

## **Informe Técnico Estudio de Confiabilidad**

---

Ciente: WENLEN S.A.

Producto/s: Válvulas WB5

Número: 198.105.041.1

Revisión: 1.0

Fecha: 30 de Julio de 2010

Realizado por: Lic. Ricardo A. Vittoni

© 2002 - 2010 Risknowlogy

Todos los derechos reservados.

LÍMITE DE RESPONSABILIDAD – Este informe fue preparado utilizando nuestro mejor esfuerzo. Risknowlogy no acepta ninguna responsabilidad por omisiones o inexactitudes en este informe que pudieran ser causadas por el hecho de que cierta información o documentación no hubiera estado disponible para su análisis. Toda responsabilidad en relación con este informe está limitada al límite de indemnización indicado en el documento Términos y Condiciones Generales de Risknowlogy, cuya copia está disponible a pedido.

Impreso en Argentina.

Este documento es propiedad de Risknowlogy. No puede ser distribuido ni duplicado, ni en forma total ni en parte, por ningún medio impreso y/o magnético y/o electrónico sin la expresa autorización escrita de Risknowlogy.

Risknowlogy®, el logo de Risknowlogy, Functional Safety Data Sheet® y Spurious Trip Level® son marcas registradas de Risknowlogy, STL™ es marca registrada de Risknowlogy.

## Revisiones

Revisión No.	Fecha	Descripción
0.1	21-07-2010	Informe preliminar
0.2	28-07-2010	Verificación y auditoría
1.0	30-07-2010	Informe final

## Indice de contenidos

<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>5</b>
<b>Tabla 1 - Dispositivos analizados</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 2 - Resumen de características de Seguridad Funcional</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 3 - Confiabilidad en función del tiempo</b>	<b>9</b>
<b>Introducción</b>	<b>10</b>
<b>Objetivo</b>	<b>10</b>
<b>Alcance</b>	<b>10</b>
<b>Acerca del Proyecto</b>	<b>11</b>
<b>Acerca de Risknowlogy</b>	<b>11</b>
<b>Estudio de Confiabilidad</b>	<b>12</b>
<b>FMEA</b>	<b>12</b>
<b>Tasas de falla utilizadas en el FMEA</b>	<b>12</b>
<b>Significado de parámetros y resultados en planillas FMEA</b>	<b>13</b>
<b>Resultados del FMEA</b>	<b>13</b>
<b>MARKOV</b>	<b>13</b>
<b>Resultados del análisis de Markov</b>	<b>13</b>
<b>Figura 1 – PFD y PFDavg durante el tiempo de servicio (típico)</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2 – AV y AVavg durante el tiempo de servicio (típico)</b>	<b>15</b>
<b>Referencias</b>	<b>16</b>
<b>Documentos adjuntos al presente informe</b>	<b>16</b>
<b>Documentación suministrada por WENLEN S.A.</b>	<b>16</b>
<b>Bases de Datos</b>	<b>16</b>
<b>Bases para la realización del análisis</b>	<b>16</b>
<b>Términos y Definiciones</b>	<b>17</b>
<b>Términos FMEA</b>	<b>18</b>

## Resumen ejecutivo

El presente informe corresponde al estudio de confiabilidad, realizado por RISKNOWLOGY, para la familia de válvulas WB5 fabricadas por WENLEN S.A..

La Tabla 1 muestra un listado de las válvulas analizadas. Para esta familia, RISKNOWLOGY ha realizado un análisis FMEA y un estudio de MARKOV, a fin de determinar las propiedades de confiabilidad más importantes de dichas válvulas, en relación con la ejecución de la función de seguridad que éstas deben proveer.

Estos estudios se han realizado siguiendo los lineamientos de la norma de seguridad funcional IEC 61508, por lo cual, a fin de lograr una comprensión cabal de los resultados indicados en este informe, será necesario conocer y entender dichos lineamientos. Sin perjuicio de esto, en el apartado Términos y Definiciones, se podrá hallar el significado de los términos técnicos utilizados.

Según IEC 61508, un certificado de aptitud a nivel del hardware de un dispositivo que va a ser utilizado en seguridad funcional requiere, fundamentalmente:

- La realización de un *assessment* (auditoría) completo de los procesos de fabricación, montaje, mantenimiento y reparación del fabricante.
- La realización de un *assessment* (auditoría) completo, de los sistemas de gestión de la calidad y de gestión de la seguridad funcional del fabricante.
- La realización de un estudio técnico que permita conocer la confiabilidad del equipamiento para ejecutar la función de seguridad que a éste se le atribuye.

Con respecto a los primeros dos puntos, cabe aclarar que RISKNOWLOGY no ha realizado auditoría alguna sobre los procesos de fabricación, montaje, mantenimiento y reparación, ni sobre los sistemas de gestión de la calidad y de gestión de la seguridad funcional de WENLEN S.A., ni de ninguno de los fabricantes de otros componentes, ajenos a la fabricación de WENLEN S.A., que se hallan incluidos en los dispositivos bajo análisis.

RISKNOWLOGY se ha limitado, exclusivamente, a la realización del estudio de confiabilidad de hardware del equipamiento mencionado, sobre la base de la documentación suministrada por WENLEN S.A.<sup>1</sup>

La función de seguridad de una válvula WB5 es:

*Proveer el cierre hermético, sin demora alguna<sup>2</sup>, al recibir una acción de cierre por medio del giro (¼ de vuelta) de su eje de actuación, a fin de evitar la circulación de cualquier fluido a través de su cuerpo.*

Dicha acción de cierre podrá provenir de:

- a) Un accionamiento manual (en caso de que se hubiere acoplado a la válvula WB5 un dispositivo de accionamiento manual)
- b) Un accionamiento eléctrico remoto (en caso de que se hubiere acoplado a la válvula WB5 un actuador electromecánico o electro-neumático).

Sin embargo, el análisis se abstrae de cuál es el origen de dicha acción de cierre, toda vez que dichos accionamientos no se proveen como parte del dispositivo bajo análisis<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Al no contar WENLEN S.A. con registros estadísticos propios, los estudios se han realizado sobre la base de tasas de falla genéricas, indicadas en las fuentes de referencia listadas en la Tabla 6, las cuales han sido seleccionadas por RISKNOWLOGY según su mejor criterio, experiencia y conocimiento.

Los resultados de este estudio de confiabilidad serán válidos, entonces, toda vez que los dispositivos en sí, así como sus componentes, sean consistentes con la información técnica que se ha utilizado para el desarrollo del presente análisis, y en tanto el usuario aplique y mantenga los dispositivos analizados de acuerdo con las prescripciones de WENLEN S.A.

<sup>2</sup> Todas aquellas fallas que pudieren afectar el cierre hermético son consideradas en este análisis como fallas peligrosas. Del mismo modo, son consideradas como fallas peligrosas, todas aquellas fallas que pudieren generar rozamiento interno tendiente a demorar la acción de cierre.

<sup>3</sup> Se proveen estudios de confiabilidad independientes para estos accionamientos.

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos del análisis FMEA realizado, los cuales permiten conocer la confiabilidad del equipamiento para desarrollar dicha función. En la tabla se indican, además, parámetros de seguridad funcional definidos en IEC 61508, como Tipo, SFF y HFT.

Por otro lado, al ser el FMEA un tipo de análisis que no permite considerar la combinación simultánea de distintos tipos de falla en el tiempo, se ha desarrollado un estudio de MARKOV que permite estimar la confiabilidad del equipamiento incluyendo diferentes tipos de fallas y su desarrollo durante el tiempo de servicio, considerando asimismo, dentro de este período, la realización de pruebas manuales periódicas.

La Tabla 3 resume los resultados que han podido obtenerse al simular la ejecución de la función de seguridad de estas válvulas, tanto para el primer año de operación, como hacia el final del tiempo de servicio estipulado (las Figuras 1 y 2, al final del informe, muestran gráficos típicos de la variación de estos resultados en función del tiempo).

Los datos de confiabilidad así obtenidos podrán utilizarse, *a posteriori*, para determinar los niveles SIL y STL<sup>™</sup> de las Funciones Instrumentadas de Seguridad (SIF) en las que estas válvulas WB5 pudieren ser utilizadas, teniendo en cuenta las restricciones y consideraciones establecidas por las normas de aplicación.

Suscribe el presente informe, a los 30 días del mes de Julio de 2010,



Lic. Ricardo A. Vittoni  
RISKNOWLOGY FS Expert

**Tabla 1 - Dispositivos analizados**

Grupo	Descripción
WB5	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tipo: Válvula esférica, ¼ de vuelta, tripartida, con esfera guiada.</li><li>- Tamaños: 6" a 36" (nominal)</li><li>- Schedule: 150 a 2500</li><li>- Versión: 1</li></ul>

**Tabla 2 - Resumen de características de Seguridad Funcional**

Descripción	WB5
Tipo	A
Tolerancia a Fallas de Hardware (HFT)	0
Fracción de Falla Segura (SFF) (ver Nota)	0
Tasa Fallas Seguras Detectadas (SD) [1/h] (ver Nota)	0
Tasa de Fallas Seguras NO Detectadas (SU) [1/h] (ver Nota)	0
Tasa de Fallas Peligrosas Detectadas (DD) [1/h] (ver Nota)	0
Tasa de Fallas Peligrosas NO Detectadas (DU) [1/h]	1,72 E-07
Tiempo medio para fallar en forma Peligrosa (MTTFd) [años]	663

### Nota

Al depender la ejecución de la función de seguridad de dispositivos externos, no puede considerarse que las válvulas analizadas tengan fallas seguras, es decir, “fallas internas que hagan que el dispositivo ejecute su función de seguridad sin que haya una demanda que lo justifique” y, por lo tanto, todas las fallas son consideradas como fallas peligrosas, es decir, “fallas internas que impiden o dificultan que el dispositivo ejecute la función de seguridad ante una demanda”. Tampoco existe la posibilidad que los elementos analizados posean autodiagnóstico interno, por lo cual tampoco existen fallas peligrosas detectadas. De acuerdo con estas consideraciones, la SFF es igual a cero.



**Tabla 3 - Confiabilidad en función del tiempo**

<b>Descripción</b>	<b>WB5</b>
Tiempo de servicio	15 años
Intervalo entre pruebas periódicas (PTI)	1 año
Efectividad de las pruebas periódicas	90%
PFD (primer año)	1,5 E-03
PFDavg (primer año)	7,5 E-04
PFD (a los 15 años)	1,7 E-03
PFDavg (a los 15 años)	9,1 E-04
AVavg (primer año)	99,92%
AVavg (a los 15 años)	99,90%
Es apropiado para su uso en funciones de nivel SIL	3 (ver Notas)

### Notas

La expresión “es apropiado para su uso en funciones de nivel SIL” tiene en cuenta las siguientes condiciones:

- La expresión se refiere solamente a la confiabilidad de la válvula expresada en función de la probabilidad media de ocurrencia de sus fallas aleatorias (PFDavg), para el intervalo entre pruebas manuales (PTI) indicado.
- Las válvulas analizadas no tienen la posibilidad de llevar el proceso a un estado seguro por sí mismas (SFF=0), por lo cual no deberá utilizárselas en funciones de seguridad, a menos que se les provea de los mecanismos auxiliares que sí lo permitan (por ejemplo, actuadores con mecanismo de resorte para el cierre de la válvula).
- No se considera la tolerancia a fallas de hardware (HFT) necesaria para cada nivel SIL, la cual deberá ser considerada, según pudiere corresponder al sub-sistema en que estas válvulas fueren implementadas, de acuerdo con las restricciones de arquitectura indicadas por IEC 61508 o por IEC 61511.
- No se consideran los aspectos relacionados con las fallas sistemáticas, ni con las fallas de causa común, que pudieren aplicar en cada implementación particular de estas válvulas y del equipamiento que éstas tuvieren asociado.

# Introducción

## Objetivo

Llevar a cabo el estudio de confiabilidad de la familia de válvulas serie WB5, fabricadas por WENLEN S.A. y listadas en la Tabla 1.

El estudio se refiere a la confiabilidad de las válvulas WB5 para ejecutar el cierre hermético, sin demora alguna, al recibir una acción de cierre por medio del giro ( $\frac{1}{4}$  de vuelta) de su eje de actuación, a fin de evitar la circulación de cualquier fluido a través de su cuerpo.

## Alcance

Estos estudios se realizan siguiendo los lineamientos de la norma de seguridad funcional IEC 61508, por lo cual, a fin de lograr una comprensión cabal de los resultados indicados en este informe, será necesario conocer y entender dichos lineamientos. Sin perjuicio de esto, en el apartado Términos y Definiciones, se podrá hallar el significado de los términos técnicos utilizados.

Según IEC 61508, un certificado de aptitud a nivel del hardware de un dispositivo que va a ser utilizado en seguridad funcional requiere, fundamentalmente:

- La realización de un *assessment* (auditoría) completo de los procesos de fabricación, montaje, mantenimiento y reparación del fabricante.
- La realización de un *assessment* (auditoría) completo, de los sistemas de gestión de la calidad y de gestión de la seguridad funcional del fabricante.
- La realización de un estudio técnico que permita conocer la confiabilidad del equipamiento para ejecutar la función de seguridad que a éste se le atribuye.

Con respecto a los primeros dos puntos, cabe aclarar que RISKNOWLOGY no ha realizado auditoría alguna sobre los procesos de fabricación, montaje, mantenimiento y reparación, ni sobre los sistemas de gestión de la calidad y de gestión de la seguridad funcional de WENLEN S.A., ni de ninguno de los fabricantes de otros componentes, ajenos a la fabricación de WENLEN S.A., que se hallan incluidos en los dispositivos bajo análisis.

RISKNOWLOGY se ha limitado, exclusivamente, a la realización del estudio de confiabilidad de hardware del equipamiento mencionado sobre la base de la documentación suministrada por WENLEN S.A.

La función de seguridad de una válvula WB5 es:

*Proveer el cierre hermético, sin demora alguna<sup>4</sup>, al recibir una acción de cierre por medio del giro ( $\frac{1}{4}$  de vuelta) de su eje de actuación, a fin de evitar la circulación de cualquier fluido a través de su cuerpo.*

Dicha acción de cierre podrá provenir de:

- a) Un accionamiento manual (en caso de que se hubiere acoplado a la válvula WB5 un dispositivo de accionamiento manual)
- b) Un accionamiento eléctrico remoto (en caso de que se hubiere acoplado a la válvula WB5 un actuador electromecánico o electro-neumático).

Sin embargo, el análisis se abstrae de cuál es el origen de dicha acción de cierre, toda vez que dichos accionamientos no se proveen como parte del dispositivo bajo análisis.

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos del análisis FMEA realizado, los cuales permiten conocer la confiabilidad del equipamiento para desarrollar dicha función. En la tabla se indican, además, parámetros de seguridad funcional definidos en IEC 61508, como Tipo, SFF y HFT.

---

<sup>4</sup> Todas aquellas fallas que pudieren afectar el cierre hermético son consideradas en este análisis como fallas peligrosas. Del mismo modo, son consideradas como fallas peligrosas, todas aquellas fallas que pudieren generar rozamiento interno tendiente a demorar la acción de cierre.

Por otro lado, al ser el FMEA un tipo de análisis que no permite considerar la combinación simultánea de distintos tipos de falla en el tiempo, se ha desarrollado un estudio de MARKOV que permite estimar la confiabilidad del equipamiento incluyendo diferentes tipos de fallas y su desarrollo durante el tiempo de servicio, considerando asimismo, dentro de este período, la realización de pruebas manuales periódicas.

La Tabla 3 resume los resultados que han podido obtenerse al simular la ejecución de la función de seguridad de estas válvulas, tanto para el primer año de operación, como para el final del tiempo de servicio estipulado (las Figuras 1 y 2, al final del informe, muestran gráficos típicos de la variación de estos resultados en función del tiempo).

Los datos de confiabilidad así obtenidos podrán utilizarse, *a posteriori*, para determinar los niveles SIL y STL<sup>TM</sup> de las Funciones Instrumentadas de Seguridad (SIF) en las que estas válvulas WB5 pudieren ser utilizadas, teniendo en cuenta las restricciones y consideraciones establecidas por las normas de aplicación.

## **Acerca del Proyecto**

WENLEN S.A. es una empresa radicada en Argentina, que fabrica válvulas de seguridad y control, así como actuadores y paneles auto-contenidos de comando hidráulico y de comando neumático, los cuales son utilizados en aplicaciones de control y de seguridad en la industria de procesos. Para las aplicaciones de seguridad, dichos equipos necesitan cumplir con las recomendaciones de las normas IEC 61508/61511, y por eso se le ha solicitado a RISKNOWLOGY el estudio de confiabilidad de los mismos.

El presente estudio corresponde sólo a las válvulas de seguridad de la familia WB5, pero se proveen estudios de confiabilidad independientes para otros equipamientos.

## **Acerca de Risknowlogy**

Risknowlogy es una compañía que opera a nivel internacional ofreciendo servicios de consultoría, certificación y entrenamiento, en los campos del riesgo la confiabilidad y la seguridad. Risknowlogy fue fundada en el 2002 y tiene oficinas en Suiza, Argentina, Holanda y Alemania. Risknowlogy considera al mundo como su área de trabajo y cada oficina está obligada a mantener las mismas reglas, los mismos estándares de calidad y las mismas prácticas comerciales. Las oficinas centrales de Risknowlogy están ubicadas en Suiza. Allí se desarrolla el plan de negocios, se realiza el marketing de productos y servicios, se crean nuevos productos y servicios, se entrenan sus empleados y se atiende a cualquier país en el mundo que no cuente con una oficina local. Fundada en Argentina como oficina central para la Región Latinoamericana, Risknowlogy S.A. ofrece servicios de consultoría, capacitación y entrenamiento para usuarios e integradores de sistemas. Es también responsable del desarrollo del negocio, así como de la gestión de proyectos, para toda la Región.

Las actividades relacionadas con el presente estudio de confiabilidad, se han llevado a cabo por expertos certificados de Risknowlogy en sus sedes de Argentina y Suiza.

## Estudio de Confiabilidad

Se ha desarrollado para WENLEN S.A. un estudio de confiabilidad cuali-cuantitativo para la familia de válvulas WB5, indicada en la Tabla 1, en un todo de acuerdo con los requerimientos de la norma IEC 61508 para estudios de confiabilidad del hardware<sup>5</sup>.

El estudio consistió en un análisis FMEA (failure modes and effects analyses) y en un análisis de MARKOV, según se detalla a continuación.

Los documentos correspondientes, suministrados por WENLEN S.A. para este estudio, se hallan listados en el apartado Referencias.

### FMEA

El análisis FMEA es una técnica de análisis de seguridad ampliamente utilizada. La norma de referencia para este análisis es la US MIL-STD-1629 (pág. 20). Los ingenieros siempre han desarrollado un análisis tipo FMEA en sus procesos de diseño y fabricación, pero la primera aplicación formal del FMEA se remonta a mediados de los '60, en la industria aeroespacial de los E.U.A. En nuestros días existen diferentes variantes del FMEA, las cuales difieren entre sí en el objeto de análisis, pero no en su metodología.

El FMEA de las válvulas WB5 se lleva a cabo por dos razones.

La primera, para evaluar el comportamiento de las válvulas WB5 en términos de los modos simples de falla, y sus efectos sobre el proceso que estas válvulas WB5 están tratando de proteger. La segunda, para determinar la existencia y efectividad de diagnósticos internos y la fracción de falla segura (SFF) de las Válvulas WB5, de acuerdo con la norma de seguridad de aplicación.

A fin de poder realizar este estudio es necesario contar con los siguientes datos:

- Listado de componentes y materiales de las Válvulas WB5
- Planos constructivos y de detalle
- Descripción detallada del funcionamiento de las válvulas WB5
- Cantidad de válvulas WB5 vendidas y registros de fallas reportadas (qué falló y cómo)<sup>6</sup>

### Tasas de falla utilizadas en el FMEA

Para el presente proyecto, la información relativa a las tasas de falla de cada componente no pudo ser suministrada por el/los fabricante/s de los mismos. Por esta razón WENLEN S.A. solicitó a RISKNOWLOGY la búsqueda de dicha información en bases de datos existentes.

---

<sup>5</sup> Un certificado de cumplimiento de la seguridad funcional a nivel del hardware, según IEC 61508, requiere realizar un assessment (auditoría) completo de los procesos de fabricación, montaje, mantenimiento, reparación, etc., así como de los sistemas de gestión de la calidad y gestión de la seguridad funcional del fabricante del Válvulas WB5 bajo análisis. RISKNOWLOGY no ha realizado auditoría alguna en este sentido (ni sobre WENLEN S.A. ni sobre los fabricantes de otros componentes, ajenos a la fabricación de WENLEN S.A., que se hallan incluidos en los dispositivos bajo análisis), sino que se ha limitado, exclusivamente, a la utilización de la información contenida en la documentación suministrada por WENLEN S.A., para la realización de este estudio. Por esta razón, este informe no puede ser considerado como un certificado de total cumplimiento de la seguridad funcional a nivel del hardware, según IEC 61508, sino que debe ser considerado, exclusivamente, como el estudio de confiabilidad, requerido por la misma norma, como parte fundamental de dicha certificación.

<sup>6</sup> Al no contar WENLEN S.A. con registros estadísticos propios, los estudios se han realizado sobre la base de tasas de falla genéricas, indicadas en las fuentes de referencia listadas en la Tabla 6, las cuales han sido seleccionadas por RISKNOWLOGY según su mejor criterio, experiencia y conocimiento. Los resultados de este estudio de confiabilidad serán válidos, entonces, toda vez que los dispositivos en sí, así como sus componentes, sean consistentes con la información técnica que se ha utilizado para el desarrollo del presente análisis, y en tanto el usuario aplique y mantenga los dispositivos analizados de acuerdo con las prescripciones de WENLEN S.A.

Las tasas de falla elegidas por RISKNOWLOGY, dentro de los valores reportados en varias bases de datos (indicadas en el apartado Referencias), según su mejor criterio, experiencia y conocimiento, son indicativas de fallas de componentes similares a los utilizados en los dispositivos bajo análisis.

## **Significado de parámetros y resultados en planillas FMEA**

La planilla del FMEA que se adjunta contiene muchos parámetros y resultados. Para una correcta interpretación de los mismos deberá remitirse al apartado Términos FMEA.

## **Resultados del FMEA**

Los resultados del FMEA realizado por RISKNOWLOGY se indican en la Tabla 2. A fin de lograr una correcta interpretación de estos resultados, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones.

Las Válvulas WB5 son sólo un elemento dentro de una función instrumentada de seguridad (SIF), la cual estará compuesta por un sub-sistema de detección, un sub-sistema de lógica y un sub-sistema de actuación. Las válvulas analizadas forman parte de este último sub-sistema.

Por lo tanto, los valores obtenidos del estudio FMEA, indicados en la Tabla 2, sólo podrán utilizarse como datos para la realización de los cálculos de los niveles SIL y STL<sup>TM</sup> que tendrá dicha SIF, al considerarse el conjunto de todos sus sub-sistemas.

No obstante, es importante saber para qué niveles SIL son apropiadas las válvulas, lo cual se analiza en el estudio de MARKOV indicado a continuación.

## **MARKOV**

El método de MARKOV, o técnica de modelado de MARKOV, proviene originalmente del matemático ruso A.A. Markov (1856 - 1922), quien utilizó esta técnica para describir el comportamiento de procesos aleatorios. Con el pasar de los años, aquél trabajo ha sido ampliamente desarrollado y la técnica de MARKOV ha recibido cada vez más atención y utilización.

El principio básico del análisis de MARKOV es el de asumir que un sistema puede existir en diferentes estados. Cada estado es definido por (una combinación de) una o más fallas internas en el sistema. La técnica de MARKOV es una técnica sistemática e incontrovertible para determinar la conducta de sistemas en forma cuantitativa, y en muchos proyectos de investigación ha sido identificada como la técnica más importante para realizar análisis de seguridad.

El modelo y los cálculos de MARKOV correspondientes a las válvulas bajo análisis, han sido ejecutados en una herramienta informática de gran precisión, desarrollada por RISKNOWLOGY y homologada durante varios años de uso.

## **Resultados del análisis de Markov**

Los resultados de los cálculos para la familia de válvulas WB5 listada en la Tabla 1 pueden verse en la Tabla 3. A fin de lograr una correcta interpretación de estos resultados, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones.

En primer lugar, entiéndase por demanda al inicio de la ejecución de una SIF, por una necesidad del proceso de requerir la seguridad para la cual dicha SIF hubiere sido diseñada y, por falla en demanda, la imposibilidad de la SIF de proveer la acción protectora que se espera de ella.

La frecuencia de demanda será, entonces, la frecuencia con la cual esa acción protectora puede ser requerida. Según IEC 61508, cuando la frecuencia máxima con que pudiere aparecer dicha demanda de acción de la SIF, fuere igual o menor a una vez por año, se considerará a dicha SIF como de baja demanda.

A efectos del presente análisis, se considera que las válvulas WB5 se utilizarán exclusivamente en SIF de baja demanda.

En estas circunstancias será necesario saber, entonces, a efectos del diseño de la SIF, cuál será la medida en que la probabilidad media de falla en demanda o PFDavg de las válvulas WB5, contribuye a la probabilidad media de falla en demanda total de la SIF.

La probabilidad media de falla en demanda de las válvulas WB5 deberá calcularse, entonces, como el valor promedio de la probabilidad de las fallas peligrosas que no puedan ser detectadas por medios automáticos de detección (o pruebas de diagnóstico), durante un determinado intervalo. Como las válvulas WB5 no proveen estos medios automáticos de detección, se considera que todas las fallas peligrosas serán no detectadas, es decir, que la única forma de descubrirlas será durante una prueba manual periódica.

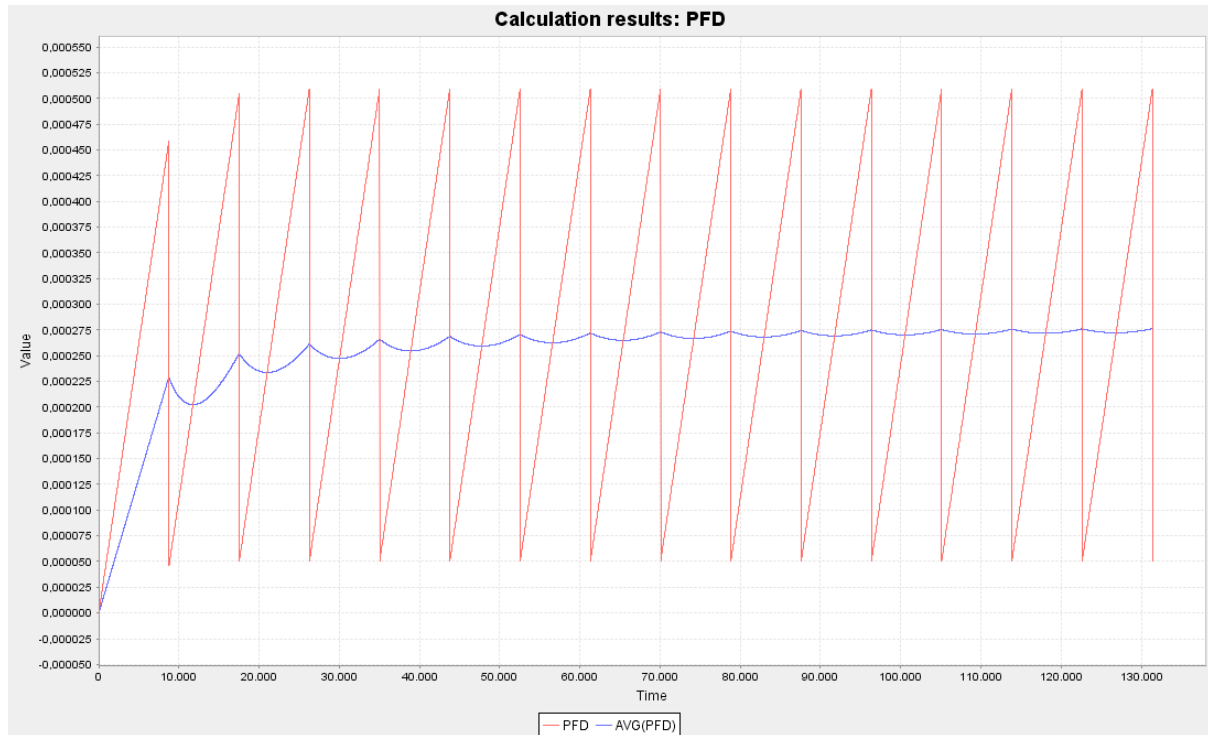
A efectos de realizar los cálculos, se estima que las pruebas manuales periódicas se realizarán una vez por año, durante un período de 15 años (considerado éste como tiempo de servicio estándar para este tipo de dispositivos).

Se deberá tener en cuenta que, tal como se indica en la Tabla 3, se ha considerado que estas pruebas periódicas tendrán una efectividad de sólo el 90%, teniendo en cuenta un error estadístico del 10% (falla sistemática) en la ejecución de dichas tareas, lo cual es válido para personal adecuadamente entrenado y con las herramientas apropiadas para efectuar las pruebas correspondientes, las cuales son definidas por el fabricante de cada dispositivo interviniente en la SIF. Cabe hacer notar que si este error aumentara por falta de personal capacitado o por deficiencias en las herramientas y/o en los métodos de prueba, tanto la PFD como la disponibilidad de la función de seguridad se verían afectadas y los valores indicados, entonces, no serían válidos.

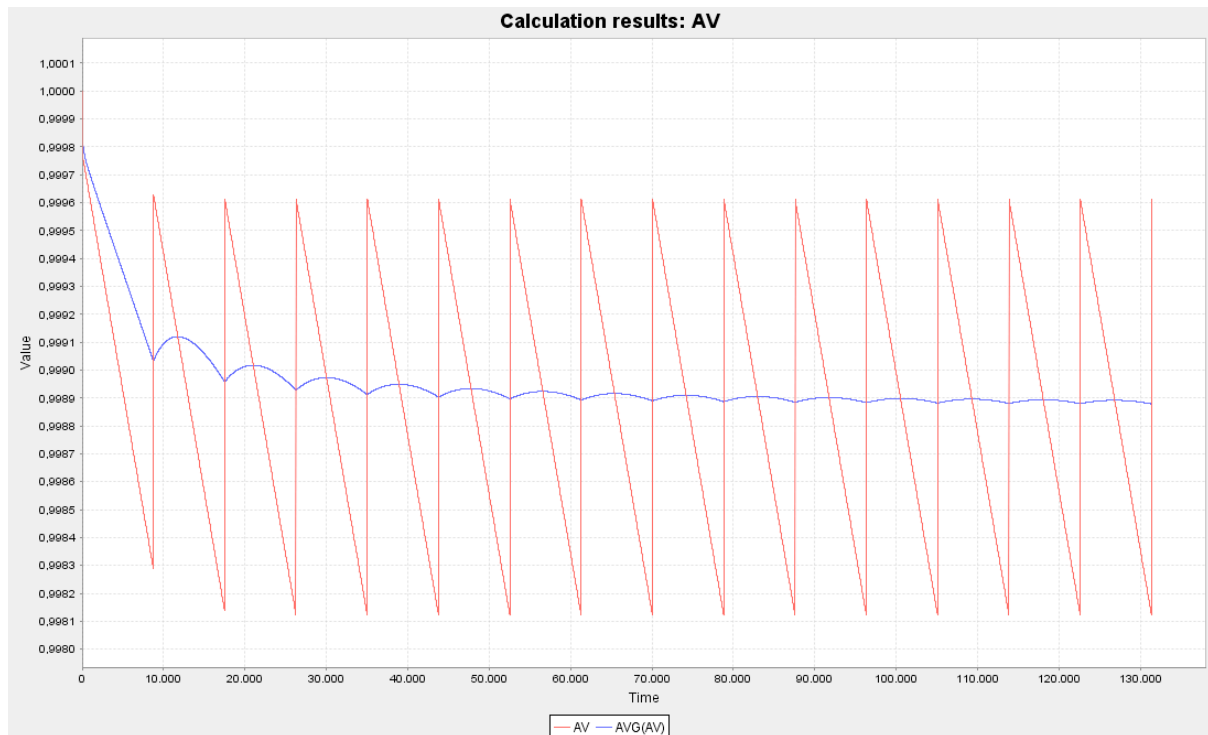
De esta manera, la PFDavg que deberá tenerse en cuenta luego, para la determinación del SIL de las SIF en las cuales los dispositivos bajo análisis serán utilizados, será la correspondiente a la obtenida al final de este tiempo de servicio.

En la Figura 1 puede apreciarse la variación de la probabilidad de falla en demanda. Nótese cómo, en el caso de no realizarse las adecuadas pruebas periódicas una vez por año, la PFD aumentaría con el tiempo hasta valores muy altos, lo cual invalidaría los valores calculados en este análisis.

Asimismo, la Figura 2 muestra la variación de la disponibilidad de la seguridad en función del tiempo. Aquí también puede apreciarse cómo, esta disponibilidad de la seguridad disminuiría con el tiempo, en caso de no realizarse las pruebas periódicas que permitan garantizar la función de seguridad del dispositivo.



**Figura 1 – PFD y PFDavg durante el tiempo de servicio (típico)**



**Figura 2 – AV y AVavg durante el tiempo de servicio (típico)**

## Referencias

### Documentos adjuntos al presente informe

- FMEA WENLEN WB5 - Fail\_to\_Close - r 1.1

### Documentación suministrada por WENLEN S.A.

- Archivo "Tabla comparativa WB5 - Esparragos y resortes"
- Archivo "Tabla comparativa - Tornillos - chaveta de esfera"
- Archivo "Tabla de equivalencia de nombres de componentes"
- Archivo "Planos y especificaciones - Válv. Esf. 12-600" que contiene:
  - a) Despiece Completo ítem: B5-TA1203A0201RRDN (INGENIERIA), 31/12/2009,
  - b) Especificaciones de Materiales y
  - c) Planos Constructivos
- Manual de Uso y Mantenimiento, Válvulas Esféricas Mod. WB4 y WB5, Revisión 11/03 (Doc. 7.2.3, Rev. 1)
- Plano No. B1118 rev. 000, "Válvula Esférica Trunion Genérico".
- Plano s/n de detalle "Modelos de Asiento con O-Ring y con Inserto"

### Bases de Datos

- Risknowlogy Failure Rate Collection Database, 2009
- TÜV SÜD Expert Database, 2009
- RiAC NPRD 95, Nonelectronic Parts Reliability Data Automated Databook v2.22, 2006
- NSWC-06 Handbook Part A - Mechanical equipment, 2006

### Bases para la realización del análisis

- ANSI/IEC/ASQC D601165-1997: Application of Markov Techniques
- Billinton R., Allan R.N., Reliability Evaluation of Engineering Systems, Concepts and Techniques. Pitman Books Limited, London, 1983
- IEC 61508-1/2, Functional Safety of Electrical, Electronic, Programmable Electronic Safety Related Systems, 2010
- Risknowlogy Markov Modeling and Calculation Engine, v. 2.0, 2010
- SN 29000, Failure Rates of Components, 1996
- US MIL-STD-1629, Failure Mode and Effects Analysis, National Technical Information Service, VA: Springfield, MIL1629



## Términos y Definiciones

Término	Definición
AV (Availability)	Disponibilidad. Probabilidad de que la función del Válvulas WB5 (o proceso) esté disponible (es decir, que permite el funcionamiento del proceso en forma segura).
Cobertura de diagnóstico	El porcentaje de fallas potenciales que pueden ser detectadas por un sistema o procedimiento de prueba.
Falla Detectada	Una falla interna que es detectada por el sistema de auto-diagnóstico incorporado. Gracias a este diagnóstico el Válvulas WB5 puede actuar en forma preventiva al ser detectada la falla.
Falla No Detectada	Una falla interna que no puede ser detectada por el sistema de auto-diagnóstico incorporado y deberá, por lo tanto, ser revelada durante la ejecución de Pruebas Manuales Periódicas (ver).
Falla Peligrosa	Una falla interna que impide o dificulta que el Válvulas WB5 ejecute la función de seguridad ante una demanda.
Falla Segura	Una falla interna que hace que el Válvulas WB5 ejecute su función de seguridad sin que haya una demanda que lo justifique. Esta falla puede derivar en un “disparo espurio” (pérdida de disponibilidad del proceso)
FMEA	<i>Failure mode and effects analysis</i> . Técnica de análisis de fallas de aplicación sistemática, que permite determinar los modos de falla de los componentes de un Válvulas WB5, y los efectos que estas fallas pueden producir en la función de seguridad.
Fracción de falla segura (SFF)	<i>Safe failure fraction</i> . La fracción de falla segura es un parámetro de performance que indica en qué medida un Válvulas WB5 se comportará en forma segura, es decir, sin afectar su función de seguridad. Relaciona las fallas peligrosas no detectadas con el total de las fallas seguras y peligrosas.
Función de Seguridad	Función implementada en un Válvulas WB5, necesaria para conseguir el estado seguro del proceso
Función Instrumentada de Seguridad	También llamada “lazo de seguridad”, es la función de seguridad compuesta por un mínimo de tres subsistemas: a) detección, b) lógica, c) actuación.
HFT	<i>Hardware fault tolerance</i> . Indica el número de fallas que un Válvulas WB5 o sub-sistema puede tener sin perder la capacidad de ejecutar su función de seguridad.
OK	Probabilidad de que el Válvulas WB5 esté funcionando sin ningún tipo de falla interna.
PFD	Probabilidad de que la función de seguridad no actúe ante una demanda
PFS	Probabilidad de que la función de seguridad afecte la disponibilidad del proceso en forma espuria.
Prueba de Diagnóstico (DT)	Una prueba automática, incorporada en el Válvulas WB5, que se lleva a cabo frecuentemente para determinar si el Válvulas WB5 podrá ejecutar su función de seguridad sin problemas.
Prueba Manuales Periódicas (PPT)	Una prueba que se realiza manualmente y en forma periódica, por ejemplo, una vez por año, para determinar si el Válvulas WB5 podrá ejecutar su función de seguridad sin problemas. Es complementaria de la Prueba de Diagnóstico (ver)

Término	Definición
Seguridad Funcional (FS)	Rama de la seguridad general que trata de evitar que las fallas aleatorias, de causa común y sistemáticas, lleven a un sistema a fallar produciendo daños a las personas o al medio ambiente o al equipamiento o a la producción.
SIL	<i>Safety Integrity Level</i> . Nivel de integridad de un lazo o función de seguridad, que da una idea del nivel de protección y reducción de riesgo que es capaz de ofrecer dicho lazo. El SIL se aplica al lazo completo (es decir, compuesto por tres sub-sistemas: detección, resolución y actuación), y no a cada Válvulas WB5 o sub-sistema.
STL <sup>TM</sup>	<i>Spurious Trip Level</i> . Nivel de integridad ante el disparo espurio de un lazo de seguridad, que da una idea de la capacidad del lazo para reducir la probabilidad de pérdidas de producción, debidas a la falta de disponibilidad del proceso.
Sub-sistema	Dispositivo, o conjunto de dispositivos, que puede cumplir por sí mismo, una función determinada dentro de una Función Instrumentada de Seguridad (ver). Se definen tres subsistemas básicos: el de detección, el de lógica y el de actuación.
Tiempo de servicio	Período de tiempo para el cual se realiza el análisis. Puede coincidir con la vida útil de servicio estimada para un Válvulas WB5.
Tipo (A o B)	Característica que indica el grado de complejidad de un Válvulas WB5, según IEC 61508-2, cláusulas 7.4.3.1.2 y 7.4.3.1.3
TÜV Rheinland TÜV SÜD	<i>Technischer Überwachungs Verein</i> . Organismos de certificación y homologación con casas centrales en Alemania y sucursales en el resto del mundo.

## Términos FMEA

Término	Definición
% D	Cobertura de diagnóstico de fallas, debida a la existencia de un sistema automático de Pruebas de Diagnóstico (ver), que actúe según los términos definidos en las normas.
% FM	Porcentaje estimado de la tasa global de falla para cada tipo de efecto.
%PT	Cobertura de diagnóstico de fallas, debida a la realización de Pruebas Periódicas (ver), realizadas según los términos definidos en las normas.
Cause	Motivo que puede llevar a la parte a fallar.
Code	Código de la parte del dispositivo bajo análisis, tal y como se halla codificado en la documentación suministrada por el fabricante.
Effect on SF	Efecto producido, por cada falla de la parte, en la función de seguridad.
Failure Mode	Modos de falla estimados de la parte bajo análisis.
L_DD	Tasa de Fallas Peligrosas Detectadas
L_DU	Tasa de Fallas Peligrosas No Detectadas
L_DU_PT	Tasa de Fallas Peligrosas que pueden ser reveladas durante la ejecución de Pruebas Periódicas
L_SD	Tasa de Fallas Seguras Detectadas
L_SU	Tasa de Fallas Seguras No Detectadas
L_SU_PT	Tasa de Fallas Seguras que pueden ser reveladas durante la ejecución de Pruebas Periódicas

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Mode	Modos o tipos de falla de la parte... ...que impiden y/o limitan la actuación de la función de seguridad (d) ...que producen el disparo de la función de seguridad (s) ...que ni afectan la actuación ni disparan la función de seguridad (dc) ...que no forman parte de la función de seguridad (n)
Name	Descripción de la parte del dispositivo bajo análisis, tal y como se halla indicada en la documentación suministrada por el fabricante.
Qty	Cantidad de partes del mismo código que pueden fallar en forma independiente.
SFF	Fracción de falla segura (ver)
SFF_dc_n	Valor de la fracción de falla segura que se obtiene al incluir en su cálculo las fallas de modo "dc" y "n" (ver Mode). Este es un valor de performance que no debe ser utilizado para la determinación de la aptitud para nivel SIL.
SFF+PT	Porcentaje de las fallas que podrán ser detectadas en un Válvulas WB5, sumando las fallas detectadas por el sistema de autodiagnóstico (ver Pruebas de Diagnóstico), más las fallas reveladas por las Pruebas Periódicas (ver). Este es un valor de performance que no debe ser utilizado para la determinación de la aptitud para nivel SIL.
SFF+PT_dc_n	Porcentaje de las fallas que podrán ser detectadas en un Válvulas WB5, sumando las fallas detectadas por el sistema de autodiagnóstico (ver Pruebas de Diagnóstico), más las fallas reveladas por las Pruebas Periódicas (ver), más las fallas de modo "dc" y "n". Este es un valor de performance que no debe ser utilizado para la determinación de la aptitud para nivel SIL.
$\lambda$	Tasa global de fallas de la parte, según datos estadísticos conocidos.