



## Informe técnico

Dipl.-Ing. Jochen Loos  
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)  
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



**BOSCH**

Innovación para tu vida

# Historia de la evolución de la limitación del nivel de agua en calderas de vapor y de agua caliente

### Introducción

Antes de la introducción de los quemadores de regulación rápida y de los dispositivos limitadores automáticos, los sistemas de calderas de vapor con un nivel de agua mínimo determinado se accionaban manualmente por el fogonero. Entonces, el nivel de agua se comprobaba a través de una mirilla situada fuera de la caldera y se abría o cerraba la alimentación manualmente. En caso de interrumpirse la alimentación, se cortaba el suministro de combustible, por lo general, también de forma manual. En el caso de los hogares de combustibles sólidos, para ello era necesario retirar el combustible de la rejilla.

Con la introducción de los dispositivos reguladores del nivel de agua, este proceso se automatizó. En los sistemas con hogares de gasóleo o de gas, estos dispositivos actuaban directamente sobre el suministro de combustible. En caso de fallar el dispositivo regulador del nivel de agua, que generalmente funcionaba con un sistema de flotador con transmisión de fuerza magnética, el suministro de combustible se detenía automáticamente. Estos dispositivos solían instalarse en el exterior de la caldera en depósitos de inmersión especiales para facilitar su mantenimiento y ajuste.

Con la creciente automatización de los sistemas de calderas de vapor y la necesidad de ofrecer un servicio que no requiriese una supervisión constante, a principios de los años 70 se impulsó el desarrollo de dispositivos reguladores y limitadores del nivel de agua más sofisticados en base al principio de la conductividad.

Después de que los primeros dispositivos controlados por conductividad utilizados no garantizaran, en particular, la seguridad en caso de fallos de aislamiento, se combinaron algunos conceptos ya probados, que se basaban en el sistema de flotador, con estos nuevos dispositivos controlados por conductividad.

Con la mejora de la capacidad aislante y del circuito eléctrico gracias al uso de sistemas de dos canales, se prescindió de esta combinación con aparatos mecánicos y se hizo posible un funcionamiento sin necesidad de comprobaciones diarias. Las comprobaciones debían realizarse cada seis meses por un perito. Como desarrollo lógico, a finales de los años 70 se desarrolló un dispositivo limitador del nivel de agua de control completamente automático con sistema de electrodos y se empezó a utilizar en serie. Estos dispositivos ya no necesitaban comprobaciones diarias, ni debían comprobarse por un perito cada seis meses. No obstante, esto implicaba que los dispositivos estuvieran en el interior de la caldera.

### Modo de funcionamiento de los diferentes aparatos

Diseños conocidos y utilizados hasta la fecha:

- ▶ Limitadores mecánicos del nivel de agua con flotador y transmisión de la señal a través de contactos de conmutación accionados magnéticamente:
  - a) con dispositivo de comprobación manual
  - b) con dispositivo de comprobación electromecánico
- ▶ Dispositivo limitador del nivel de agua basado en el principio de conductividad:
  - a) dispositivos simples con comprobaciones automáticas a intervalos definidos
  - b) dispositivos de dos canales
  - c) dispositivos de control automático

### Limitador del nivel de agua con flotador

Los limitadores del nivel de agua con flotador funcionan según el principio de empuje vertical de un flotador esférico, que está unido a una varilla con un imán. El imán se introduce en un tubo de guía en cuyo exterior se instalan cerrojos conmutadores magnéticos. Cuando el imán pasa por delante de estos cerrojos

conmutadores magnéticos, la fuerza magnética hace que se abran o se cierren, provocando una conmutación eléctrica que se puede utilizar para bloquear el quemador o para activar alarmas. Este dispositivo se puede comprobar a intervalos determinados con un imán convencional. La fuerza magnética presiona el flotador esférico por debajo del nivel de agua real actual para simular la falta de agua, lo que debe provocar la desconexión de seguridad del quemador y del sistema de caldera.

Para poder controlar también este proceso a distancia, posteriormente se utilizaron electroimanes en lugar de los imanes convencionales.

Al principio, estos dispositivos se instalaban en el exterior en unos depósitos especiales. La conexión entre los elementos flotadores externos y la virola de la caldera se realizaba mediante válvulas protegidas eléctricamente con finales de carrera. En este caso, era necesario comprobar y limpiar diariamente el manguito de inmersión para evitar el depósito de sedimentos, ya que estos simulan el agua.

Ilustración 1: Limitador de nivel de agua de flotador: es obligatorio comprobar el circuito de seguridad y limpiarlo con aire diariamente

Conmutador magnético

El flotador en el interior del tubo protector debe limpiarse diariamente

Regulación de dos posiciones del nivel del agua

Nivel bajo de agua

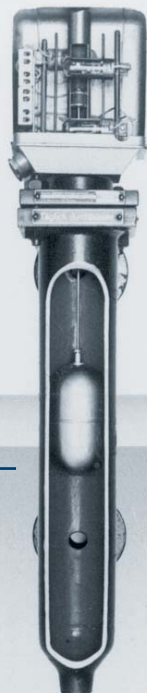


Ilustración 2: Electrodo simple: comprobación diaria obligatoria por inyección de nitrógeno

Breve suministro de nitrógeno →

aprox. 3 bares por encima de la presión de funcionamiento de la caldera se reduce el nivel de agua en el tubo protector y se simula la falta de agua para comprobar el funcionamiento del sensor

Regulación de dos posiciones del nivel del agua

Nivel bajo de agua



**Dispositivos de electrodos simples con comprobación diaria**

Debido a su reducido grado de seguridad, en particular en lo que respecta al control del aislamiento, los interruptores de seguridad con electrodos simples que funcionan en base al principio de conductividad deben comprobarse cada día obligatoriamente. Esta comprobación se efectúa inyectando nitrógeno en el tubo protector que envuelve el electrodo. El nitrógeno inyectado reduce el volumen de agua en el interior del tubo protector y el electrodo pierde el contacto con el agua. Cuando el nivel de agua está por debajo de la punta del electrodo se provoca la desconexión forzada del sistema de calderas o se emite una señal.

**Dispositivos de control del nivel de agua con electrodos de dos canales**

Los dispositivos de dos canales se concibieron partiendo de la idea de que dos dispositivos no suelen fallar al mismo tiempo. En estos dispositivos, el aislamiento del electrodo ya estaba bajo

control continuo, pero no se supervisaba el elemento conmutador eléctrico. El funcionamiento de estos dispositivos debe revisarse a intervalos regulares de seis meses como máximo por un perito de un organismo de inspección técnico mediante la reducción del nivel de agua y el registro del punto de desconexión.

**Dispositivos de control del nivel de agua con electrodos de control automático**

Estos dispositivos limitadores suelen poseer un complejo electrodo integrado con un elemento conmutador eléctrico que controla continuamente que no se produzca un cortocircuito en el aislamiento del electrodo y el funcionamiento correcto de su propia función de seguridad en intervalos de aprox. 15 a 20 segundos. En estos dispositivos no es necesario realizar una comprobación diaria ni que un perito los revise cada seis meses. El funcionamiento correcto de estos sistemas suele comprobarse por lo general por el servicio técnico del fabricante de la caldera accionando los botones de comprobación previstos para ello.

Ilustración 3: Dispositivo de control de nivel de agua de electrodos de dos canales: el funcionamiento del sistema debe comprobarse como mínimo cada 6 meses por un organismo de inspección técnica



Ilustración 4: Dispositivo de control de nivel de agua de electrodos de control automático: no requiere trabajos de mantenimiento ni comprobaciones de funcionamiento



Ilustración 5: Sistema de electrodos en el tubo protector: se garantiza continuamente el tramo de aislamiento entre los electrodos y el tubo protector



El electrodo de seguridad como limitador de nivel bajo de agua está inclinado hacia el centro; se excluye cualquier contacto con el tubo protector

### Resumen

Los limitadores de nivel de agua con flotador dejaron de utilizarse en gran parte y se sustituyeron por los dispositivos de electrodos modernos.

Con el uso creciente de sistemas de calderas de vapor que funcionaban sin supervisión constante, el grado de seguridad de los dispositivos de flotador, condicionado por sus debilidades mecánicas, y la necesidad de realizar comprobaciones diarias minuciosas dejó de ser aceptable.

En particular, a medida que estos limitadores del nivel de agua con flotador tenían más años, el riesgo de que fallaran crecía de forma constante e imperceptible.

Esto se debía a la pérdida de fuerza magnética del imán de conmutación y del emisor en el cerrojo conmutador magnético.

Los defectos encontrados en estos limitadores del nivel de agua mecánicos impulsaron el desarrollo de los dispositivos de control del nivel de agua con electrodos a principios de los años 70.

En todos los dispositivos con electrodos, la preocupación principal durante el desarrollo y las comprobaciones era el contacto a masa entre el electrodo y el cuerpo de la caldera envolvente.

Debido al principio de funcionamiento de la conductividad, un fallo en el aislamiento del electrodo, es decir, la separación eléctrica entre el terminal del electrodo y la masa, puede simular la presencia de agua y generarse una situación peligrosa si no se produce una desconexión en caso de que realmente falte agua.

El desarrollo de un dispositivo de control del aislamiento permitió controlar de forma electrotécnicamente segura los fallos que concernían solamente al aislamiento.

En los primeros dispositivos de electrodos se intentó evitar que el electrodo estuviera en contacto con el tubo protector envolvente utilizando piezas de plástico en forma de cruz para el centrado, cosa que no se consiguió, puesto que la formación de sedimentos en esta pieza podía crear un tramo conductivo y, a su vez, una conexión eléctrica entre la masa y el electrodo.

Por ello, en los dispositivos descritos en el punto 4 – electrodos de control automático – se prescinde de la incorporación de estas piezas en cruz para el centrado. En su lugar, se limita la longitud de la varilla del electrodo a un máximo de 600 mm aprox. y se inclina los electrodos hacia el punto central o se amplía el tubo protector para crear un espacio entre el tubo protector y el electrodo lo suficientemente grande como para que no sea posible que las varillas del electrodo entren en contacto con el tubo protector, siempre que el sistema se haya instalado correctamente y se haya comprobado con posterioridad. En 30 años se han instalado 30000 sistemas de calderas con este sistema y no se ha detectado ninguna falta de agua u otra irregularidad debido al fallo de estos dispositivos.

El grado de seguridad de un gran número de sistemas antiguos, equipados originariamente con limitadores de nivel de agua con flotador o con limitadores de dos canales, se mejoró considerablemente con la incorporación de electrodos de control automático.

Hoy en día, los daños causados por la falta de agua suelen producirse únicamente en dispositivos antiguos que funcionan con sistema de flotador.

Por supuesto, se exceptúan las manipulaciones electrotécnicas en forma de inserciones de puentes, etc., que, sin embargo son posibles en todos los dispositivos de seguridad con independencia del principio de funcionamiento del emisor correspondiente y

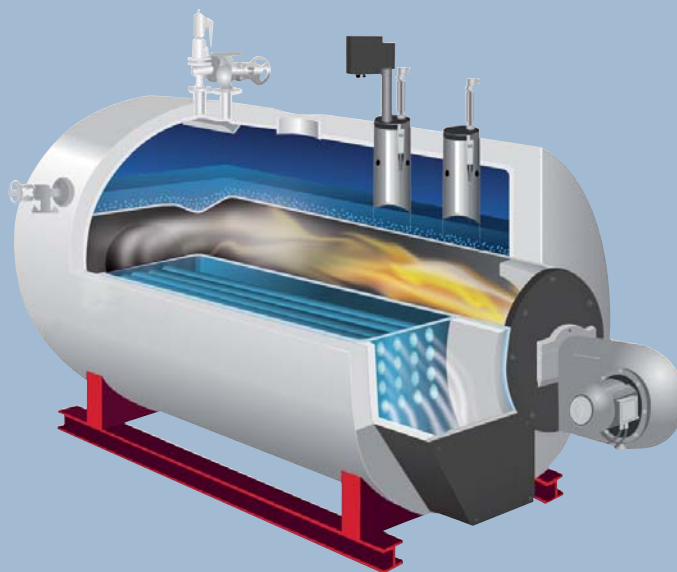
que deben prohibirse estrictamente dando las instrucciones correspondientes al personal de servicio y de mantenimiento, lo que también se aplica a las negligencias graves relativas a los requisitos necesarios de la calidad del agua. La penetración masiva de grasa o de dureza afecta al funcionamiento del electrodo. Este tipo de penetraciones se pueden detectar de forma fiable con los sensores actuales y evacuar el agua contaminada antes de que entre en la caldera.

A pesar de que la experiencia ha demostrado que los dispositivos de control automático ofrecen el mayor grado de seguridad posible, existen circuitos adicionales para usuarios especialmente temerosos, que controlan de forma permanente el tramo conductivo del electrodo entre el tubo protector y el electrodo de falta de agua y que desconectan el dispositivo limitador de nivel de agua en caso de sobrepasarse la conductividad máxima permitida en este tramo.

No obstante, estos dispositivos no se utilizan en la República Federal de Alemania debido a las experiencias mencionadas previamente y a las medidas que se deben tomar al instalar el electrodo.

En otros países todavía se utilizan a veces dispositivos de electrodos aún más sencillos sin ningún tipo de estándar de seguridad. En este tipo de sistemas debe supervisarse continuamente el nivel del agua a través de la mirilla, ya que no se desconectan automáticamente en caso de avería.

Ilustración 6: Sección de una caldera de vapor moderna de humos con el sistema de electrodos integrado en el tubo de protección.



<b>Comparación de los sistemas de los diseños utilizados</b>			
<b>1. Limitador del nivel de agua con flotadores</b>		<b>Electrodo con comprobación de nitrógeno</b>	
Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
Ajuste sencillo del punto de conmutación	Sensible a la corrosión	Comprobación de contacto entre el electrodo y el tubo protector o de cortocircuito	La comprobación se realiza, por lo general, únicamente cada 24 horas, de manera que durante este largo tiempo no se garantiza la seguridad, puesto que el electrodo suele ser sencillo y el elemento conmutador eléctrico no es de control automático.
Ninguna limitación de longitud de la distancia entre el nivel que se debe controlar y la posición del cabezal de conmutación	La eficacia de la función de seguridad disminuye cuando lleva mucho tiempo montado debido a la pérdida de fuerza magnética	No se puede manipular fácilmente los puntos de conmutación debido a su instalación fija	La inyección de nitrógeno requiere la adopción de mayores medidas de seguridad al transitar por la caldera para realizar trabajos de revisión o de limpieza. ¡Peligro de asfixia!
Equipo eléctrico mínimo para evaluar la señal de conmutación	Las piezas móviles mecánicas del cerrojo conmutador magnético pueden impedir las conmutaciones necesarias si se atascan	Control permanente de la calidad del agua de la caldera y desconexión de seguridad en caso de que haya sedimentos no conductivos en el electrodo o en caso de penetración de aceite	Dispositivos de movimiento mecánico para la alimentación de nitrógeno, como válvulas de solenoide, etc.
Muy económico	La fiabilidad de la conmutación depende de la velocidad de descenso		Elevado consumo de nitrógeno en caso de intervalos de prueba inferiores a 24 h
	La fiabilidad de la conmutación depende de la temperatura ambiente		Necesidad de controlar que haya una reserva suficiente de nitrógeno para efectuar la comprobación
	Fácil de manipular por personas no expertas modificando la posición de los cerrojos conmutadores magnéticos		
	Comprobación diaria necesaria para detectar posibles irregularidades		
	El montaje externo requiere el lavado diario del depósito de inmersión		
	La experiencia muestra que los métodos de prueba utilizados habitualmente no descartan del todo que pueda producirse una falta de agua poco después de la prueba, a pesar de que esta se haya realizado correctamente		
	Daños causados por la falta de agua en caso de descenso lento del agua debido a la falta de fuerzas adicionales, como ocurre cuando el flotador magnético se mueve rápidamente.		

<b>Comparación de los sistemas de los diseños utilizados</b>			
<b>3. Dispositivos de control de nivel de agua de electrodos con dos canales</b>		<b>4. Dispositivos limitadores del nivel de agua de electrodos de control automático</b>	
Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
No hay piezas móviles mecánicas	La sección eléctrica no se controla de forma automática, por lo que en caso de que fallen los dos canales se puede producir una falta de agua inadvertida	No hay piezas móviles mecánicas	Elevada inversión inicial
No se puede manipular fácilmente los puntos de conmutación debido a su instalación fija	Generalmente, solo se puede conseguir un nivel elevado de agua en la caldera reduciendo la varilla del electrodo	No se puede manipular los puntos de conmutación debido a su instalación fija	Generalmente, solo se puede conseguir un nivel elevado de agua en la caldera reduciendo la varilla del electrodo
Control permanente de la calidad del agua de la caldera y desconexión de seguridad en caso de que haya sedimentos en el electrodo o en caso de penetración de aceite, etc.		Control permanente de la calidad del agua de la caldera y desconexión de seguridad en caso de que haya sedimentos en el electrodo o en caso de penetración de aceite, etc.	
Económico		Autocomprobación periódica del elemento de conmutación eléctrico a intervalos de 15 a 20 segundos	
		El funcionamiento del aislamiento del electrodo y del circuito de conmutación eléctrico se puede comprobar de forma inequívoca con el respectivo botón de comprobación independiente	
		Seguridad en caso de rotura de alambre o de cortocircuito del cable de alimentación de los electrodos	

Las instalaciones de producción:

**Terrenos de la fábrica 1 Gunzenhausen**  
Bosch Industriekessel GmbH  
Nürnberger Straße 73  
91710 Gunzenhausen  
Alemania

**Terrenos de la fábrica 2 Schlunghof**  
Bosch Industriekessel GmbH  
Ansbacher Straße 44  
91710 Gunzenhausen  
Alemania

**Terrenos de la fábrica 3 Bischofshofen**

Bosch Industriekessel Austria GmbH  
Haldenweg 7  
5500 Bischofshofen  
Austria

[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)

© Bosch Industriekessel GmbH | Las imágenes  
son solo ejemplos | Se reservan modificaciones |  
07/2012 | TT/SLI\_sp\_FB-Entwicklungsgeschichte\_01