

Impulso a la tecnología de efecto Hall hasta nuevos límites

Artículo cedido por LEM



Los transductores abren nuevos caminos en cuanto a precisión para un amplio rango de temperaturas

www.lem.com

Autor: Michel Ghilardi
– Director de Programa
de I+D, LEM

Reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia son objetivos fundamentales para la mayoría de aplicaciones de electrónica de potencia, especialmente en accionamientos para control de motores, sistemas de alimentación ininterrumpida y fuentes de alimentación conmutadas, o bien en aplicaciones industriales como la soldadura.

Fuera del ámbito industrial, se pueden encontrar los mismos objetivos en las plantas modernas de generación de electricidad que usan energía eólica y solar.

Para cumplir estos requisitos es necesario recurrir a los materiales más avanzados con el fin de mejorar el aislamiento y lograr mejores niveles de descarga parcial y así garantizar la seguridad y la inmunidad a campos externos de tipo eléctrico, magnético y electromagnético. Además de protección de compatibilidad electromagnética y bajas emisiones, la meta es mantener las prestaciones en un amplio rango de temperaturas.

Lograr todo esto con semiconductores de potencia implica analizar características como una baja deriva térmica, rápidos tiempos de respuesta, baja influencia en modo común, gran ancho de banda y bajo ruido en los componentes que los rodean. Una compañía que impulsa este desarrollo con sus transductores es LEM y sus productos más recientes han ido más allá de los límites de la tecnología de efecto Hall previstos hasta ahora.

El próximo paso

La tecnología clásica de efecto Hall se ha venido utilizando en el mercado industrial desde hace mucho tiempo. Si bien la precisión es bastante buena, del orden del 1 o 2%, se ha visto compensada negativamente por unas malas prestaciones en un amplio rango de temperaturas.

Una posibilidad consiste en emplear, en lugar de un chip de efecto Hall, un detector de inducción magnética, que mejora la estabilidad respecto a la temperatura. El detector de inducción magnética está formado básicamente por poco más que un devanado de cobre, si bien su gestión puede resultar costosa.

Los ingenieros de LEM se propusieron por tanto hallar la manera de lograr que la tecnología de efecto Hall alcance unas prestaciones que la inducción magnética pueda manejar. El resultado fue un ASIC basado en tecnología de efecto Hall para su uso en modo de lazo cerrado. También superó otros inconvenientes de la inducción magnética, como su ruido, con arranque a partir de la corriente primaria y reinicio sin retardo tras una sobrecarga.

Este ASIC ocupa el núcleo de los transductores más recientes de LEM y es el que realiza una mayor aportación a una mejora de las prestaciones en aspectos como el offset y la deriva del offset.

El secreto tras esta mejora es una técnica de giro patentada y un CI especializado. Tal fue el éxito que la compañía decidió renovar

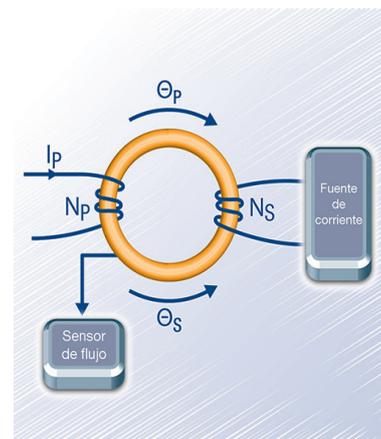


Figura 2. Principio del transductor de corriente en lazo cerrado.

toda su gama de transductores de corriente en lazo cerrado basados en efecto Hall para medidas de corrientes nominales de 200 a 2000A. De ahí que haya presentado cuatro nuevas series – LF 210-S, LF 310-S, LF 510-S y LF 1010-S – y una quinta serie, la LF 2010-S, prevista para febrero de 2015 (ver Fig. 1).

Otra ventaja importante de la familia LF xx10 es su baja sensibilidad a los campos externos de CA y CC, permitiendo así un diseño más compacto que no se ve afectado por los campos generados por otros componente cercanos. También proporcionan un mayor rango de medida, incluso con un bajo valor de di/dt.

Esto se debe a que el transformador genera una corriente secundaria superior al rango de medida especificado ya que utiliza un núcleo magnético con un entrehierro parcial.

Esta gama debería ser de especial interés para los ingenieros de I+D en los mercados industrial y de transporte ferroviario.

También puede ser de ayuda para medir la corriente de salida del inversor, especialmente en convertidores estáticos, y se puede aplicar también en entornos adversos. Además son totalmente compatibles con la anterior gama

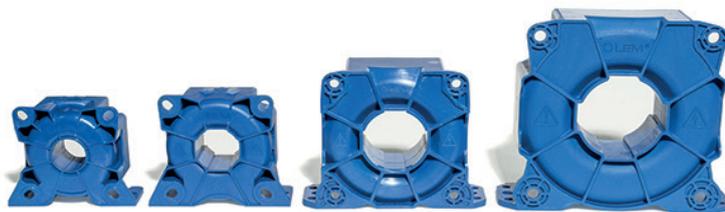


Figura 1. Nueva gama de transductores de corriente LF xx10.

LF xx05 de LEM y ocupa el mismo espacio, por lo que se puede incorporar a instalaciones ya existentes.

Principio de funcionamiento

Para realizar medidas precisas de corrientes CC, esta tecnología compensa el flujo de corriente ΘP generado por la corriente IP a medir por un flujo de corriente opuesto ΘS generado por una corriente IS que fluye a través de un número conocido de vueltas NS (Fig. 2) para obtener:

$$\Theta P - \Theta S = 0 \text{ o } NP \cdot IP - NS \cdot IS = 0$$

donde NP es el número de vueltas en el primario y NS es el número de vueltas en el secundario.

Para obtener una medida precisa es necesario disponer de un dispositivo capaz de medir con precisión el estado de $\Theta = 0$. El objetivo es obtener transductores de corriente con las siguientes características:

- Excelente linealidad;
- Extraordinaria estabilidad a largo plazo;
- Bajo ruido residual;
- Bajas derivas térmicas;
- Respuesta a altas frecuencias; y
- Alta fiabilidad

Para lograr una compensación precisa de los dos flujos de corriente opuestos (ΘP y ΘS) se debe utilizar un detector capaz de medir con precisión $\Theta = 0$, lo cual significa que el detector debe ser muy sensible a pequeños valores de un flujo magnético residual Ψ (generado por el flujo de corriente Θ) para lograr el mejor detector posible de la señal de salida.

Al utilizar el principio de funcionamiento asociado al nuevo ASIC de efecto Hall patentado y diseñado por LEM, antes citado, los transductores de corriente LF xx10 cubren medidas de corrientes nominales de 200 a 2000A (4000A pico). Para funcionar solo necesitan un rango de alimentación CC estándar de $\pm 11,4$ a $\pm 25,2V$.

Los transductores conservan todas las ventajas de la gama anterior y aportan mejoras en cuanto a precisión, sensibilidad a campos externos, rango de medida, modo común y EMC.

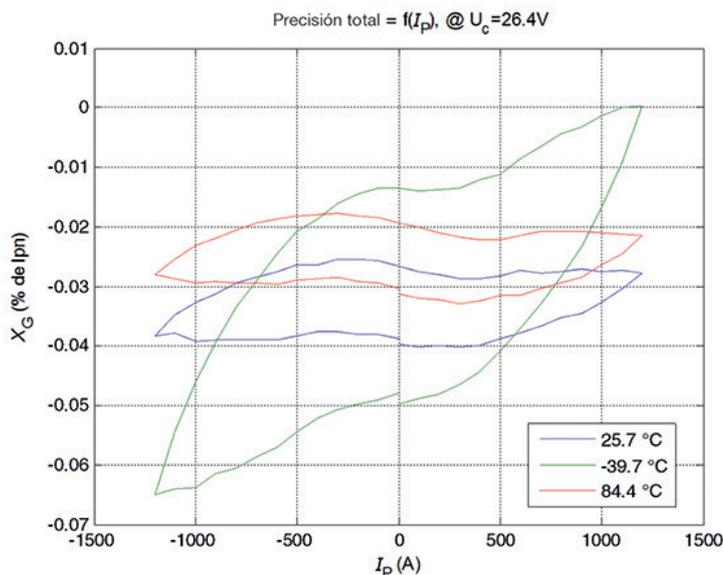


Figura 3a. Precisión total típica del modelo LF 1010 entre -40° y +85°.

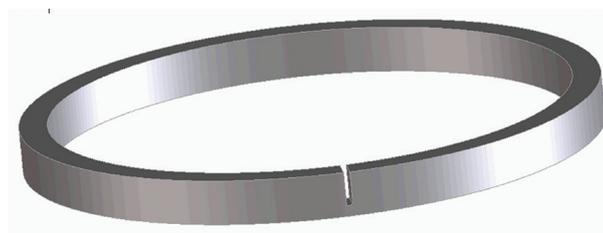
Figura 3b. Comparación entre las prestaciones de la serie LF xx10 y la generación anterior de transductores.

PARÁMETROS	Modelos							
	LF 1005-S	LF 1010-S	LF 505-S	LF 510-S	LF 305-S	LF 310-S	LF 205-S	LF 210-S
I_{pn} corriente nominal del primario [A]	1000	1000	500	500	300	300	200	200
Rango de medida de I_{pn} [A]	1800	2500	800	1500	500	500	420	420
Relación de vueltas	1/5000	1/5000	1/5000	1/5000	1/2000	1/2000	1/2000	1/2000
Tensión de alimentación ($\pm 5\%$) [V]	$\pm 15 \dots 24$	$\pm 12 \dots 20$	$\pm 12 \dots 20$	$\pm 12 \dots 15$	$\pm 12 \dots 15$			
τ_L Linealidad	< 0.1 %	< 0.1 %	< 0.1 %	< 0.1 %	< 0.1 %	< 0.1 %	< 0.1 %	< 0.1 %
Deriva de offset	< $\pm 0.4\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.1\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.4\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.1\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.5\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.1\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.4\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.1\%$ de I_{pn}
Precisión total de I_{pn} a $+25^\circ C$	< $\pm 0.5\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.3\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.7\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.3\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.5\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.3\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.5\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.3\%$ de I_{pn}
Precisión total de I_{pn} para todo el rango de temperaturas	< $\pm 0.9\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.4\%$ de I_{pn}	< $\pm 1.1\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.6\%$ de I_{pn}	< $\pm 1\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.2\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.9\%$ de I_{pn}	< $\pm 0.2\%$ de I_{pn}
t_r : Tiempo de respuesta para el 90% de I_{pn} (dist 100 A/us) [us]	< 1	< 0.5	< 1	< 0.5	< 1	< 0.5	< 1	< 0.5
Tecnología	Célula Hall tradicional	ASIC Hall						
Dimensiones (largo x ancho x alto) [mm]	90 x 34 x 95 / agujero 38	94 x 34 x 95 / agujero 40	70 x 31 x 70 / agujero 30	70 x 31 x 70 / agujero 30	54 x 27 x 57 / agujero 20	54 x 27 x 57 / agujero 20	49 x 26 x 52 / agujero 15	49 x 26 x 52 / agujero 15
Rango de la temperatura de trabajo [°C]	-40...+85	-40...+85	-40...+70	-40...+85	-40...+85	-40...+85	-40...+85	-40...+85

Características

La precisión total es del $\pm 0,3\%$ de IPN a temperatura ambiente pero es tan importante que sea mejor que el $\pm 0,6\%$ de IPN para todo el rango de temperaturas de funcionamiento de -40 a $+85^\circ C$ (ver Fig. 3a).

Para la familia LF 1010, el offset inicial a $+25^\circ C$ es $\pm 1A$.vuelta con una deriva máxima posible de $\pm 1A$.vuelta para el rango de temperaturas de funcionamiento. El error de sensibilidad a $+25^\circ C$



es $\pm 0,1\%$ y la linealidad es de solo $\pm 0,1\%$. El rango de medida se ha mejorado para lograr corrientes de pico más elevadas que la serie LF xx5. Con una relación de 5.000 vueltas, el LF 1010 puede medir

Figura 4. Entrehierro parcial en el núcleo magnético.

Figura 5a. Error generado por una barra conductora cerca del LF 1010 frente al entrehierro (850ARMS 50 Hz).

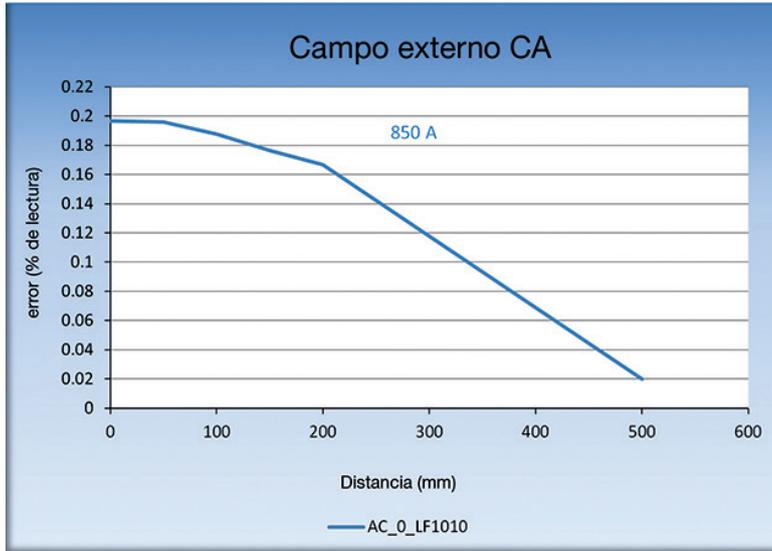
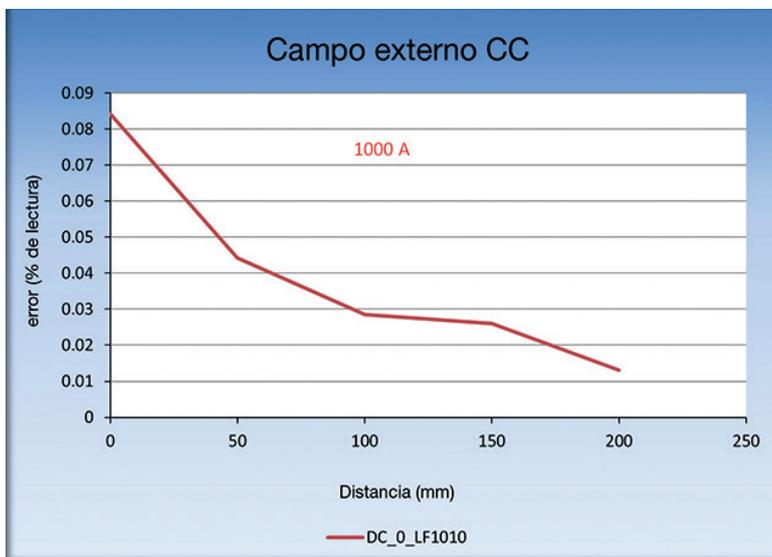


Figura 5b. Error generado por una barra conductora cerca del LF 1010 frente al entrehierro (1000A CC).



hasta 2500A pico, mientras que el LF 1005 se limitaba a 1800A pico.

Gracias al entrehierro parcial del núcleo magnético (ver Fig. 4), los modelos LF 510, 1010 y 2010 tienen una sensibilidad muy baja a campos externos de CA y CC. Esto permite que el diseño sea más compacto ya que prácticamente no hay sensibilidad a conductores de alta corriente cerca del transductor.

Para simular campos externos, la mejor prueba consiste en colocar una barra conductora con una corriente nominal en diferentes posiciones cercanas al transductor. El error añadido por el campo generado por esta barra es medible. Ésta es también una forma de simular una barra conductora de retorno y su efecto sobre la precisión del transductor.

Por ejemplo, la sensibilidad frente a campos de CA y CC (en el caso más desfavorable) con el modelo LF 1010-S es cinco veces mejor que con el LF 1005-S (generación anterior).

El error típico con un LF 1010-S es del 2% de IPN comparado con el 10% del LF 1005-S al someterse a las mismas condiciones causadas por campos perturbadores de CA y CC.

En cuanto al tiempo de respuesta (ver Fig. 6), los transductores LF xx10 tienen un retardo típico (definido para el 90% de IPN) para un aumento de la corriente IPN inferior a 0,5µs. El núcleo magnético con un entrehierro parcial mejora el acoplamiento magnético y de esta forma también la respuesta ante di/dt.

El ancho de banda solo se ve limitado por la frecuencia de resonancia del devanado secundario hasta 100 kHz aproximadamente. Esta resonancia se debe a la inductancia de fuga y a los condensadores parásitos entre capas de devanado y entre vueltas.

La relación señal/ruido compara el nivel de una señal deseada respecto al nivel de ruido de fondo. Se define como la relación entre la potencia de una señal y la potencia del ruido, y se suele expresar en decibelios. Cuando se digitaliza una medida, el número de bits utilizados para representar la medida de-

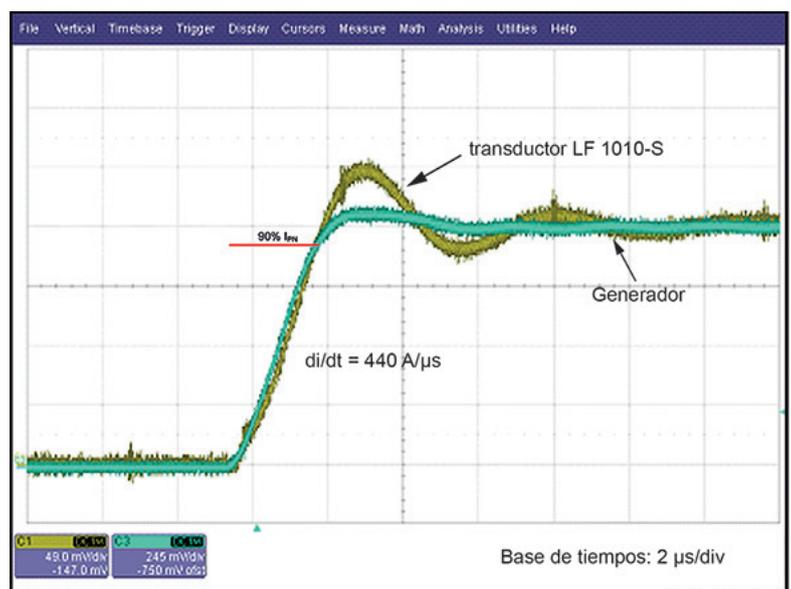


Figura 6. Tiempo de respuesta del LF 1010 al 90% de IPN.

termina la máxima relación señal/ruido posible. Gracias a su buena relación señal/ruido, los modelos LF xx10 tienen una resolución superior a 14 bit (ver Fig. 7).

Existen varios tipos de conexiones disponibles para el lado secundario, como conectores, cables, terminales y contactos roscados, en función de las especificaciones del cliente, así como un kit de montaje para el primario que estará disponible en los modelos LF 2010.

Cuando aumenta la velocidad de las conmutaciones del semiconductor se observa una mayor dv/dt entre los lados del primario (alto potencial) y el secundario (bajo potencial) de los transductores. El lado secundario está conectado generalmente a masa por razones de seguridad.

El lado primario está conectado a varias tensiones diferenciales pero la tensión puede flotar. El potencial puede cambiar entonces en el lado primario y provocar algunas perturbaciones en el secundario (salida) del transductor.

Esto no se puede filtrar porque afectaría negativamente al tiempo de respuesta y a las prestaciones desde el punto de vista frecuencial, por lo que la capacidad parásita entre los lados primario y secundario del transductor ha de reducirse durante su diseño hasta el mínimo posible.

Una baja capacidad parásita entre el conductor del primario y el lado secundario del transductor es una manera de reducir el efecto del modo común dinámico. Y si esto no es suficiente, se puede añadir una pantalla electrostática para cancelar las perturbaciones en modo común.

Los modelos LF xx10 se han diseñado y comprobado siguiendo los estándares más recientes válidos en todo el mundo para aplicaciones industriales y de tracción. Entre éstos se encuentran EN 50178 para equipos electrónicos utilizados en instalaciones de potencia para aplicaciones industriales y EN 50155 para equipos electrónicos utilizados en material rodante en aplicaciones ferroviarias. Estos estándares garantizan las prestaciones de los productos en los entornos industrial y ferroviario.

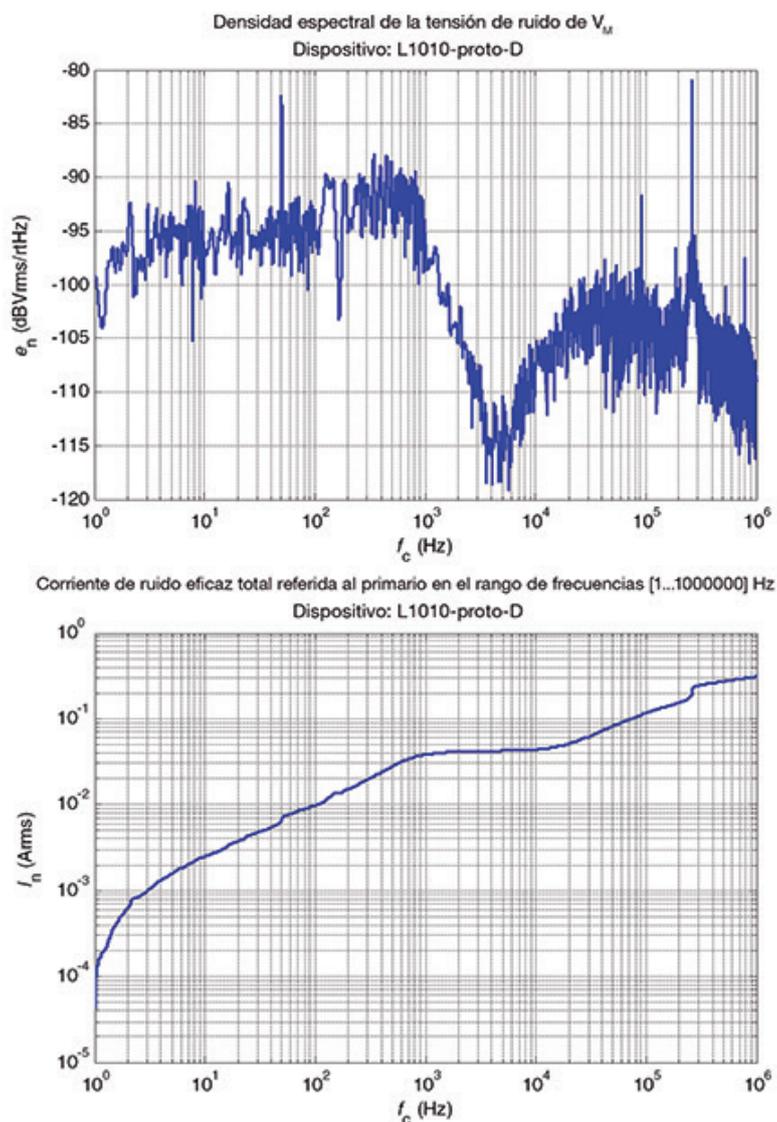


Figura 7. Nivel de ruido del LF 1010-S.

Los transductores LF xx10 cuentan con el reconocimiento de UL y la marca CE como garantía de cumplimiento de la directiva europea de EMC 2004/108/EEC y la directiva de baja tensión 2006/95/EEC. También cumplen las normativas locales derivadas de EMC y el estándar EN 50121-3-2 (estándar para EMC en el entorno ferroviario) en su actualización más reciente, con limitaciones para EMC superiores a las que establecen los típicos estándares de aplicación industrial.

Conclusión

Los sistemas integran un número de sensores cada vez más elevado debido a los altos niveles de automatización para mejorar la productividad y la eficiencia

energética. Sea cual sea el tipo de sensor, se pueden utilizar transductores de corriente con el fin de llevar a cabo el enlace entre diferentes sistemas para monitorización y control. Estos sistemas, en su búsqueda de la mejor eficiencia, pueden aprovechar las prestaciones de la nueva serie LF xx10.

Estos transductores están indicados para cualquier tipo de entorno adverso cuando se exijan unas buenas prestaciones desde el punto de vista de la precisión, ganancia, linealidad, bajo offset inicial y baja deriva térmica. Los transductores LF xx10, caracterizados por su elevada inmunidad a las interferencias externas generadas por corrientes adyacentes o perturbaciones externas, proporcionan una excelente fiabilidad. 