

PRUEBAS PARA LA VIGILANCIA PERIÓDICA E IMPLANTACIÓN DEL MPR EN VÁLVULAS MOTORIZADAS

Evitar los problemas derivados del mal ajuste y degradación de las válvulas motorizadas, además de cumplir con la regulación vigente, es el objetivo de las actividades de inspección y prueba donde la prueba que más datos proporciona es la diagnosis que, combinada con la calibración en banco del actuador, ayudan a modelar de forma realista el comportamiento de las válvulas para predecir su respuesta en condiciones de diseño o accidente. También proporcionan información del estado del componente para estudiar acciones correctoras. El objeto del artículo es la justificación técnica de estas pruebas, principalmente para válvulas.

INTRODUCCIÓN

La correcta operación de una válvula comienza con la evaluación de dos preguntas clave: (1) dada una cierta diferencia de presión de línea, ¿cuánto esfuerzo necesitaré para cerrar la válvula? y (2) ¿cuánto par es capaz de proporcionar el actuador de la válvula?

Estas dos sencillas preguntas que se realizaron cuando la industria identificó problemas generales en las válvulas motorizadas (MOV) han dado lugar a una evolución conjunta de la ingeniería, inspección y pruebas, y mantenimiento (Figura 1):

- Mantenimiento:

- Nuevos estudios y desarrollos realimentan los criterios de mantenimiento.
- Componente en buenas condiciones de modo que la realidad se asemeje a los cálculos.

- Ingeniería:

- Intentan modelar el comportamiento real de las válvulas.
- Se apoyan en pruebas y ensayos. Se pueden usar resultados para realimentar cálculos:
 - Fricciones.
 - Factores de vástago.
 - Ajuste de par.
- Predecir el comportamiento de las válvulas en condiciones diferentes a las de funcionamiento normal (base de diseño).

Como herramienta de apoyo se desarrolla la técnica de diagnosis de válvulas motorizadas que proporcionan datos para realimentar los cálculos de ingeniería, averiguar el estado del componente y estudiar posibles acciones correctoras.

La NRC abordó en 1989 el estado de las MOV emitiendo la GL 89-10 [1] donde se solicita a los operadores nucleares un programa para garantizar que las válvulas motorizadas estén correctamente dimensionadas y ajustadas.



Figura 1. Integración Ingeniería-Mantenimiento.



MIGUEL ÁNGEL SANTIAGO VELILLA

Empezó su carrera en el Departamento de vibro acústica del Instituto Tecnológico de Aragón y posteriormente como ejecutor y analista de pruebas en válvulas motorizadas certificado por CRANE Nuclear desde que se incorporó a AREVA en 2010. Ha participado en paradas por recarga en todas las centrales nucleares españolas y colaborado con el grupo AREVA en ámbito internacional.

Ingeniero Industrial por la Universidad de Zaragoza



MIGUEL ÁNGEL FERRÁNDEZ CAZORLA

Empezó su carrera en mantenimiento eléctrico en Aramón y posteriormente como analista de pruebas en válvulas motorizadas desde que se incorporó a AREVA en 2013 formado como analista en CRANE Nuclear. Ha participado en las paradas por recarga en todas las centrales nucleares españolas.

Ingeniero Técnico Industrial Eléctrico por la Universidad de Zaragoza.

TESTS FOR REGULAR MONITORING AND IMPLEMENTATION ON MOTORIZED OPERATED VALVES

Avoiding operating issues related to malfunctioning or wrong setting of motorized operated valves besides meeting the regulator specifications is the main purpose of inspection and test activities. The test which provides more reliable data is the diagnostic combined with actuator benchtest because both help to simulate in a realistic approach how valve would behave under design basic conditions. Moreover these tests give information about the component condition and planning the correcting actions in advance to malfunction. The aim of this article is to set forth the testing process and its technical advantages.

Más adelante, en 1996, se emitió la GL 96-05 [2], para clarificar requerimientos de verificación periódica y evaluar la capacidad de cumplir con la función de seguridad teniendo en cuenta posibles degradaciones.

Para cumplir estos objetivos la mayoría de propietarios de las centrales nucleares estadounidenses se asociaron en el JOG y se realizó un estudio conjunto cuyos resultados se reflejan en el informe MPR2524A [3].

Areva NP ha trabajado durante los últimos años junto con todas las centrales españolas, en la implantación de sus programas de mantenimiento de Válvulas MOV, incluyendo los planes de acción derivados del informe MPR2524A. Dicho ejercicio ha supuesto un trabajo conjunto con los departamentos de mantenimiento e ingeniería de las diversas centrales nucleares, cuyas actividades principales han sido:

- Categorización de las MOV.
- Reevaluación de los márgenes de operación.
- Revisión de ventanas de ajuste.
- Pruebas de diagnóstico.
- Modificaciones de diseño.
- Acciones complementarias.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La diagnosis de válvulas motorizadas como se ha comentado, surgió como respuesta técnica a las cuestiones planteadas en la introducción y a los requerimientos exigidos por la normativa anteriormente descrita.

El proceso de pruebas recomendado para controlar los parámetros que influyen en el ajuste de la válvula es:

- Diagnóstico del estado actual de la válvula (*As Found*).
- Calibración del rango de salida del actuador motorizado en banco.
- Ajuste del limitador de par.
- Realización de prueba de diagnóstico (*As Left*) (Figura 2).

Volviendo a las cuestiones de la introducción:

(1) *Esfuerzo necesario para operar.*

En el esfuerzo mínimo necesario para cerrar el paso del fluido a través de una válvula se tienen en cuenta los esfuerzos a vencer durante el movimiento de la válvula. Por ejemplo, en una válvula de compuerta éstos se deben principalmente a la presión de trabajo, rozamiento de la empaquetadura, rozamiento del vástago con la tuerca de roce así como factores geométricos (diámetro del vástago, paso y avance de la rosca, etc.) (Figura 3).

Tras realizar cálculos estructurales se obtiene una ventana de ajuste que la diagnosis debe asegurar que se cumple y que las medidas obtenidas sean lo más reales posibles. Esto requiere experiencia de evaluación de las gráficas, calidad y exactitud de los equipos de medida y conocimiento del conjunto válvula-actuador.

Las principales aportaciones de la diagnosis al punto de vista del mantenimiento se pueden clasificar como sigue:

- Durante pruebas estáticas:
 - Verificar el ajuste del actuador para asegurar que la válvula realiza su función de seguridad.
 - Verificar y vigilar el coeficiente de fricción en la tuerca de roce o factor de vástago.
 - Desgaste de tuerca de roce.
 - Verificar estado de la empaquetadura.
- Durante pruebas dinámicas:
 - Verificar el ajuste del actuador en condiciones de carga. Posibilidad de registrar presión de línea y su variación a lo largo de la maniobra.
 - Seguimiento del Rate-of-Loading. Seguimiento del factor de válvula.
- En conjunto:
 - Aporte de datos para realimentar cálculos y modelar de la manera más realista posible.
 - Evaluar la actuación de la válvula, al colocarse la extensometría en la cadena de transmisión de esfuerzo, se puede identificar desviaciones de la curva ideal y asociarlo a algún componente en concreto de esta manera atacar directamente la potencial fuente de malfuncionamiento.

- Chequeo de la ausencia de cualquiera de las 33 deficiencias, desajustes y/o condiciones degradadas listadas en la GL89-10, *Attachment A*.

Una buena práctica es realizar la diagnosis tras una intervención mecánica en el conjunto válvula-actuador que altere la cadena de transmisión de esfuerzos.

Debido a las revisiones del método de cálculo las ventanas de ajuste son muy conservadoras por lo que entra en juego también la exactitud de los sensores a utilizar, así como su flexibilidad para adaptarse a diferentes configuraciones del conjunto vástago-puente, por ejemplo sensores de puente o en zona roscada del vástago (Figura 4).

(2) *Par adecuado proporcionado por el actuador.*

La manera de proceder es la siguiente; se desacopla el actuador de línea y se coloca en un banco de calibración de actuadores. Para obtener el valor más exacto posible el banco debe ajustarse al rango de salida del actuador (Figura 5).

Los parámetros principales a registrar son: el par proporcionado por el actuador, la compresión del paquete de muelles y la potencia consumida por el actuador.

El valor añadido de la prueba de banco viene justificado por los siguientes ahorros:

1. Comprobación del correcto ajuste de par de salida del actuador motorizado para tener completamente caracterizado el comportamiento. La experiencia y tecnología de Areva NP ha permitido por ello el ahorro de tiempo y dosis en la

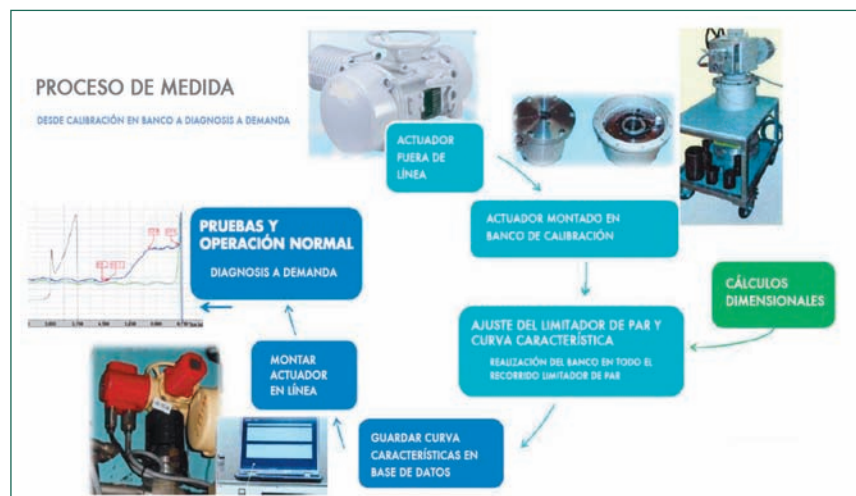


Figura 2. Secuencia ideal de pruebas en el conjunto válvula-actuador [4].

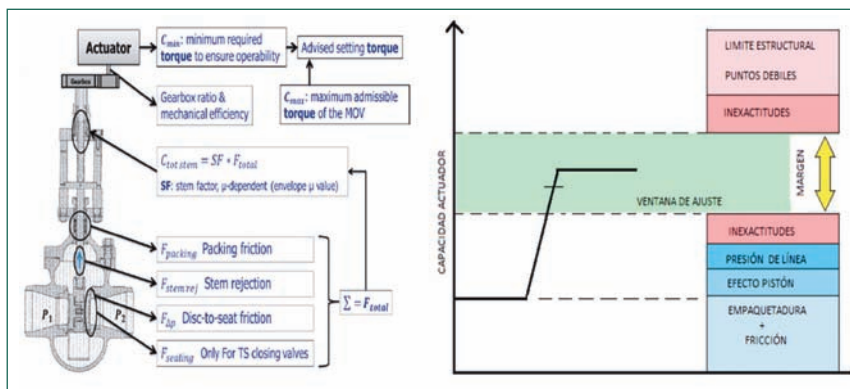


Figura 3. Fuerzas que afectan al rozamiento y al margen [4].

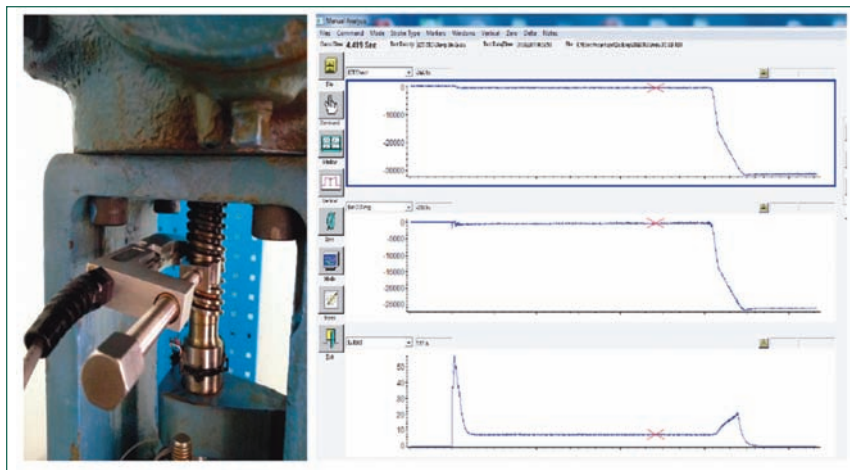


Figura 4. Galga extensométrica y calibrador de zona roscada con sus gráficas.

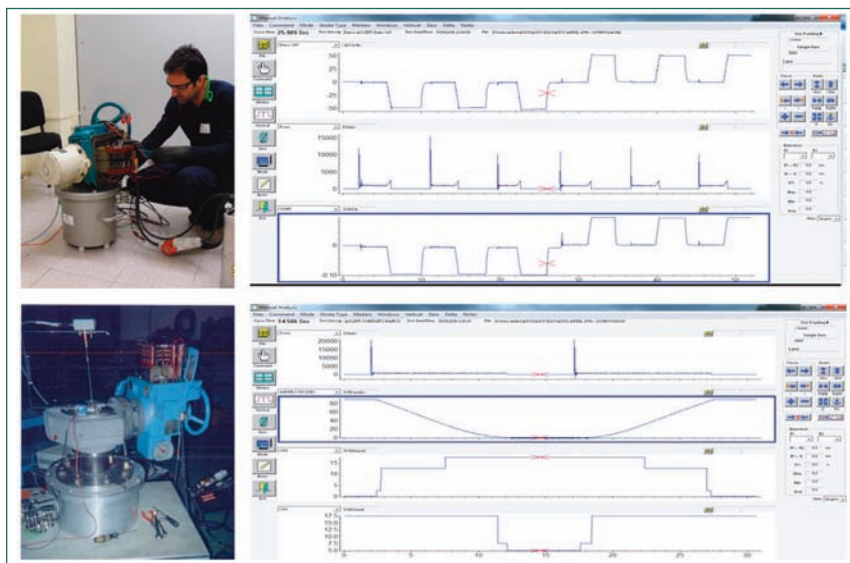


Figura 5. Pruebas de banco de actuador y actuador con reductora.

ejecución de la posterior diagnosis, ya que los actuadores salen del banco con un pre ajuste que, suele ser definitivo.

2. Sustitución del paquete de muelles y corrección de la holgura del paquete de muelles recomendado en banco. Esto ha generado ahorro

de dosis y evitar someter la válvula a sobreesfuerzos, mayor comodidad y exactitud en el ajuste.

3. Cuando se realiza el ajuste de la apertura en la válvula se somete o bien el asiento posterior (*back-seat*) o bien los topes mecánicos a sobreesfuerzos repetitivos para los cua-

les no están diseñados, poniendo en riesgo dichas zonas del equipo. Esto limita el riesgo de la integridad de la válvula.

4. Evita someter al asiento de la válvula a un número de cierres innecesarios o a sobreesfuerzos inesperados por ajustar en línea. Esto implica reducción de carreras, evitando daños en componentes.

5. Comprobación del correcto funcionamiento del actuador tras el mantenimiento antes de instalarlo en línea. Implica en este sentido mucho ahorro de dosis y tiempo de *reworking*.

6. Facilita información útil a ingeniería en caso de cambio de condiciones para que sea fácil hacer ingeniería inversa y reajustar el par que proporciona el actuador, y por consecuencia el esfuerzo final con que la válvula apoya en el asiento y corta el paso de fluido se realice sin daños estructurales.

Además, se puede complementar el banco haciendo la prueba del paquete de muelles por separado para obtener su curva característica de fuerza aplicada vs desplazamiento a compresión.

Una buena práctica de mantenimiento es realizar esta prueba tras la revisión mecánica del actuador motorizado o tras el cambio de algún componente de la cadena de transmisión de par. Por ejemplo cambio de paquete de muelles, limitador de par, regulación de pretensión del paquete de muelles, etc.

RESULTADOS

En los últimos años, Areva NP ha llevado a cabo numerosas pruebas de bancos y diagnosis en colaboración con las centrales nucleares, lo que ha permitido afrontar las vigilancias periódicas y modificaciones de diseño derivadas del informe MPR-2524-A.

Como consecuencia de ello, se han implantado modificaciones de diseño:

- Sustitución de actuadores.
- Cambio de paquete de muelles.
- Cambio de vástago-tuerca de roce.
- Sustitución de válvula completa.
- Cambio de ratio (relación de par/velocidad motor-actuador).
- Cambio de lógica de actuación, cambio de cableado.

Además se han realizado reajustes del limitador de par para adaptarse a los nuevos requerimientos (Figura 6).

Areva NP ha realizado recientemente más de 1400 diagnosis en

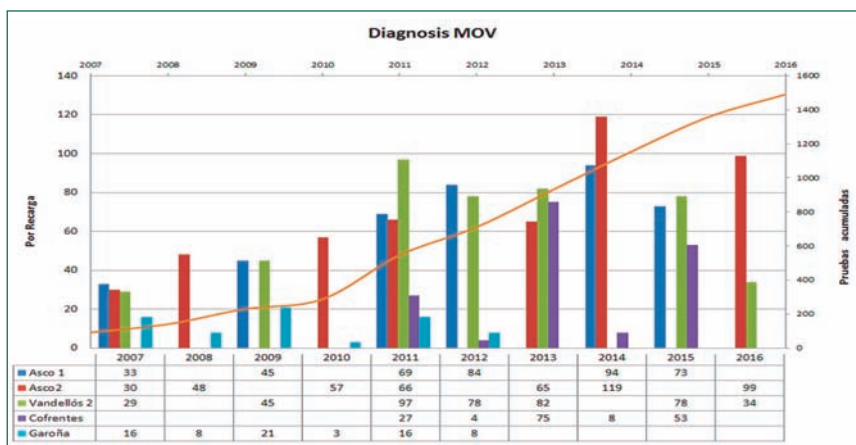


Figura 6. Diagnoses realizadas por recarga y acumuladas en los últimos años en centrales nucleares españolas que siguen el JOG.

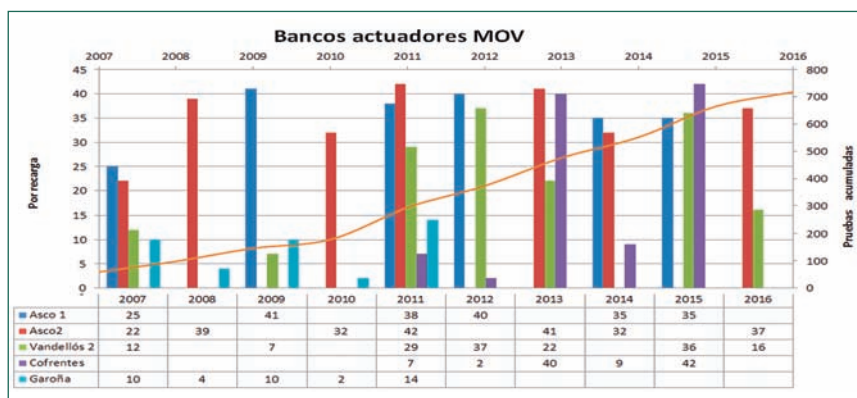


Figura 6. Bancos realizados por recarga y acumulados en los últimos años en centrales nucleares españolas que siguen el JOG.

centrales nucleares españolas y ha afrontado volúmenes de más de 80 diagnoses por recarga en algunos casos durante el tiempo que ha durado la implementación del MPR-2425-A.

Este volumen ha contribuido a la formación de un método de trabajo y un equipo humano especialista en diagnoses de MOV.

En el caso de calibración en banco de actuadores motorizados se han realizado unos 700 en los últimos años:

Gracias a unos bancos compactos que facilitan su movimiento por planta con alta exactitud y calidad de medida.

Además de las centrales que aparecen en las Figuras 6 y 7, Areva NP también ha colaborado junto con Ghesa en el mantenimiento y apoyo a diagnoses de válvulas motorizadas en C.N. Almaraz.

También se ha procedido a dejar instaladas galgas extensiométricas, alrededor de 100 entre todas las plantas, con la mejor exactitud disponible en el mercado para diagnoses emergentes y/o futuras intervencio-

nes de vigilancia periódica. Con ello, se han generado ahorros de tiempo de instalación y de dosis.

CONCLUSIONES

Años atrás, un mal ajuste de una válvula implicaba rotura de algún componente (*Sequoyah Plant 2, event May 2, 1985 [1]*), o incluso parada no programada (*IN92-59 San Onofre [5]*). El avance en el campo de la diagnoses y mantenimiento de válvulas ha contribuido a imaginarnos estas situaciones como remotas e improbables.

La técnica de diagnoses de Areva NP sigue aportando datos a las centrales nucleares gracias al conocimiento adquirido desde los comienzos del servicio, cuando el personal de Eumynsa, posteriormente Tecnimarse, y más tarde Areva, comenzase realizando diagnoses junto con Siemens KWU y Framatome.

En la actualidad la búsqueda de mejora en tiempos y coste pasa el factor humano y técnico. El factor humano es un factor importante en el programa de mantenimiento. La experiencia ha demostrado que un

equipo de mantenimiento competente y resolutivo puede marcar la diferencia en la disponibilidad de las válvulas según programa.

- Disponibilidad de datos históricos de pruebas de diagnoses. Identificar rápidamente cambios en las gráficas y evaluación a lo largo del tiempo.
- Establecer indicadores de alerta gracias a los históricos.
- Definición certera de anomalías, sin especulaciones y evitar correctivos injustificados.
- Conocimiento intrínseco de cada planta, gestión de permisos, cubículos, diseños particulares, etc.
- Sensores de vástago ya instalados, ahorro material, histórico de sensores utilizados.
- Ajuste correcto en las pruebas de banco, ahorro de tiempo y dosis.
- Reducción de reworking y correctivos.
- Reducción del coste operativo debido a la pérdida de producción.

La correcta definición de las pruebas, con las ventanas de ajuste realistas y un buen estado del componente colabora a la reducción de consumo de material, horas-hombre de intervención, horas de espera y reducción de dosis acumulada.

El desarrollo conjunto de los trabajos antes mencionados y su implantación, ha permitido a las centrales nucleares españolas que siguen el programa JOG dar cumplimiento a los requisitos del organismo regulador, ha aportado una mejora desde el punto de vista de ejecución de pruebas y de buenas prácticas de mantenimiento, garantizando que el 100% de las válvulas del programa están en condiciones de realizar su función de seguridad, y minimizando las intervenciones a realizar en dichos equipos y abriendo la posibilidad de monitorización continua.■

- [1]. NRC GL 89-10 "Safety Related MOV Testing and Surveillance".
- [2]. NRC GL 96-05 "Periodic Verification of Design-Basic Capability of Safety-Related Motor Operated Valves".
- [3]. MPR-2425-A Rev.1, Joint Owner's Group (JOG) Motor Operated Valve Periodic Verification Summary, September 2010.
- [4]. Complying with GL96-05 using MCC power measurement - AREVA.
- [5]. NRC IN92-59: Horizontally-Installed Motor-Operated Gate Valves.