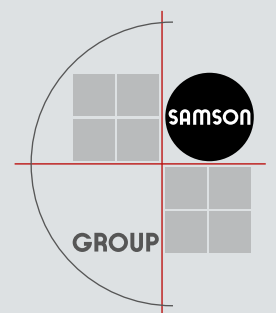


Competencia en seguridad funcional



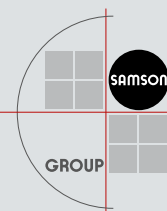
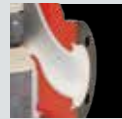
MANUAL

Instrucciones de aplicación
para sistemas instrumentados
de seguridad



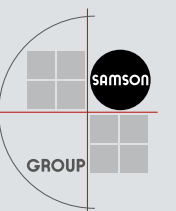


SAMSON GROUP



Contenido

1	Campo de aplicación	4
2	Validez y uso previsto de este manual	4
3	Estructura de este manual	5
4	Requerimientos de la norma VDI 2180	5
5	Términos y abreviaturas	6
6	Sistema instrumentado de seguridad completo	6
7	Válvula de control instrumentada	9
8	Equipos del SAMSON GROUP para sistemas instrumentados de seguridad	11
9	Pruebas automatizadas	14
	9.1 Elemento final	14
	9.2 Métodos de prueba.....	16
	9.2.1 Test online: test de carrera parcial.....	16
	9.2.2 Otras opciones de prueba	19
	9.3 Integración en el sistema de control	20
	9.3.1 Estructura	20
	9.3.2 Registro del test de carrera parcial	22
	9.3.3 Flujo de trabajo (Workflow).....	22
	9.4 Efectos en el análisis de riesgos.....	26
	9.4.1 Fallos sistemáticos.....	26
	9.4.2 Fallos aleatorios	26
	9.4.3 Medidas para la tolerancia de fallos	30
10	Ciclo de vida	30
11	Bibliografía	31





1 Campo de aplicación

Los sistemas instrumentados de seguridad se utilizan para proteger las plantas de proceso. Mediante un sensor se monitorea una variable de proceso, como por ejemplo la presión o la temperatura, para asegurar que no se supere un límite. Si la variable supera o no alcanza dicho valor límite, un control instrumentado de seguridad que controla una válvula, mandará a abrir o a cerrar una tubería según corresponda.

Estas válvulas de control están automatizadas con accionamientos neumáticos, que se controlan a través de electroválvulas. Algunas están equipadas con un transmisor para la señalización de la posición final. Actualmente también se equipan con posicionadores. Estos se utilizan para el diagnóstico de la válvula durante el funcionamiento de la planta, y en algunas ejecuciones también pueden realizar la función de conmutación de la electroválvula. Según la DIN EN 61511 y VDI 2180 es necesario realizar pruebas repetitivas de comprobación en la planta para verificar su función de seguridad. Además, se pueden realizar pruebas con el proceso en marcha. Este manual da información acerca de la automatización de estas pruebas con referencia a:

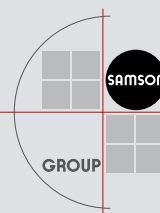
- Componentes y su configuración
- Realización de las pruebas
- Integración en el sistema de control de procesos o control instrumentado de seguridad
- Interpretación de los resultados según DIN EN 61511 y VDI 2180

2 Validez y uso previsto de este manual

Este manual sirve para ayudar a proyectistas y usuarios a implementar procedimientos de comprobación de las válvulas de control según el estado actual de la técnica.

Los ejemplos y equipos propuestos se refieren a equipos seleccionados de SAMSON AG. Tener en cuenta el uso previsto para estos equipos, según se especifica en las correspondientes hojas técnicas e instrucciones de montaje y servicio. Tener en cuenta el manual "Especialistas en funciones de seguridad – Seguridad funcional de válvulas de globo, de obturador rotativo, de bola y de mariposa" (WA 236) de SAMSON AG.

El usuario es responsable de elaborar un análisis de riesgos y unas especificaciones del sistema instrumentado de seguridad de su planta, del cual pueden derivar requerimientos para las válvulas de control utilizadas en sistemas instrumentados de seguridad así como para la comprobación de estas válvulas.



3 Estructura de este manual

Empezamos introduciendo los requerimientos estipulados en la norma VDI 2180. A continuación, se describe un ejemplo sencillo de sistema instrumentado de seguridad. Después se proponen algunas configuraciones posibles de la válvula y sus accesorios utilizados en sistemas instrumentados de seguridad. Finalmente se discuten algunos métodos de prueba a la vanguardia. Se observan los siguientes aspectos:

- Métodos de prueba posibles
- Integración en el nivel superior del sistema de control
- Efectos en el análisis de riesgos

4 Requerimientos de la norma VDI 2180

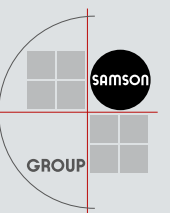
En la hoja 5 de la VDI 2180 se dan recomendaciones prácticas para la ingeniería, la implementación y la operación de sistemas instrumentados de seguridad. El objetivo principal es que:

"las instalaciones de seguridad sean robustas contra fallos", y para ello se deben tomar medidas:

- contra fallos sistemáticos
- contra fallos aleatorios
- de mejora de la tolerancia a los fallos

En la VDI 2180, hoja 5, parte 2.1, se requiere que se tomen las 3 medidas para cada sistema instrumentado de seguridad. Se recomienda emplear equipos **probados en uso** (proven-in-use, ver la recomendación NAMUR NE 130), para asegurar que sean adecuados para la aplicación industrial seleccionada.

Se deben realizar tests funcionales repetitivos con registro de los resultados. La realización y el registro de estos tests funcionales se puede automatizar. El test de comprobación para demostrar que el propio sistema instrumentado de seguridad no falla, se realiza durante un paro de planta. Adicionalmente, es posible realizar **tests con el proceso en marcha** (tests online). La cobertura de diagnóstico (Diagnostic Coverage, DC) es específica del método seleccionado e instrumento empleado. Además es posible valorar un sistema instrumentado de seguridad basándose en las **conmutaciones falsas**.





5 Términos y abreviaturas

Consultar el manual WA 236

Además se utilizan los siguientes términos y abreviaturas:

Inglés	Abreviatura	Castellano
Diagnostic coverage	DC	Cobertura de diagnóstico
Final element		Elemento de control final
Safety PLC		Control instrumentado de seguridad
Basic Process Control System	BPCS	Sistema de control
NAMUR contact (IEC 60947-5-6)	NK	Contacto NAMUR (IEC 60947-5-6)

6 Sistema instrumentado de seguridad completo

Mediante un ejemplo sencillo explicaremos el concepto de "sistema instrumentado de seguridad" (fig. 1). En el ejemplo se controla la temperatura de un reactor a través de un intercambiador de calor. El lazo de regulación asociado se representa con el sensor de temperatura T_{10} conectado al sistema de control (BPCS) y una válvula de control V_1 que regula el caudal del intercambiador de calor. El sistema instrumentado de seguridad está completamente separado del lazo de regulación y está formado por un sensor (T_{20}), un sistema de control (PLC de seguridad) y una válvula de control V_2 . Este lazo monitorea si se sobrepasa un valor límite de temperatura predefinido e interrumpe el paso al intercambiador de calor cerrando la válvula V_2 . El lazo trabaja de forma pasiva, es decir, con la planta en funcionamiento dentro de los límites admisibles V_2 no actúa. Basándose en un análisis de riesgos se debe definir de forma clara el **objetivo** del sistema instrumentado de seguridad. Este objetivo podría ser: "cuando se alcanza la temperatura T_1 la válvula V_2 debe cerrar en 5 segundos con una fuga máxima del 2 %". Normalmente, es necesario indicar el tiempo de cierre y el caudal de fuga máximo requeridos para alcanzar el objetivo, pero también pueden indicarse otros requerimientos.

Es necesario evaluar la seguridad del sistema instrumentado de seguridad. El objetivo de seguridad se determina con el análisis de riesgo teniendo en cuenta la probabilidad de fallo a demanda (Probability of failure on Demand, PFD). Usualmente en la ingeniería de procesos se utiliza la graduación según SIL 2, y para una minoría de instalaciones también según SIL 3. De acuerdo con la norma VDI 2180, en tres pasos se debe probar que un equipo es adecuado para el propósito previsto:

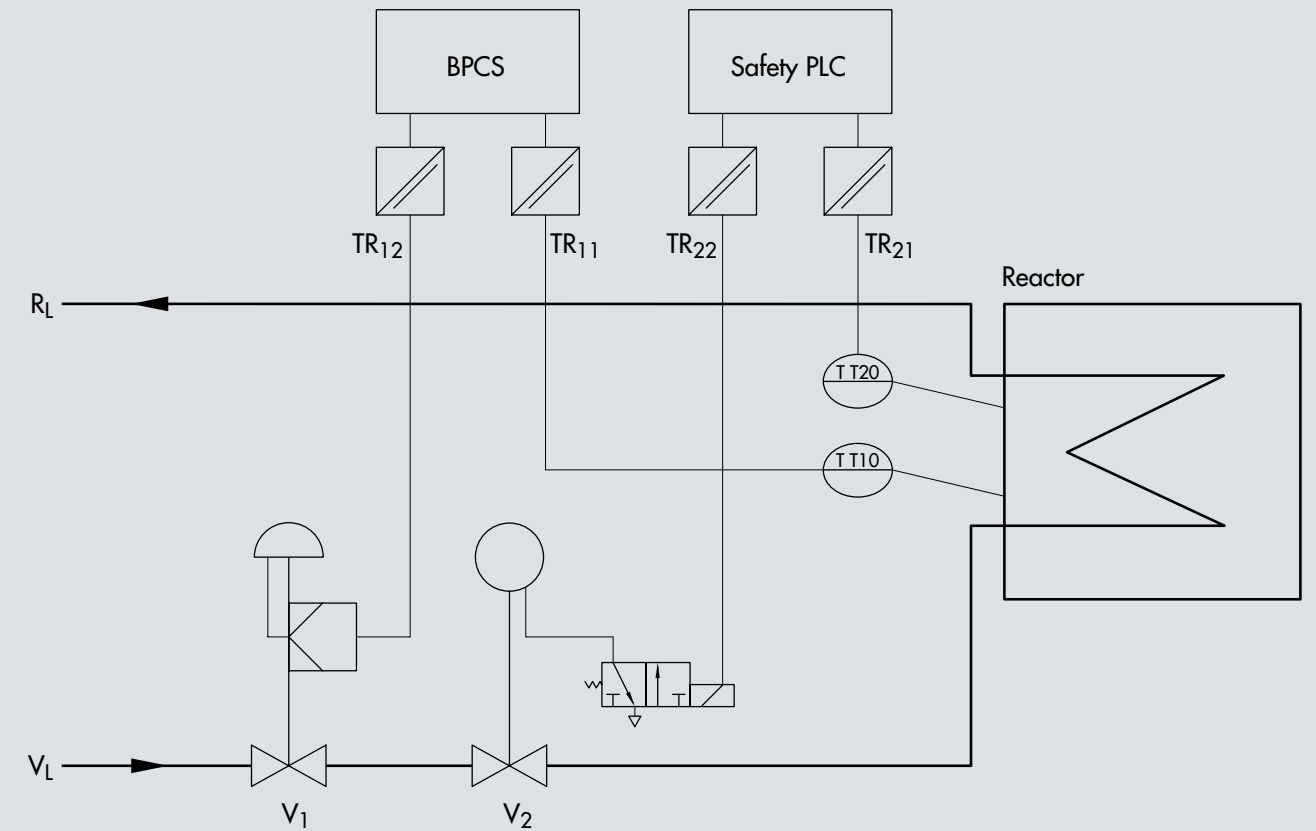


Fig. 1 · Ejemplo de un sistema instrumentado de seguridad

1. Se deben excluir fallos sistemáticos mediante el análisis de riesgos según VDI 2180, recomendaciones y comentarios, como p. ej. WA 236.
2. Determinar la frecuencia de fallos aleatorios. Definir la frecuencia de fallo horaria λ_{du} . Después de fijar un intervalo de prueba, se debe calcular el valor PFD con la fórmula (1). Comparar el valor PFD calculado con el objetivo fijado por el usuario en el análisis de riesgos.

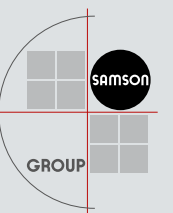
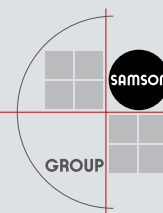
$$\text{Fórmula (1) } PFD = \frac{1}{2} \cdot \lambda_{du} \cdot T_{PR}$$

PFD: probabilidad de fallo (peligroso) de la función de seguridad en caso de demanda

λ_{du} : frecuencia de fallos peligrosos totales no detectados

T_{PR} : intervalo de prueba de comprobación

3. Determinar el grado de redundancia, que se especifica como HFT (Hardware Fault Tolerance).



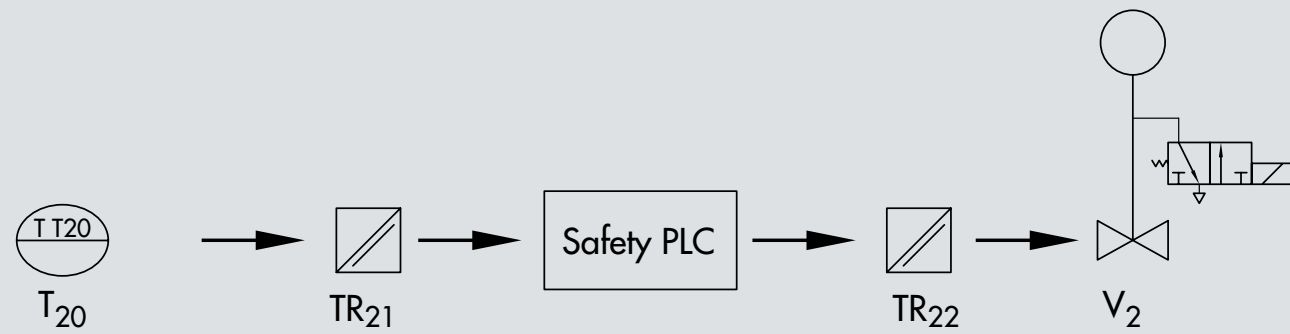


Fig. 2 - Estructura de un sistema instrumentado de seguridad

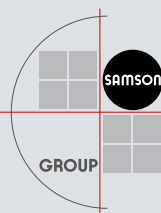
T ₂₀	TR ₂₁	Safety PLC	TR ₂₂	V ₂	Σ
237 FIT	77 FIT	45 FIT	77 FIT	103 FIT	539 FIT

La fig. 2 muestra como se hace la valoración. Para determinar el valor PFD primero es necesario determinar la frecuencia de fallo del lazo completo. En el caso de una estructura monocanal se determina sumando las frecuencias de fallo de cada uno de los elementos individuales. Se utilizan datos del fabricante o bien valores obtenidos por el usuario de la experiencia. Es necesario comprobar si los valores aplican para el proceso en cuestión. En el ejemplo se utiliza la unidad FIT (Failure in Time) = 1 · 10⁻⁹/h. En el ejemplo se obtiene una frecuencia de fallo global de 539 FIT, es decir un λ_{du} de 5,4 · 10⁻⁷/h. A partir de estos datos se puede calcular con la fórmula (1) un valor PFD dependiendo del intervalo de prueba de comprobación.

T _{PR}	6 meses	12 meses	24 meses
PFD	1,2 · 10 ⁻³	2,4 · 10 ⁻³	4,7 · 10 ⁻³

Los resultados indican que el PDF del ejemplo sigue cumpliendo con los requerimientos según SIL 2, incluso con un intervalo de prueba de 2 años. La comprobación de la tolerancia de fallo de hardware (HFT) es fácil ya que cuando se utilizan componentes monocanal es 0. Esto todavía es admisible para requerimientos según SIL 2, mientras se utilicen equipos probados en uso.

La VDI 2180 parte 4 ofrece ejemplos prácticos y fórmulas aproximadas para calcular estructuras más complejas.



7 Válvula de control instrumentada

En el ejemplo descrito anteriormente se considera la válvula de control con todos sus accesorios como un bloque único. La válvula de control instrumentada completa usualmente se denomina "elemento final". En el siguiente paso del análisis se tienen en cuenta los componentes individuales que forman el *elemento final*. A continuación se describen cuatro configuraciones típicas:

1. Válvula con accionamiento neumático, controlado por una electroválvula (fig. 3):

la válvula puede ser por ejemplo de bola o de globo y el accionamiento neumático uno rotativo (normalmente de pistón) o uno lineal (normalmente de membrana). Una electroválvula activa el accionamiento. En la mayoría de los casos, el aire de alimentación se conduce a través de un manorreductor. Tomar las medidas necesarias para evitar fallos sistemáticos según VDI 2180 y WA 236. Determinar la frecuencia de fallos aleatorios como se ha descrito en el ejemplo anterior, teniendo en cuenta los valores de la válvula, accionamiento y electroválvula.

Fórmula (2)

$$PFD_{total} = PFD_{válvula} + PFD_{accionamiento} + PFD_{electrovál.}$$

En tanto que el reductor de presión de alimentación también actúa en el circuito neumático, será necesario comprobar si puede contribuir a un fallo del

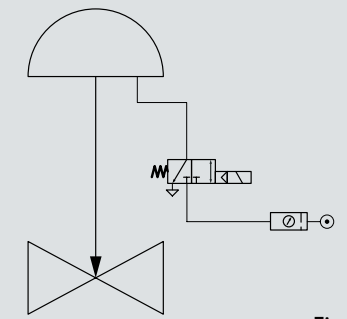


Fig. 3 - Configuración 1

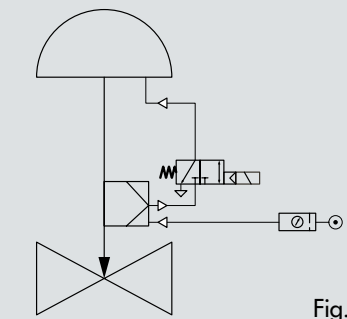


Fig. 4 - Configuración 2

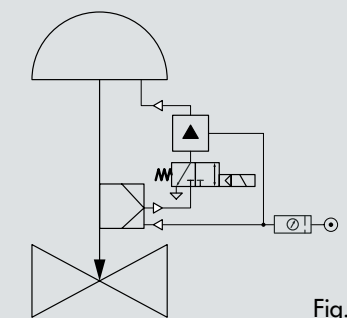


Fig. 5 - Configuración 3

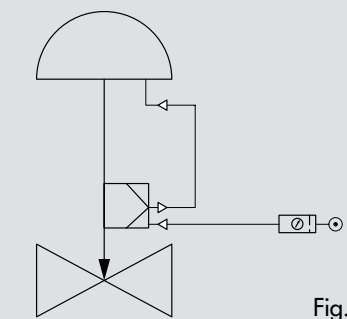
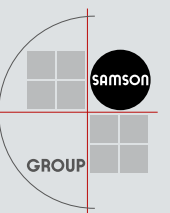


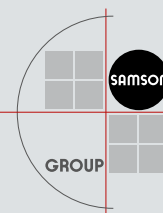
Fig. 6 - Configuración 4





accionamiento (llenado no intencionado del accionamiento). Esto sólo puede suceder, si la electroválvula no se puede mover a la posición de conmutación para desairear el accionamiento porque el aire de alimentación está conectado directamente. Otro fallo peligroso que podría aparecer, sería por ejemplo, debido a una caída de presión demasiado grande en una válvula de microcaudal, provocando un aumento de la fuga. En general, los fallos debido a la estación reguladora de aire de alimentación se pueden excluir. A menudo se utilizan finales de carrera, pero sólo se considerarán en el análisis de riesgos en caso de una conexión en cadena de varias válvulas de control.

1. **Válvula, electroválvula y posicionador:** si las válvulas se utilizan para paros de emergencia, la configuración será como se muestra en la fig. 4. Opcionalmente, esta configuración se puede utilizar también en válvulas todo/nada para la realización de pruebas con el proceso en marcha (online tests). Un ejemplo de test online importante es el test de carrera parcial (Partial Stroke Test - PST). Para determinar las características de seguridad sólo se tienen en cuenta los elementos necesarios para el paro de emergencia. En el ejemplo serán la válvula, el accionamiento y la electroválvula. La función del posicionador es importante para la disponibilidad de la configuración en la planta pero no juega ningún papel en el paro de emergencia. Realizar el análisis como se ha descrito en el ejemplo 1.
2. **Válvula, electroválvula, posicionador y amplificador neumático:** el amplificador neumático puede ser necesario para conseguir ciertos tiempos de apertura y cierre. La fig. 5 muestra un ejemplo. En el ejemplo el amplificador está montado entre la electroválvula y el accionamiento. Esto es necesario, cuando la potencia neumática de la electroválvula no es suficiente para conseguir el tiempo de cierre deseado. En esta configuración el amplificador neumático forma parte de la cadena de seguridad por lo que deberá ser evaluado respecto a los fallos sistemáticos y aleatorios, como se hizo en el ejemplo 1 con los demás equipos.
3. **Válvula con accionamiento y posicionador:** finalmente tenemos una configuración que reproduce el estado actual de la técnica. La fig. 6 muestra una construcción especialmente sencilla. En lugar de una electroválvula se utiliza un posicionador como elemento de conmutación. Esto es posible con posicionadores cuya conmutación segura es declarada por el fabricante o bien certificada por un tercero. Este es el caso de los posicionadores Tipo 3730-3 y 3730-6. La conmutación se puede desencadenar mediante una señal de 3,8 mA o de 0 mA. En esta configuración el posicionador también se puede utilizar para el diagnóstico y la realización de pruebas como PST. Si se selecciona 3,8 mA como señal de conmutación, tendremos la ventaja añadida de que se podrá registrar, guardar y analizar con fines de diagnóstico la completa carrera de la válvula hasta su posición final. Por eso se podrán documentar y evaluar las pruebas de comprobación repetitivas o las conmutaciones falsas.



8 Equipos del SAMSON GROUP para sistemas instrumentados de seguridad

En función del análisis de riesgos, el usuario determina los requerimientos para el sistema instrumentado de seguridad. En principio, es libre de seleccionar los componentes necesarios. Empleando equipos arbitrarios el usuario puede determinar la idoneidad de los equipos para el sistema instrumentado de seguridad mediante el uso previo o consultando la documentación disponible. Sin embargo, usualmente, se utilizan equipos que van acompañados de especificaciones referentes a la seguridad y de declaraciones del fabricante donde se especifica la capacidad de usarlos en sistemas instrumentados de seguridad. También en este caso, el usuario es responsable de verificar la capacidad de los equipos para el proceso en concreto según VDI 2180.

Equipos del SAMSON GROUP con declaración del fabricante o certificados por un organismo independiente:

Válvulas de bola	PFEIFFER	Tipos BR 1a, 1b, 20a, 20b, 26d/s
Válvulas de mariposa	PFEIFFER	Tipos BR 4 b/c
Accionamiento rotativo	PFEIFFER	Tipo BR 31a
Válvulas de globo	SAMSON	Tipos 3241, 3251
Accionamientos lineales	SAMSON	Tipos 3277, 3271
Válvula de mariposa	LEUSCH	Tipo LTR-43
Válvulas de control	VETEC	Tipos 62, 72, 73, 82, 93
Electroválvulas	SAMSOMATIC	Tipos 3963, 3967
Posicionador	SAMSON	Serie 3730
Final de carrera	SAMSON	Tipo 3738
Amplificador neumático	SAMSON	Tipo 3755

Para obtener la declaración del fabricante y los datos de seguridad característicos de estos equipos así como comentarios respecto al uso de estos equipos en sistemas instrumentados de seguridad consultar las publicaciones de SAMSON WA 236 y TV-SK 9838-5.

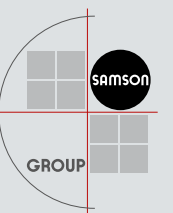
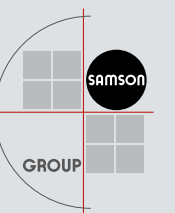
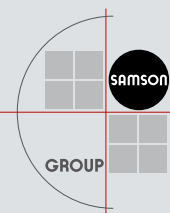




Fig. 7 · Equipos del SAMSON GROUP



9 Pruebas automatizadas

9.1 Elemento final

Como *elemento final* se entiende una válvula equipada con varios accesorios que la automatizan. Estos accesorios pueden ser electroválvulas, finales de carrera, amplificadores y otros equipos. A continuación se consideran algunas de las posibles combinaciones:

1. En la fig. 8 se representa una construcción clásica compuesta por una válvula de bola, un accionamiento rotativo, una electroválvula y un final de carrera. Mayores detalles en el esquema correspondiente.
2. En la fig. 9 se representa una configuración más avanzada según el estado actual de la técnica: las funciones del final de carrera y de la electroválvula están integradas en un mismo equipo. Como se puede ver en el esquema, esta construcción ofrece al usuario la misma funcionalidad que la construcción clásica. Adicionalmente, este equipo también dispone de un posicionador de la Serie 3730 o 3731, que se puede utilizar para el diagnóstico de válvulas. La principal ventaja es la integración de todos los componentes en una sola caja. El montaje al accionamiento se realiza de forma que todas las partes móviles se encuentran encapsuladas. Además de la ventaja del diagnóstico, esta variante ofrece un montaje robusto e inherentemente

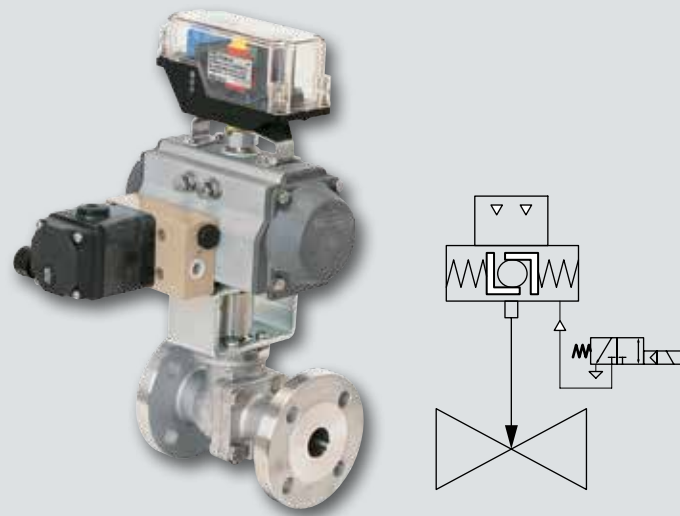


Fig. 8 · Válvula de bola automatizada

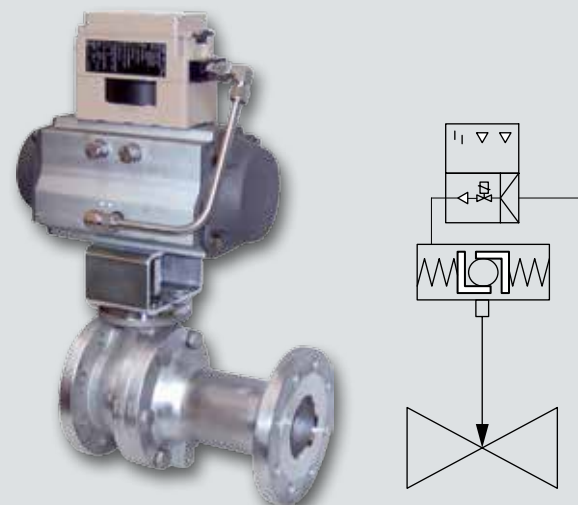


Fig. 9 · Válvula de bola con posicionador

seguro ya que se minimizan las interfaces y las piezas de montaje. Esta unidad se controla con las siguientes señales:

- 24 V para la electroválvula
- señal NAMUR (EN 60947-5-6) para los finales de carrera y la señal de alarma
- 4 a 20 mA como señal de mando del posicionador

3. En la fig. 10 también se representa una configuración avanzada según el estado actual de la técnica. En ésta el accionamiento rotativo está automatizado con un final de carrera inteligente Tipo 3738. Las señales de mando correspondientes son:

- 24 V para la electroválvula
- 2 señales NAMUR (EN 60947-5-6) para los finales de carrera
- 1 señal NAMUR (EN 60947-5-6) para el test de carrera parcial (PST) (opcional)
- 1 señal NAMUR (EN 60947-5-6) como señal de alarma (opcional)

Con esta configuración se puede utilizar el cableado clásico en campo. Aunque el final de carrera Tipo 3738 ofrece de estándar todas las alternativas de señal indicadas en una caja, es opcional su uso (como se indica). En el esquema dibujado el final de carrera está montado integrado, de forma que la conducción de aire entre final de carrera y accionamiento rotativo se efectúa directamente por la interfaz de montaje entre accionamiento y final de carrera. No es necesario un tubeado externo. Por eso, este montaje es especialmente robusto y económico.



Fig. 10 · Final de carrera electrónico Tipo 3738



9.2 Métodos de prueba

Las configuraciones descritas en los puntos 2 y 3, permiten la ejecución de pruebas automatizadas con el proceso en marcha según VDI 2180 hoja 5, parte 4.6. Los siguientes puntos se pueden automatizar o permiten componentes automatizados:

- Secuencia de prueba
- Registro de datos
- Archivado de datos

Cada configuración asegura pruebas reproducibles y consistentes. Este método es cualitativamente superior a las pruebas manuales y al registro manual de datos. La elevada exactitud de medición de los equipos propuestos beneficia la calidad de las pruebas y con ello el grado de cobertura del diagnóstico.

9.2.1 Test online: test de carrera parcial

Durante el test de carrera parcial, el obturador de la válvula se mueve con el proceso en marcha. Un valor típico de prueba es 10 % de la carrera, aunque se pueden tomar otros valores dependiendo de los requerimientos del proceso. Cuando se utiliza un posicionador, este desplazamiento se puede realizar como salto o como rampa. En la fig. 11 se muestra como ejemplo el resultado de un test obtenido con un posicionador de la Serie 3730. El posicionador montado en la válvula se encarga de la ejecución del test y del registro y almacenado de datos, no es necesaria una conexión online con el sistema de control. Los valores de diagnóstico determinados se pueden consultar en todo momento a través del sistema de gestión de activos superior. Las condiciones de la válvula de control se pueden analizar gracias a:

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Datos de diagnóstico determinados durante PST como por ej.: <ul style="list-style-type: none"> ■ posición final alcanzada por la válvula ■ gráfico carrera vs. tiempo ■ gráfico carrera vs. presión ■ tiempo muerto ■ tiempo de recorrido ■ evaluación del movimiento de la válvula (uniforme, brusco con efecto slip-stick) ■ fuerza de arranque ■ fuerza requerida para alcanzar la posición final | <ol style="list-style-type: none"> 2. Datos de proceso registrados constantemente <ul style="list-style-type: none"> ■ número de horas de operación ■ temperatura de operación ■ temperatura de operación superada ■ contador de ciclos ■ contador de carreras totales de la válvula |
|--|---|

En las instrucciones de montaje y servicio EB 8389 se describen las funciones detalladamente.

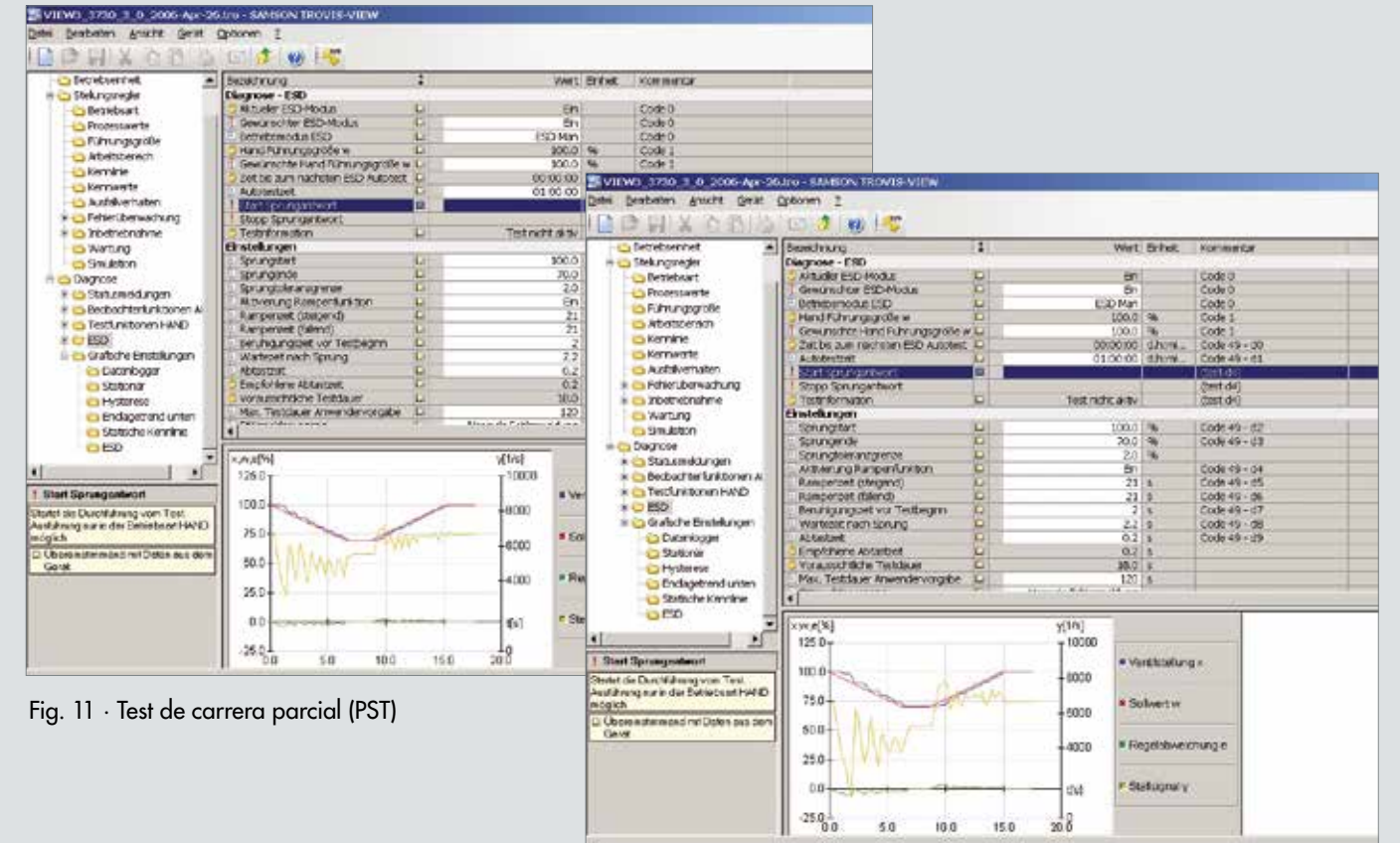
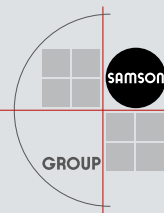


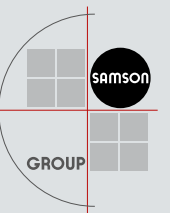
Fig. 11 · Test de carrera parcial (PST)

Fig. 12 · Detección de aumento del rozamiento

Como resultado, se cumplen los requerimientos estipulados por la VDI 2180 hoja 5 para registrar las siguientes variables:

- tiempo muerto,
- tiempo de recorrido,
- fuerza de accionamiento y
- gráfico carrera vs tiempo

En la fig. 12 se muestra claramente la influencia, por ej. de un valor de rozamiento elevado, en los datos de diagnóstico registrados en un test de carrera parcial. El tiempo muerto, el comportamiento de regulación y el comportamiento de la presión en el accionamiento cambian significativamente. En dicho ejemplo el accionamiento todavía es capaz de realizar su función y en caso de necesidad todavía podría cerrar. Es posible detectar con antelación un deterioro interno en aumento, por ej. debido al aumento de rozamiento.



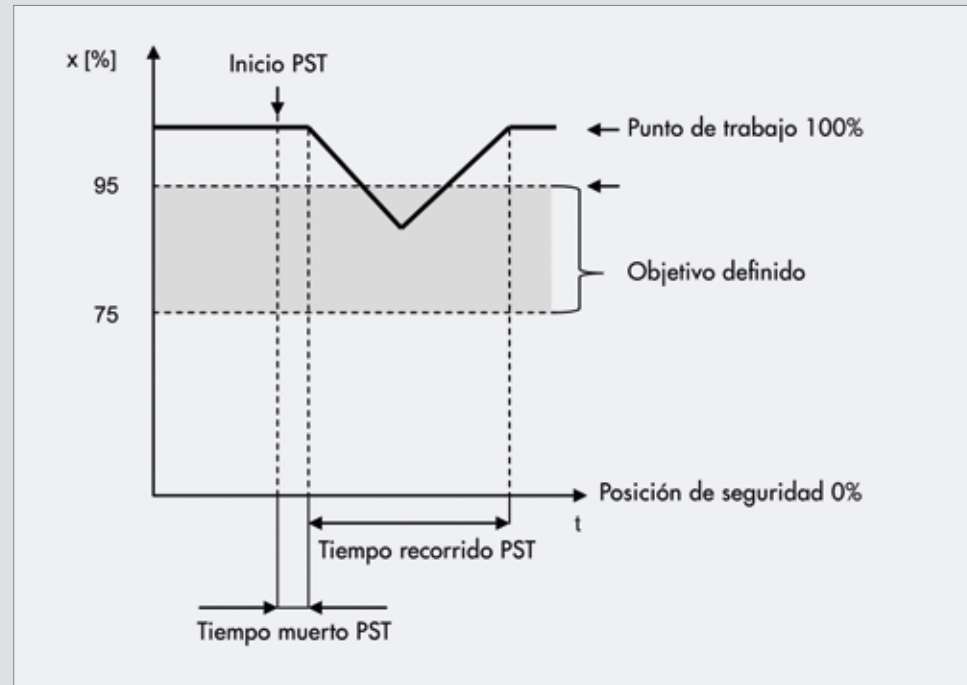
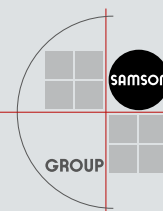


Fig. 13 · Test de carrera parcial avanzado con final de carrera Tipo 3738

La fig. 13 muestra un test de carrera parcial avanzado (Advanced Partial Stroke Test) realizado con un final de carrera electrónico Tipo 3738. En este caso, mediante pulsos de la electroválvula se activan determinados movimientos de la válvula. La longitud necesaria de los pulsos se determina durante una rutina de configuración automática. La misma electroválvula se utiliza para las funciones de prueba y para el paro de emergencia en caso de demanda, sin ser necesaria neumática adicional (EB 8390). Esto conlleva un elevado grado de cobertura de diagnóstico, lo cual se considera un beneficio especial.



9.2.2 Otras opciones de prueba

Según la VDI 2180, hoja 5, las funciones de diagnóstico de los equipos de campo inteligentes también se pueden utilizar para:

- la automatización y documentación de pruebas repetitivas de comprobación (fig. 14)
- el registro automático de conmutaciones falsas

Las posibilidades del diagnóstico se han descrito en el capítulo 9.2.1 "Test online: test de carrera parcial". El registro de conmutaciones falsas (spurious trips) es especialmente interesante. Por ejemplo, los posicionadores de la Serie 3730 y 3731, con ayuda de un registrador de datos interno y con la opción de activación son capaces de registrar movimientos de la válvula. El conjunto de datos obtenido se marca en el posicionador con un sello temporal y queda guardado contra fallo de corriente. Esto se puede usar retrospectivamente para la evaluación del funcionamiento de la válvula de control y del sistema instrumentado de seguridad.

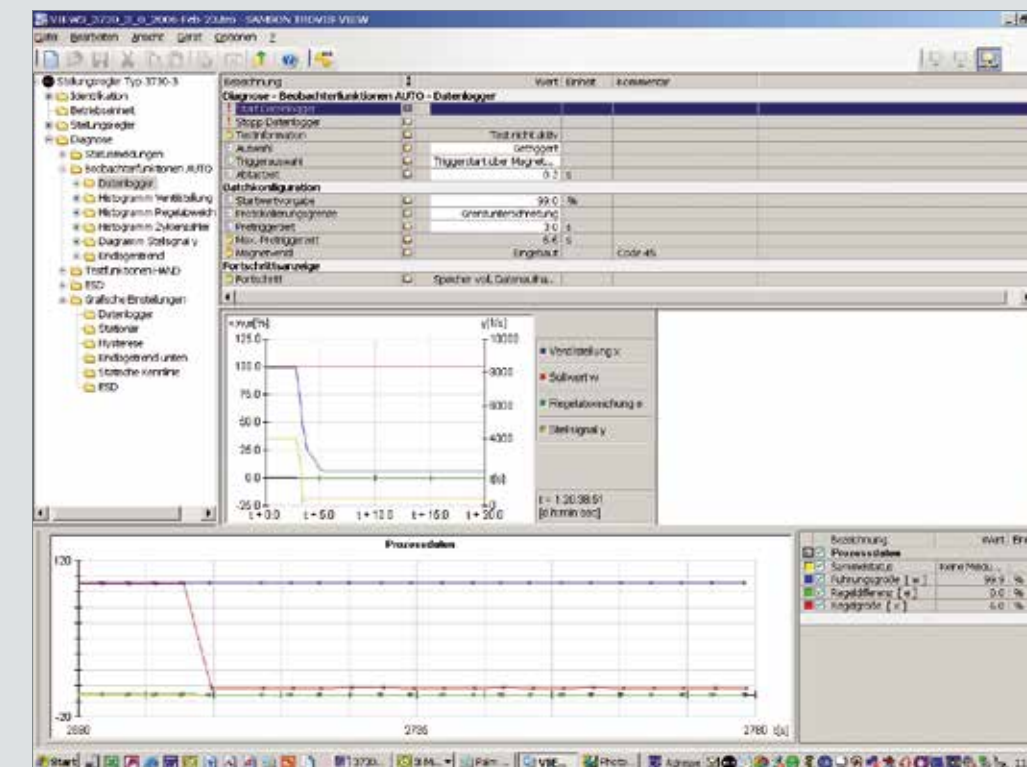
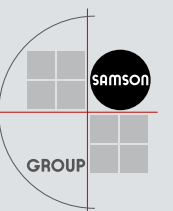


Fig. 14 · Pruebas repetitivas de comprobación





9.3 Integración en el sistema de control

9.3.1 Estructura

Para un uso satisfactorio de las pruebas anteriormente descritas es esencial su integración en el proceso, especialmente en el *ciclo de vida de seguridad*. La conexión del *elemento final* al PLC de seguridad debe asegurar su función en caso de demanda, y su integración en el sistema de gestión de activos debe asegurar la posibilidad de realizar los tests, el registro y el archivado de datos. A continuación se explican tres posibles estructuras:

La fig. 15 muestra una posible conexión de la válvula de control según la fig. 9. Se muestra la integración al sistema de control y al PLC de seguridad. La electroválvula para activar la válvula en caso de demanda recibe la señal de 24 V del PLC de seguridad. El posicionador adicional, proporciona las opciones de prueba online anteriormente descritas. El posicionador se controla desde el sistema de control. Para la configuración del posicionador, iniciar las pruebas y leer los datos de diagnóstico registrados se puede utilizar por ej. el protocolo HART® u otro protocolo de campo. Esta construcción cumple con la descripción según el estado actual de la técnica descrito en la VDI 2180 hoja 5. Sin embargo, tiene la desventaja de no incluir a la electroválvula en las pruebas. Es decir, un posible fallo de la electroválvula no se detectará. La fig. 16 muestra otra estructura de conexión. Se trata de una propuesta con consecuencias de amplio alcance.

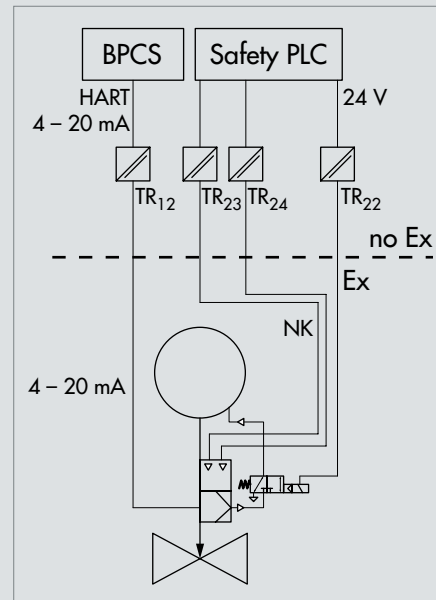


Fig. 15 · Configuración ESD 1

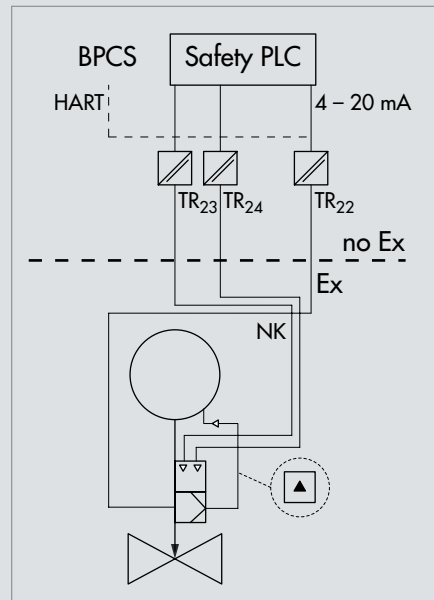


Fig. 16 · Configuración ESD 2

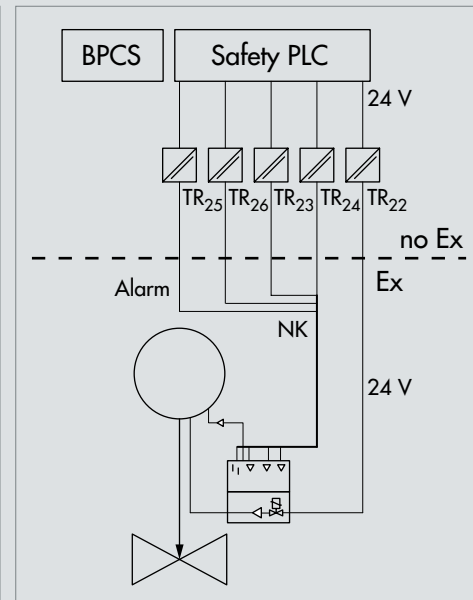
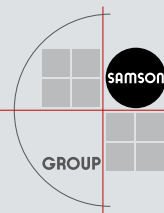


Fig. 17 · ESD, final de carrera electrónico Tipo 3738



El posicionador de la Serie 3730 se utiliza no sólo para las pruebas sino también como conmutador para paro de emergencia. Para ello la salida del posicionador está conectada directamente al accionamiento. En el caso de válvulas grandes, donde la capacidad neumática del posicionador no sea suficiente, se puede interponer un amplificador neumático Tipo 3755. El posicionador se controla con una señal de 4 a 20 mA. La válvula va a su posición final con una señal de 3,8 mA. Un organismo independiente (TÜV Rheinland®) certifica que el posicionador cumple ambos criterios de paro de emergencia:

- detección segura de la señal 4 mA y control de la neumática interna y
- funcionalidad segura de la neumática interna

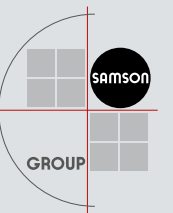
Se dispone de tarjetas de salida con señal de 4 a 20 mA certificadas para sistemas instrumentados de seguridad. Lo mismo aplica a los separadores Ex requeridos, en este caso convertidores corriente/corriente 4 a 20 mA. El lazo completo se puede construir con equipos disponibles en el mercado.

La configuración descrita comprueba todo el trayecto neumático, existe un alto grado de cobertura de diagnóstico. Se cumplen los siguientes criterios:

- test online de la válvula montada
- test online del trayecto neumático
- comunicación digital para la configuración, activación de tests y transmisión de datos de diagnóstico
- registro de conmutaciones falsas
- realización de pruebas de comprobación repetitivas
- regulación en las posiciones finales

El último punto de la lista anterior se refiere a un modo particularmente progresista de operar una válvula de seguridad. Aquí, en caso de demanda la válvula no se mantiene en la posición final deseada (por ej. válvula abierta) por un aumento excesivo de la presión de aire o de la fuerza sino que se regula una posición de apertura de por ej. 98 %. Este tipo de actuación aumenta la fiabilidad, ya que se evita el bloqueo en la posición final. Por otro lado, permite más funciones de diagnóstico guardadas en el posicionador.

En la fig. 17 se muestra la estructura utilizando un final de carrera electrónico Tipo 3738. La integración en el nivel de control es equivalente al cableado usual, esto representa una gran ventaja especialmente cuando se actualizan plantas ya existentes. El aviso en caso de anomalía se realiza a través de un contacto NAMUR.





9.3.2 Registro del test de carrera parcial

Si se desea utilizar los resultados, por ej. para aumentar el intervalo de pruebas, los datos obtenidos a partir de un test de carrera parcial se deberán registrar. Para hacerlo se puede utilizar una construcción como la de la fig. 17 (representación esquemática en fig. 18). Aquí se ajusta un final de carrera del posicionador Tipo 3730-x o el tercer contacto del final de carrera Tipo 3738 al valor deseado de movimiento de la válvula. En el caso del posicionador se puede utilizar la opción "final de carrera mecánico" ya que se trata de un componente certificado. En el caso del final de carrera, la funcionalidad "indicación segura" del punto de conmutación ajustado a través de la señal NAMUR está certificada por un organismo externo. El PLC de seguridad registra, asigna un sello temporal y archiva la señal del final de carrera.

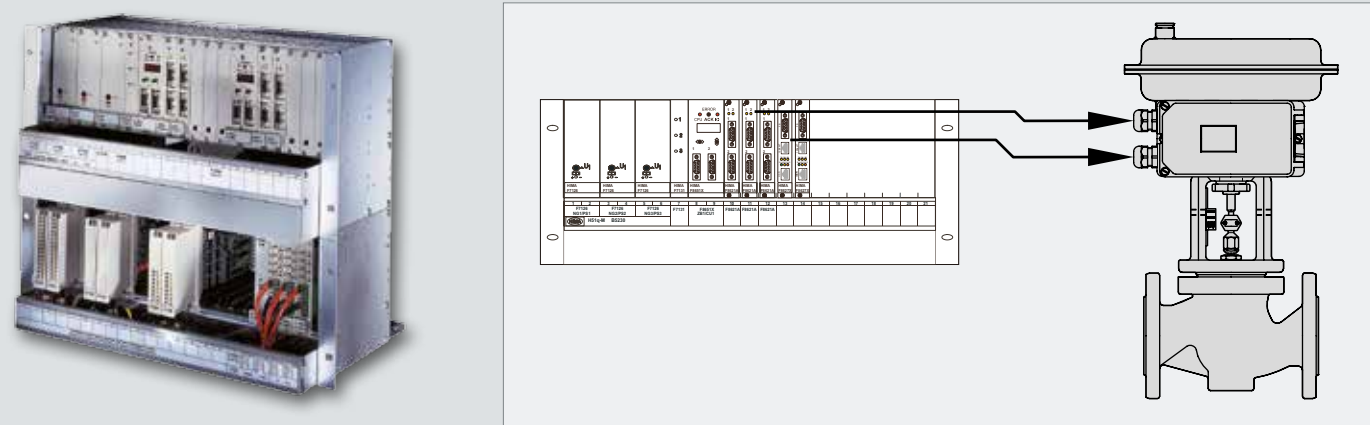
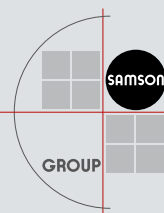


Fig. 18 · Registro PST mediante PLC de seguridad (fig. HIMA)

9.3.3 Flujo de trabajo (Workflow)

Un ciclo de test completo se puede dividir en los siguientes pasos:

- Activación del test
- Ejecución (la válvula va a la posición deseada)
- Registro de datos
- Almacenamiento de datos
- Análisis de datos
- Generación de una alarma
- Los datos se guardan en un archivo protegido contra manipulación
- Formación de una tendencia a partir de varios ciclos de test

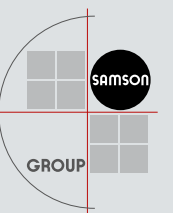


Flujo de trabajo (workflow)								
Activación	Ejecución	Registro online	Registro online	Guardar	Análisis	Alarma	Archivo	Tendencia
Conexión online del posicionador								
Manual/automático	Respuesta rampa/salto	Parámetros, carrera/tiempo		Gráfico parámetros	Posicionador Información	Generación de alarma		
Control distribuido								
Manual/automático		Registro de evento por el final de carrera	Guardar datos transmitidos	Gráfico parámetros	Condiciones del equipo	Generación alarma	Guardar en base de datos	Comparación de resultados

Fig. 19 · Flujo de trabajo (workflow) de un test de carrera parcial

La fortaleza de los posicionadores de la Serie 3730 se encuentra en su amplia funcionalidad de diagnóstico. El posicionador puede ejecutar individualmente cada uno de los puntos citados anteriormente. Como parte del completo *ciclo de vida de seguridad* tiene sentido una integración dentro de un esquema de gestión de activos consistente. En la fig. 19 se representa una posible propuesta. A partir de varias mediciones individuales y con ayuda de programas como el TROVIS SOLUTION es posible archivar los conjuntos de datos individuales y formar tendencias. Esto permite deducir indicios para un mantenimiento preventivo.

En el "Smart Valve Integration Center" de SAMSON AG se prueba la integración en los diferentes sistemas de control. Para mayores detalles consultar la publicación de SAMSON WA 232 "Expertos en la integración de equipos". En la fig. 20 se muestra la integración de un posicionador en un sistema Yokogawa Centum. La integración del diagnóstico del posicionador, en el ejemplo carrera parcial, se muestra en la fig. 21 para el sistema Yokogawa PRM y en la fig. 22 para el sistema Emerson AMS. El programa PST desarrollado por Yokogawa tiene un interés especial (fig. 23). Este programa permite configurar y monitorear tests online en el posicionador.



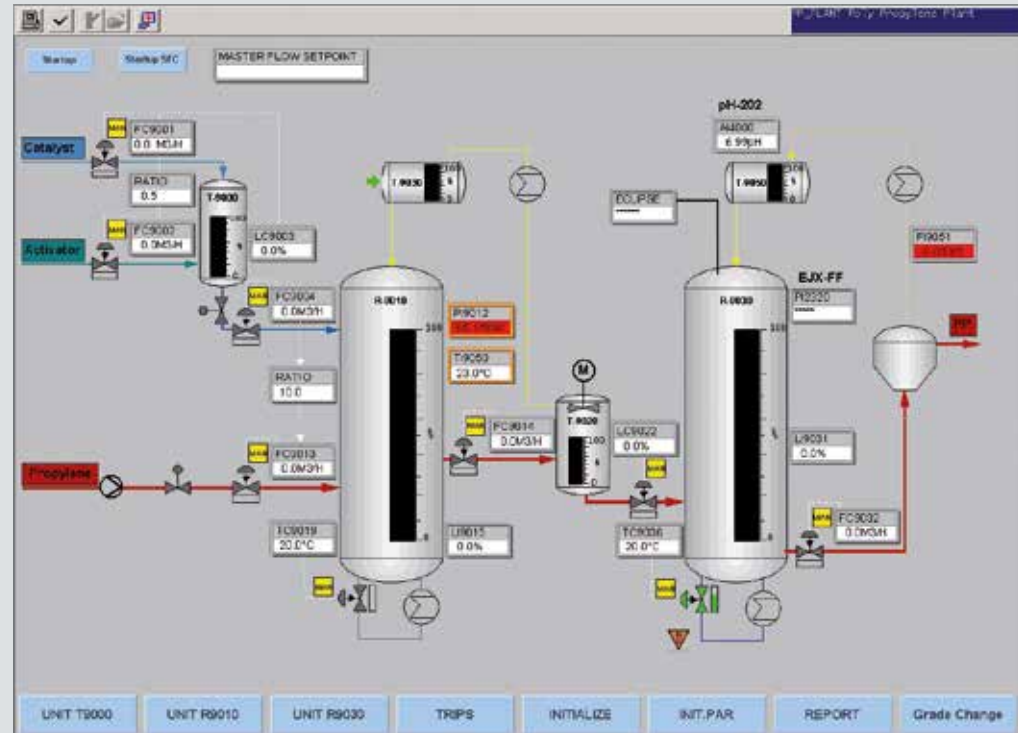


Fig. 20
Sistema de control
Yokogawa Centum

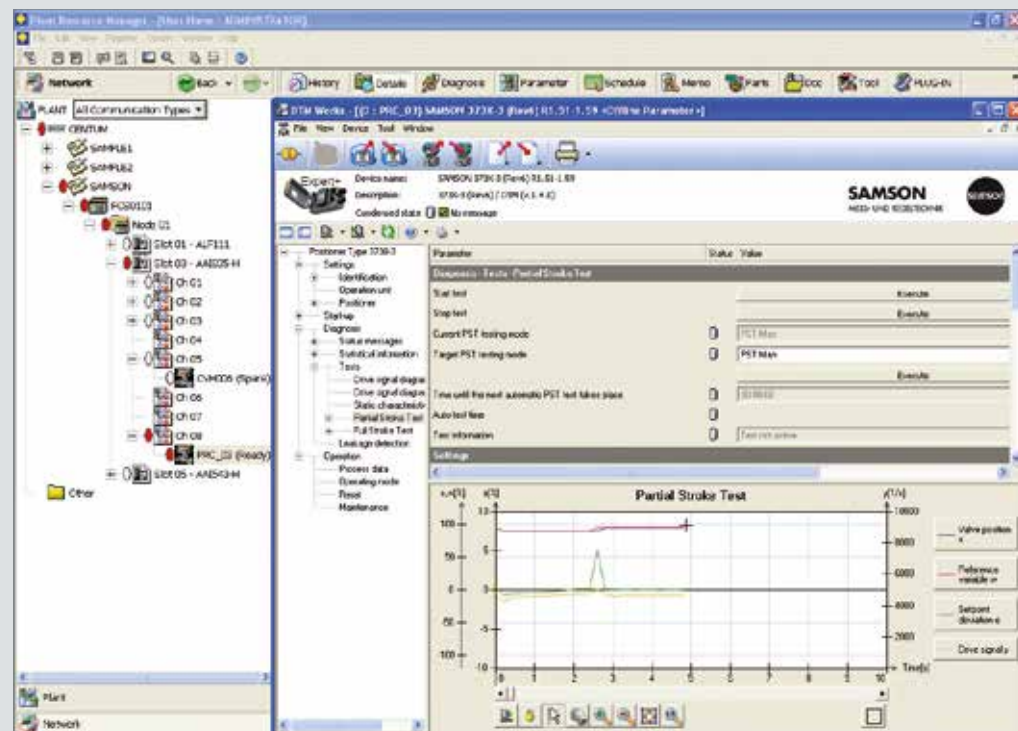


Fig. 21
Integración en sistema
Yokogawa PRM

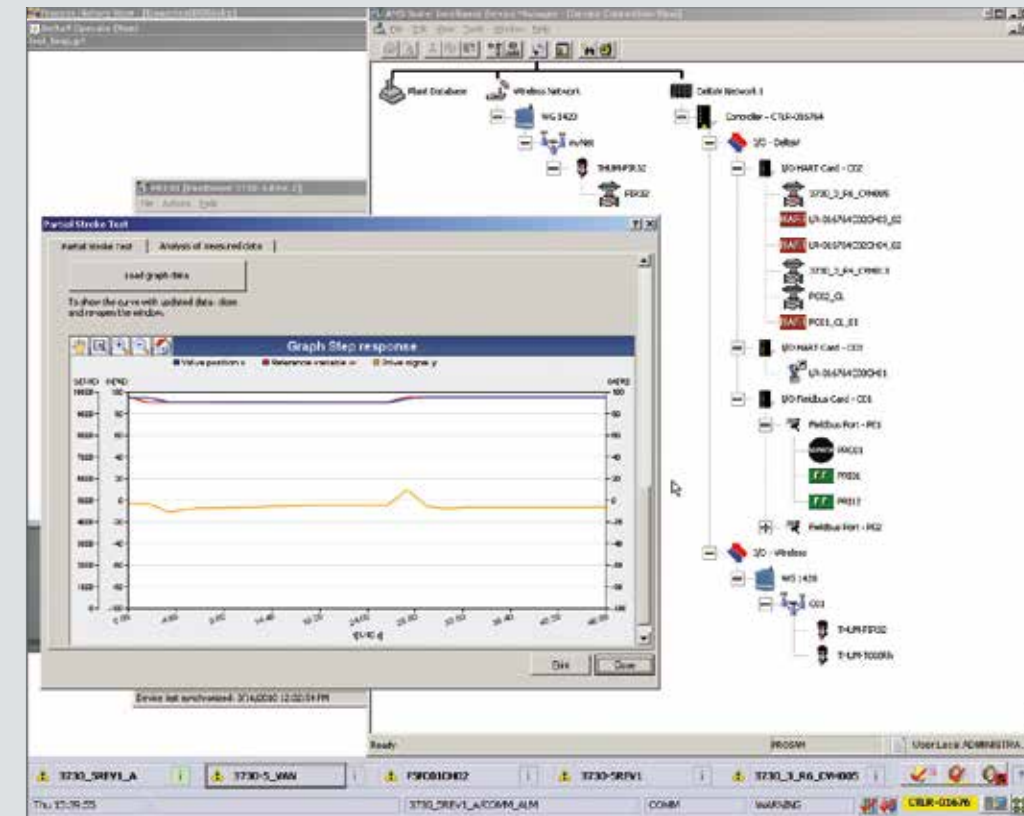
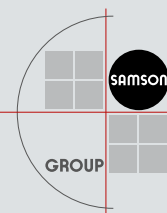


Fig. 22
Integración en sistema
Emerson AMS

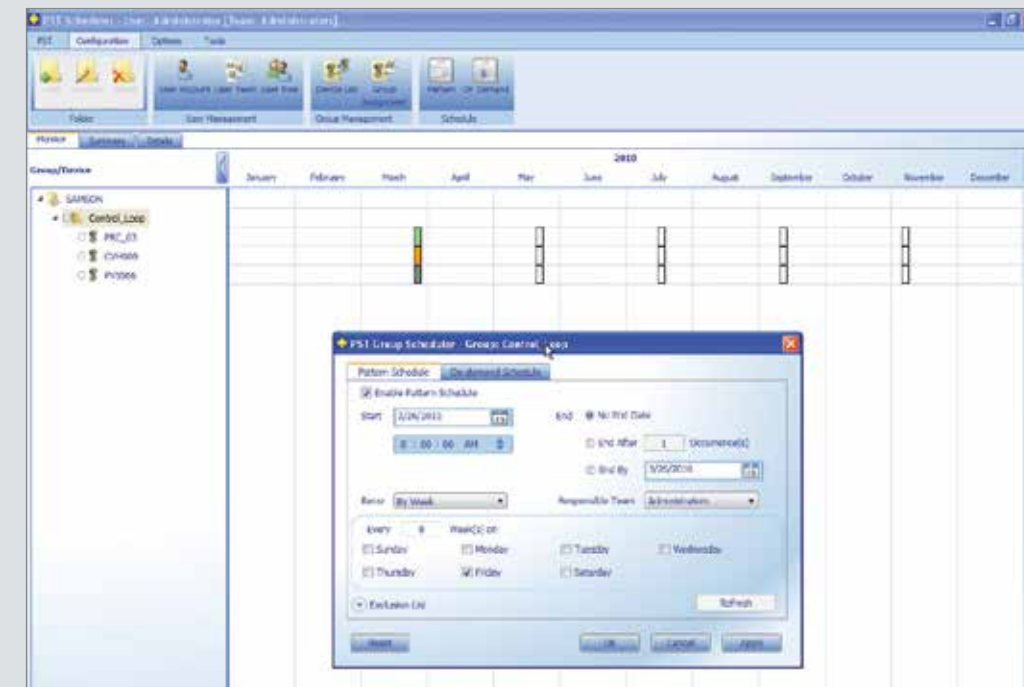
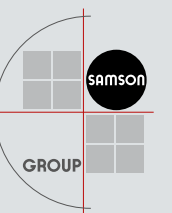


Fig. 23
Programa PST de Yokogawa





9.4 Efectos en el análisis de riesgos

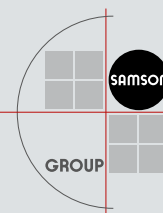
9.4.1 Fallos sistemáticos

Los fallos sistemáticos se deben excluir mediante el análisis de riesgos y tomando las medidas correspondientes. Especialmente en procesos nuevos o con intervalos entre pruebas mayores a los estándar, será importante tomar medidas para el reconocimiento de fallos sistemáticos no detectados. Según la VDI 2180 hoja 5, parte 4.6 pruebas automáticas con el proceso en marcha pueden aportar una seguridad adicional contra fallos sistemáticos no detectados.

9.4.2 Fallos aleatorios

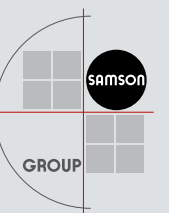
Mediante pruebas con el proceso en marcha es posible detectar fallos. Si el usuario asegura que los fallos detectados se tratan de acuerdo a esquemas específicos con una reparación o paro de planta, se reduce la cantidad de fallos peligrosos no detectados. De esta forma se mejora el resultado del valor PFD (probabilidad de fallo a demanda).

Para realizar un análisis cuantitativo se empieza por determinar el grado de cobertura del diagnóstico (DC). El grado de cobertura del diagnóstico indica que parte del número total de fallos se detectan con una determinada prueba. Mediante el test de carrera parcial, se puede detectar si una válvula puede quedar bloqueada en una de sus posiciones finales, mientras que no nos revela un fallo en el asiento de la válvula. Las pruebas indican que un déficit de reserva de momento es la causa principal de fallo, p.ej. en válvulas de bola, en sistemas instrumentados de seguridad, como consecuencia se puede asumir una elevada cobertura del diagnóstico. El grado de cobertura de diagnóstico depende del conjunto de fallos que aparecen en el proceso específico y de las posibilidades de diagnóstico. Por eso, la VDI 2180 hoja 5 en la tabla 2 propone como medio de determinación del grado de cobertura de diagnóstico un análisis de probabilidad de fallo e influencia (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA), que se basa en la posibilidad de diagnóstico en la planta específica (tabla 1). De esta forma se puede determinar un valor de cobertura de diagnóstico (DC). Una declaración del fabricante, sin hacer referencia a un proceso específico, en ocasiones dando hasta tres valores significativos, no se puede considerar fiable.



Fallos	Posibles causas de fallo	¿Fallo detectable? Test de carrera parcial (PST)	¿Fallo detectable? Test de de carrera total (FST)	Reconocimiento de fallos
La electroválvula no conmuta	Mando de la electroválvula defectuosos	detectable	detectable	reconocimiento con transmisor de posición
La electroválvula no conmuta	Electroválvula defectuosa	detectable	detectable	reconocimiento con transmisor de posición
Respuesta lenta de la válvula	Sección pequeña de la conducción de aire a la válvula	detectable	detectable	reconocimiento observando el tiempo hasta que se transmite la posición
Respuesta lenta de la válvula	la válvula se mueve con dificultad	detectable	detectable	reconocimiento observando el tiempo hasta que se transmite la posición
La válvula no cierra (completamente)	asiento y obturador de la válvula "gastados"	no detectable	detectable	no se puede reconocer con PST
La válvula no cierra (completamente)	depósitos en el asiento de la válvula	no detectable	detectable	no se puede reconocer con PST
La válvula no cierra	vástago del obturador bloqueado	detectable	detectable	reconocimiento con transmisor de posición

Tabla 1 · Resumen de fallos y su reconocimiento





Si se ha determinado la cobertura del diagnóstico (DC), el valor PFD mejorado se puede calcular según la fórmula (3):

$$\text{Fórmula (3) } PFD = \frac{1}{2} \lambda_{du} \cdot DC \cdot T_{PST} + \frac{1}{2} \lambda_{du} \cdot (1 - DC) \cdot T_{PR3}$$

PFD: probabilidad de fallo de la función de seguridad en caso de demanda
 DC: grado de cobertura del diagnóstico
 T_{PST} : intervalo de test de carrera parcial (PST)
 λ_{du} : frecuencia de fallos peligrosos no detectados (1/h)
 T_{PR} : intervalo de pruebas de comprobación repetitivas

La fórmula es fácil de entender. Los fallos no detectados durante el test de carrera parcial se deben considerar cuando se calcula el valor PFD, mientras que el efecto de los fallos detectables se puede omitir. Para hacerlo, el intervalo de test de carrera parcial debería ser considerablemente más grande que el de las pruebas de comprobación, por ej. 10 hasta 20 veces mayor. En la fig. 24 se comparan los valores PFD obtenidos para un sistema instrumentado de seguridad específico. En el ejemplo los valores se han escogido de forma que el sistema instrumentado de seguridad necesite ser probado después de un año para tener un nivel SIL 2. El valor elegido de cobertura de diagnóstico de 0,6 (60 %), es un valor más bien conservativo. Con este valor es posible extender el intervalo para realizar el test de comprobación hasta dos años efectuando mensualmente un test de carrera parcial. Este resultado es plausible: más de la mitad de fallos peligrosos no detectados se eliminan y por lo tanto el intervalo de prueba de comprobación aproximadamente se duplica.

A continuación un ejemplo con números. Se supone:

- $\lambda_{du} = 1,14 \cdot 10^{-6}/h$
- $T_{PR} = 1$ año (8760 horas)

A partir de la fórmula (1) se calcula un valor PFD de $5 \cdot 10^{-3}$. Este valor corresponde con la mitad de la disponibilidad de seguridad requerida para SIL 2. Como resultado, el circuito con este PFD se puede utilizar como SIL 2, para los demás componentes del circuito queda un valor igual de grande.

En el circuito se debe ejecutar un test de carrera parcial. Se supone:

- DC = 0,6
- $T_{PST} = 1$ mes
- $T_{PR} = 2$ año

A partir de la fórmula (2) se calcula un valor PFD de $4,2 \cdot 10^{-3}$. Como resultado también podemos clasificar el sistema como SIL 2 con un valor aproximadamente igual de PFD pero con un intervalo de prueba de comprobación ampliado a dos años.

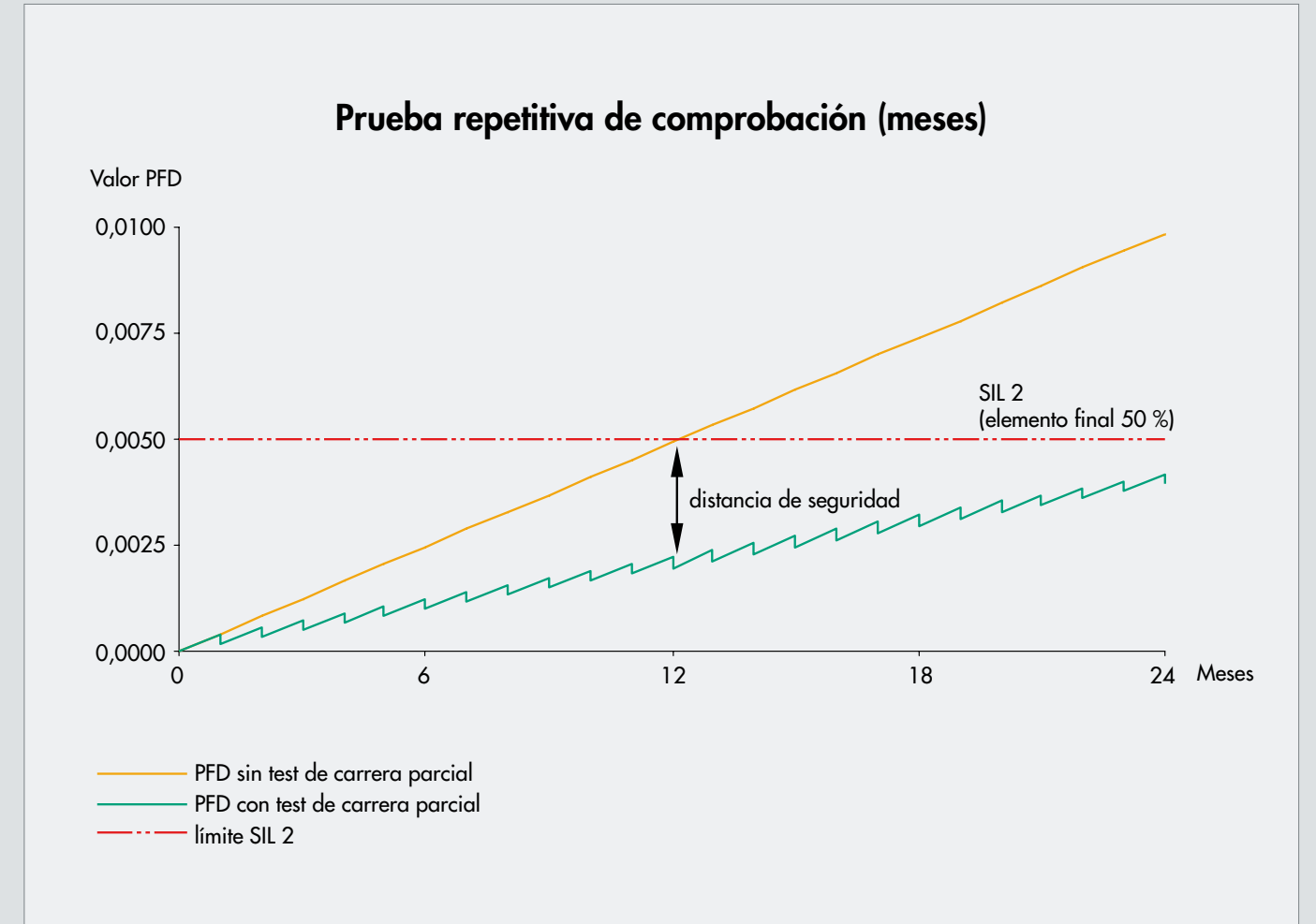
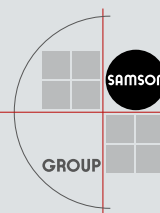
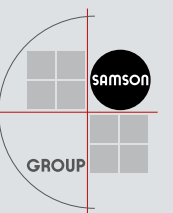


Fig. 24 · Valor PFD con test de carrera parcial



9.4.3 Medidas para la tolerancia de fallos

La DIN EN 61511 y la VDI 2180 establecen un límite claro: sólo hasta SIL 2 es posible una instrumentación monocanal, y sólo en el caso de utilizar equipos probados en uso. Un sistema instrumentado de seguridad con una cobertura de riesgo SIL 3 requiere siempre redundancia, es decir, dos válvulas. Este requerimiento no afecta a las pruebas online.

10 Ciclo de vida

En el capítulo anterior se ha discutido la automatización de válvulas empleadas en sistemas instrumentados de seguridad. La discusión se ha limitado deliberadamente para conseguir una visión general del asunto. El *ciclo de vida de seguridad* es la clave de una operación rentable, una elevada fiabilidad de la planta y un elevado nivel de seguridad. Muchas fases de este *ciclo de vida* se pueden respaldar efectivamente utilizando instrumentación a la vanguardia (fig. 25).

Ciclo de vida de seguridad (safety life cycle)

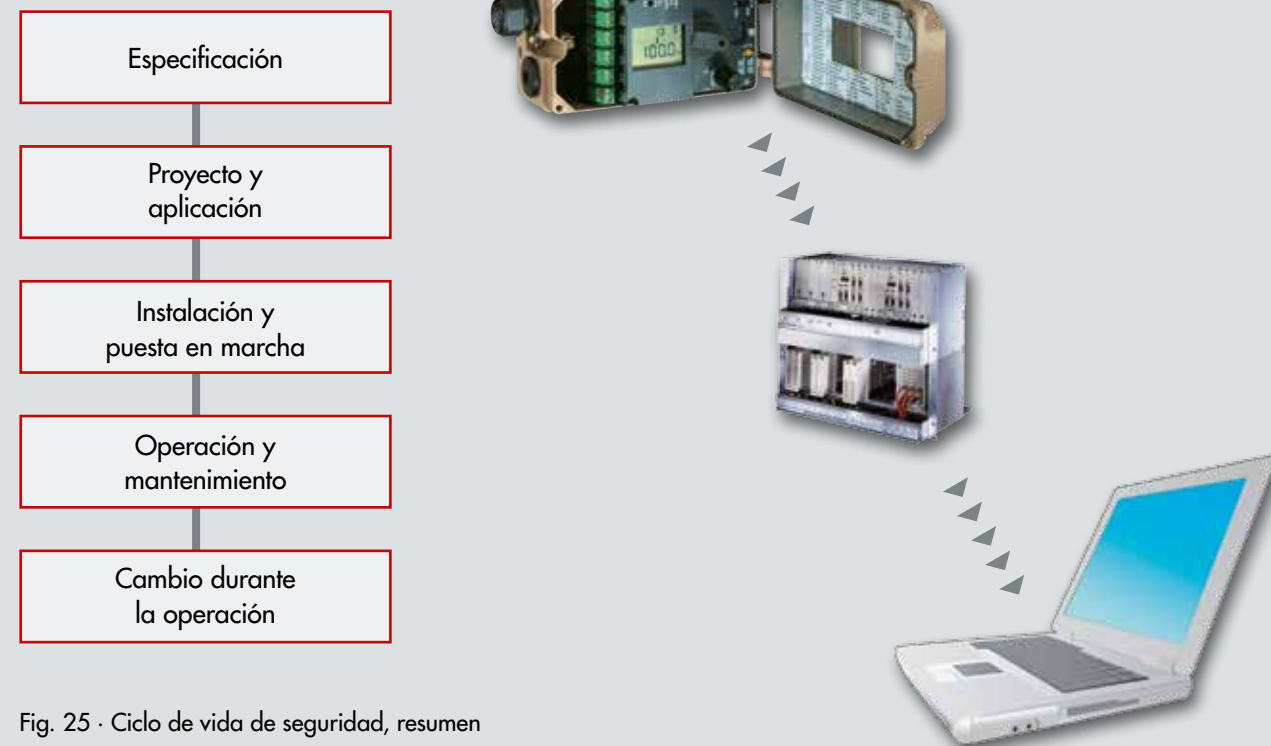


Fig. 25 · Ciclo de vida de seguridad, resumen

11 Bibliografía

1. DIN EN 61511
2. VDI 2180 hoja 5
3. Recomendación NAMUR NE 130
4. "Especialistas en funciones de seguridad – Seguridad funcional de válvulas de globo, de obturador rotativo, de bola y de mariposa", SAMSON AG, WA 236
5. "Expertos en la integración de equipos – SMART VALVE INTEGRATION CENTER", WA 232
6. "Manual para el uso de los posicionadores Tipo 373x-x en sistemas instrumentados de seguridad", SAMSON AG, TV-SK 9838-5
7. "Final de carrera electrónico Tipo 3738-20", SAMSON AG, EB 8390
8. "Serie 3730 – Posicionador electroneumático Tipo 3730-3", versión de firmware 1.5x, SAMSON AG, EB 8384-3
9. "Serie 3730 y 3731 – Diagnóstico de válvulas EXPERT+ con PST (Partial Stroke Test)", SAMSON AG, T 8389
10. "Posicionadores de la Serie 373x – Diagnóstico de válvulas EXPERTplus", SAMSON AG, EB 8389
11. "TROVIS SOLUTION", SAMSON AG, WA290
12. Götz, Hildebrandt, Karte, Schäfer, Ströbl: "Realisierung von Schutzeinrichtungen in der Prozessindustrie – SIL in der Praxis", atp 8/2008
13. T. Karte, J. Kiesbauer "Diagnosefähige Ventilstellungsregler und ihre Anwendung in sicherheitsgerichteten Kreisen", Industriearmaturen 3/2008
14. T. Karte, J. Kiesbauer "Partial Stroke Testing For Final Elements", Proceedings of Petroleum and Chemical Industry Conference (PCIC) Europe 2005, Basle, Switzerland
15. J. Kiesbauer, T. Karte, K. Schärtner "Intelligenter Grenzsignalgeber für Auf/Zu-Armaturen in der Prozesstechnik", atp 5/2009
16. J. Kiesbauer, G. König "Smart und sicher bei Auf/Zu-Automatisierungstrends bei Armaturen", Industriearmaturen 4/2007
17. J. Kiesbauer, G. König "Ganzheitliches Asset Management bei Stellgeräten", Industriearmaturen 4/2005
18. T. Karte, E. Nebel, M. Dietz, H. Essig "Kennwerte und Einsatz von Ventilen in der Prozessindustrie entsprechend IEC 61508/61511", atp 2/2005
19. T. Karte, K. Schärtner "Partial Stroke Testing an Stellgeräten zur Verlängerung der Anlagenlaufzeit", atp 4 – 2005
20. T. Karte, B. Schäfer "Diagnosefähige Aktorik in sicherheitsgerichteten Kreisen – Ein Vergleich von Architekturkonzepten", atp edition 6 / 2012, WO284

■ Presencia local en todo el mundo



SAMSON S.A. · TÉCNICA DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN
Pol. Ind. Cova Solera · Avda. Can Sucarrats 104
Apartado 311 · 08191 Rubí (Barcelona)
Teléfono: 93 586 10 70 · Telefax: 93 699 43 00
E-mail: samson@samson.es · Internet: www.samson.es
SAMSON GROUP · www.samsongroup.net