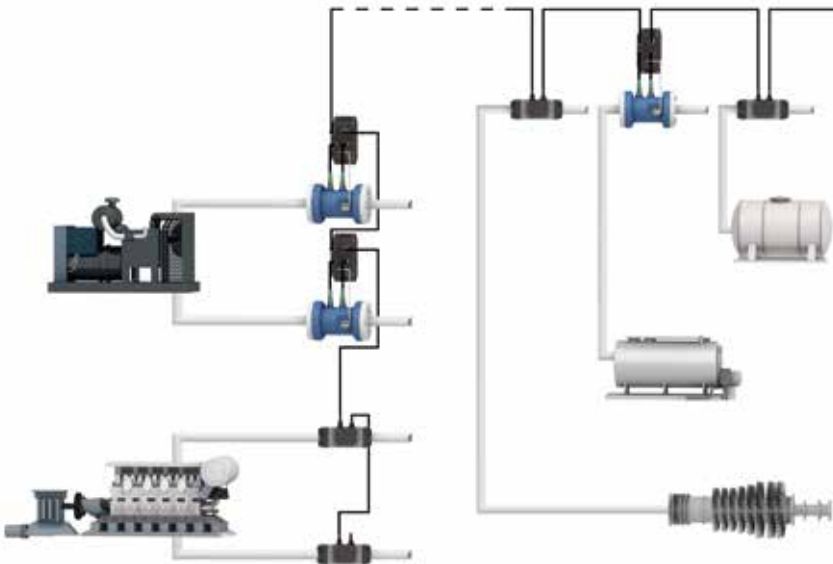
Características del Smart Solution.

- Combinación personalizada de medición por línea y medición diferencial.
- Cálculo de la compensación de volumen con medidores de temperatura.
- Detección y corrección del retroceso del caudal y del flujo de retorno (provocado por las pulsaciones de los motores).
- Hasta 32 caudalímetros en un cable Modbus.
- Procesamiento de los datos de los indicadores de rendimiento y funcionamiento.

Grandes ventajas que permiten un importante ahorro económico.

Las ventajas de los sistemas KRAL para varios motores son claras:

- Los motores se utilizan de manera rentable en el punto de funcionamiento óptimo con el menor consumo de combustible específico.
- Un consumo mayor al valor especificado indica que el motor necesita mantenimiento.
- Es posible detectar el robo de combustible comparando el volumen del tanque con el consumo.



Navegación en alta mar segura y rentable.

Funcionamiento lucrativo a pesar del aumento de los precios del petróleo y de normas más estrictas sobre las emisiones.

Coordinación óptima de velocidad y consumo.

Las navieras que han introducido una política de reducción de la velocidad de sus buques de alta mar ahorran aproximadamente el 10 % de combustible. La magnitud es impresionante y muestra el enorme potencial de ahorro.

Una naviera grande con una flota de 80 buques necesita al año unos 1,6 millones de toneladas de diésel marino. Un 6 % de ahorro supone 96 000 toneladas. A un precio de 400 USD la tonelada de IFO 380, ello supone unos 40 millones de USD. Los medidores de consumo de combustible KRAL pueden ayudar a conseguir este ahorro. Los sistemas KRAL para los 80 buques se amortizan en un mes.



Reducción de las emisiones.

Para que los motores funcionen de forma eficiente con bajas emisiones es necesario contar con sistemas electrónicos de control.

Los principales fabricantes de motores y proveedores de controles de motores utilizan el sensor de consumo de combustible KRAL. Gracias a la precisión de los valores medidos calculan el consumo de combustible (Fuel Conversion Efficiency=FCE).

Medición de distintos tipos de combustible.

Los buques de alta mar navegan en zonas de control de emisiones de SOx con diésel marino. En estas áreas protegidas se aplican límites de contenido de azufre más estrictos. Estos límites no se alcanzan si se navega con fueloil pesado. Por ello se transforma en diésel marino en un proceso de mezcla durante horas.

Los caudalímetros KRAL son capaces de medir con independencia de la viscosidad del combustible. Esto hace que los sistemas KRAL sean aptos para el fueloil pesado, el diésel marino y las distintas etapas de mezcla entre ambos.

Funcionamiento seguro con diésel pesado.

Los astilleros y navieras se siguen sorprendiendo de que KRAL ofrezca sistemas de medición de diésel pesado, ya que todavía sigue muy extendida la idea de que los equipos de medición precisos no resisten las altas temperaturas ni los componentes abrasivos del diésel pesado.

KRAL goza de una vasta experiencia en bombas de diésel pesado y caudalímetros. Se trata de tecnologías establecidas y probadas desde hace mucho tiempo.

Mediciones precisas de diésel pesado.

Otros proveedores de sistemas de medición del consumo de combustible se promocionan principalmente con bonitas pantallas electrónicas. A menudo ni hablan de los caudalímetros que miden el combustible. Pero para que las mediciones sean útiles, el componente esencial no es la pantalla electrónica, sino el caudalímetro.

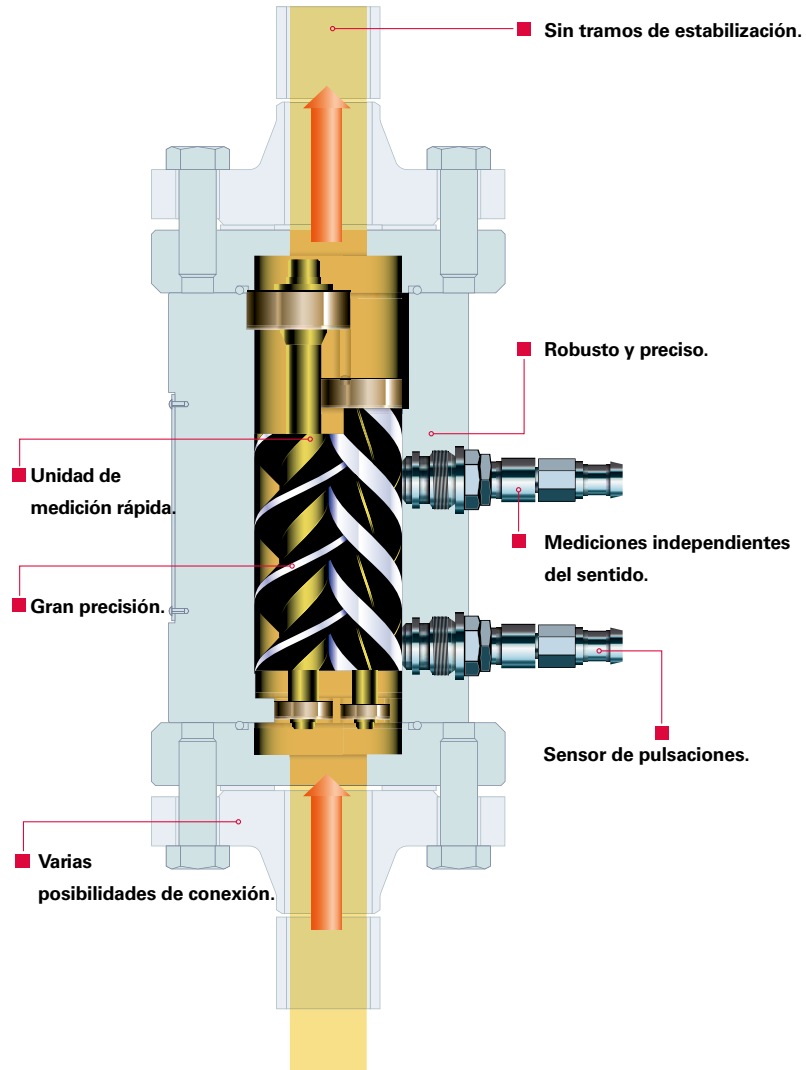
La carcasa de los caudalímetros KRAL está fabricada en fundición dúctil apta para el diésel pesado. Los ejes de acero son nitrados. Caudalímetros KRAL, disponen de rodamientos de acero en versión estándar o híbridos con bolas de cerámica en aplicaciones de HFO si se así se requiere. En principio, los caudalímetros KRAL se instalan detrás del filtro del módulo propulsor. Este filtrado protege las bombas de inyección y, por tanto, los caudalímetros.

Compensación de temperatura.

Cuando el diésel pesado se calienta previamente, se producen diferencias de temperatura entre el caudal de avance y el de retorno. Gracias a la compensación de la temperatura se tienen en cuenta las diferencias de temperatura a la hora de generar los valores medidos (véase la página 8). La compensación de temperatura es una función de las unidades electrónicas KRAL.

Cámara de medición de gran precisión.

KRAL cuenta con una amplia experiencia en la fabricación de ejes. Los ejes son piezas de alta precisión. Son la base de la medición del combustible altamente precisa.



Compensación de las pulsaciones de presión.

Las bombas de inyección generan pulsaciones de presión en las tuberías de combustible que pueden provocar un cambio en el sentido de flujo (véase la página 9). Con el sensor del sentido de flujo se emite una segunda señal sobre la rotación del eje al

sensor del caudal.

A partir de la diferencia de fases, la unidad electrónica KRAL identifica el sentido de giro de los ejes. Los caudales que circulan en sentido contrario son medidos correctamente e incluidos de forma precisa para generar el valor de consumo.

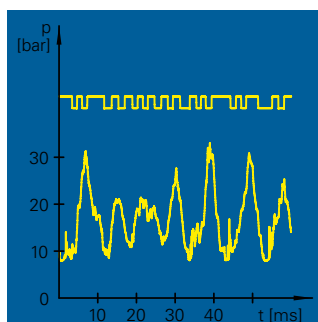
Instalaciones de generación de electricidad: gran eficiencia energética del combustible.

Control de los costes operativos gracias a la generación propia de electricidad.

Mediciones precisas de la eficiencia energética.

Aproximadamente el 80 % de los costes operativos y de inversión de las instalaciones de generación de electricidad son gastos de combustible. El objetivo es conseguir un funcionamiento eficiente, sobre todo en los sistemas con varios motores. Por tanto, la eficiencia energética es un criterio de compra decisivo que se tiene en cuenta durante la adquisición, después de la puesta en marcha, dentro del periodo de garantía y durante el funcionamiento.

Los operadores de centrales eléctricas calculan la eficiencia energética midiendo el consumo de combustible y la energía producida. Ambos valores se pueden leer fácilmente en los correspondientes instrumentos de la sala de control, para lo cual KRAL ofrece indicadores del consumo de combustible. El consumo de combustible específico se muestra en gramos por kilovatio-hora [g/kWh]. Los caudalímetros KRAL miden el caudal.



Medición del combustible con pulsaciones.

Los pistones de las bombas de inyección generan pulsaciones que afectan al flujo (véanse las páginas 4 y 9). Las pulsaciones pueden causar un cambio en el sentido de flujo del combustible. Si este efecto se pasa por alto, se producen errores en las mediciones. El compensador de pulsaciones de presión KRAL tiene en cuenta el caudal de retorno a la hora de generar valores medidos correctos.



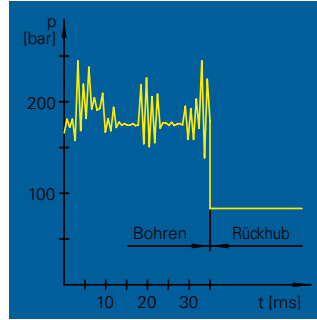
Acreditaciones del combustible para vender electricidad a la red pública.

Los productores de electricidad venden a la red pública la electricidad que no necesitan para el consumo propio. En algunos países, se subvenciona con fondos públicos este combustible.

Las autoridades competentes calculan el combustible usado públicamente a partir del consumo de combustible

específico de los motores. Los fabricantes de motores calculan este valor conforme a las normas vigentes relativas a los bancos de pruebas de aceptación. Sin embargo, en la práctica, el consumo de combustible es superior al empleado en las condiciones de prueba, por lo que este consumo mayor no es subvencionado públicamente.

Con un medidor de consumo de combustible KRAL, el consumo real puede registrarse y presentarse para obtener la subvención. El importe adicional subvencionado permite amortizar el medidor de consumo de combustible KRAL en tan solo un año aproximadamente.



Mediciones en condiciones de funcionamiento duras.

Los caudalímetros KRAL son muy robustos y precisos, características que normalmente se excluyen. KRAL se ha especializado en esta combinación única.

Los caudalímetros KRAL son robustos por fuera. Además, la unidad de medición de precisión ha sido diseñada para resistir fácilmente cargas como las vibraciones de la instalación o las pulsaciones del combustible.

Fomento de la protección del medio ambiente.

En algunos países se subvenciona la protección del medio ambiente. El funcionamiento de grupos eléctricos y equipos eléctricos de emergencia con motores diésel conlleva emisiones elevadas. Entre ellos se encuentran también unidades como los dispositivos de arranque neumático de los aeropuertos. Normalmente, el medidor de horas muestra el tiempo de funcionamiento. Las autoridades parten de un funcionamiento a plena carga del grupo, por lo que aceptan el máximo consumo de combustible de los motores. En realidad, los grupos eléctricos no funcionan a plena carga, sino entre el 70 % y el 80 % generalmente. En la práctica se utiliza mucho menos combustible del que se calcula en la teoría.

Si el consumo de combustible se mide con el sistema KRAL y se comprueba este consumo menor, el sistema se amortiza con menos impuestos de protección medioambiental.

La situación sigue empeorando.

Las condiciones de funcionamiento de las centrales eléctricas exigen los máximos requisitos en lo que a equipos de medición y sensores se refiere. KRAL también cuenta con una vasta experiencia en otras aplicaciones complejas. Un ejemplo de ello es el sistema hidráulico de las tuneladoras.

La posición del cabezal de perforación se mide con un caudalímetro KRAL. El avance del cabezal de perforación se calcula mediante la carrera del cilindro hidráulico. La carrera se determina midiendo el volumen de líquido que circula en el cilindro con el caudalímetro KRAL. Los impactos recibidos por el cabezal de perforación al perforar la roca son transmitidos hasta el caudalímetro a través del fluido hidráulico. En el gráfico

se muestran las pulsaciones y el nivel de presión.

Los caudalímetros KRAL también son muy robustos y fiables en esta aplicación. Ello da seguridad a todos los usuarios en condiciones de funcionamiento a la hora de decantarse por KRAL.

■■■■■■■ Caudalímetros.

