

LA OPTIMIZACIÓN DE TRABAJOS DE RECARGA EN TIEMPOS DE PANDEMIA



FERRAN TARRASA BLANES

Director de Servicios Técnicos
ASOCIACIÓN NUCLEAR ASCÓ-VANDELLÒS II
(ANAV)

ISABEL MACH CESTERO

Jefe de Proyectos, Programas y Materiales
ASOCIACIÓN NUCLEAR ASCÓ-VANDELLÒS II
(ANAV)

INTRODUCCIÓN

La pandemia de la COVID-19, producida por el coronavirus SARS-CoV-2, ha afectado (y aún sigue afectando) a un sinnúmero de países en todo el mundo, con graves consecuencias tanto para la vida humana, como para la economía local y global. En este contexto, la 27ª recarga de la Unidad 1 de C. N. Ascó (1R27) debía desarrollarse poco después del pico de la primera ola de contagios en 2020, cuando el crecimiento en contagios era, prácticamente, exponencial. Por ello, inicialmente y por precaución, se retrasó su inicio del 18 al 28 de abril de 2020, para alejarla del pico de la pandemia en España; sin embargo, las restricciones de movilidad vigentes en casi todos los países del mundo también obligaron a evaluar el alcance de trabajos programados para dicha recarga.

El reto al que se enfrentaba ANAV era reducir al máximo la potencial carga vírica en el emplazamiento de C. N. Ascó y hacer frente a las restricciones de movilidad nacional e internacional vigentes en aquel momento.

Para ello, se buscó reducir el número de personas que, simultáneamente, estaban presentes en la central, mediante una serie de medidas preventivas:

- se establecieron turnos rotativos de personal que nunca coincidían en el emplazamiento, estableciendo llegadas y salidas escalonadas, para distintos colectivos,
- se decretó una segregación de personal por edificios, con precauciones especiales para el personal de sala de control y, aun mayor aislamiento, si cabe, para el personal de turno de C. N. Ascó 2,

- se establecieron vías de circulación peatonal, para aquellas personas que, en función de su trabajo, debían transitar por el emplazamiento,
- se promovió el uso extensivo de medios telemáticos para las reuniones,
- se eliminaron las zonas de fumadores, haciendo extensiva la prohibición de fumar a todo el emplazamiento,
- se clausuraron los comedores y zonas de venta de bebidas y artículos de alimentación,
- se promovieron las normas de higiene y protección sanitaria contra la COVID-19, adicionalmente a las medidas habituales de prevención y salud laboral y protección radiológica,
- se estableció un comité de gestión para seguir y analizar el impacto de la pandemia por la COVID-19 durante los trabajos de ejecución de la 1R27, con participación de los distintos órganos de dirección de ANAV y
- se optimizaron los trabajos a ejecutar en recarga, para reducir el número de trabajadores requeridos en la misma.

Esta última estrategia de optimización de trabajos debía analizarse y ejecutarse de manera que garantizara la fiabilidad de las estructuras, sistemas y componentes de la central, asegurando un posterior ciclo de 18 meses sin incidentes.

El presente artículo describe las estrategias y criterios seguidos en las distintas áreas de ejecución de tareas para llevar a cabo esa optimización, respetando todos los criterios normativos y regulatorios, a la par que manteniendo la fiabilidad de la instalación.

ESTRUCTURA DEL ANÁLISIS REALIZADO. ÁREAS DE INTERÉS

La evaluación de actividades se estructuró en las áreas de interés temáticas que se describen a continuación.

1. Programa de inspección en servicio.
2. Programa de pruebas en servicio. Accionamientos.
3. Programa de pruebas en servicio. Pruebas de fugas.
4. Programa de diagnóstico de válvulas motorizadas y neumáticas.
5. Programas de gestión de vida.
6. Inspecciones requeridas por programas no normativos.
7. Programa de mantenimiento de los generadores diésel de emergencia.
8. Programa de mantenimiento del turbogruppo.
9. Programa de generadores de vapor.
10. Programa de mantenimiento preventivo de equipos críticos y no críticos.
11. Programa de mantenimiento correctivo.
12. Modificaciones de diseño.
13. Programa de motores de media tensión.
14. Cierre de condiciones anómalas y cambios temporales sobre estructuras, sistemas o componentes de la central.

Las tareas asociadas a estas áreas fueron analizadas por un amplísimo número de técnicos de las distintas unidades organizativas de Ingeniería y Mantenimiento de ANAV. Finalmente, el resultado de este estudio fue integrado por la unidad de Gestión de Trabajos en un programa de recarga compatible con las restricciones debidas a la COVID-19, manteniendo los compromisos reguladores y la fiabilidad de los equipos de planta.

Seguidamente, se repasan brevemente los distintos criterios técnicos que se emplearon para la criba y optimización de trabajos.

CRITERIOS TÉCNICOS EMPLEADOS EN EL ANÁLISIS DE TAREAS

Programa de inspección en servicio

El programa de inspección en servicio responde a los requisitos exigidos por las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), la sección XI del código ASME, el código ASME OM y otras normas que, conjuntamente, satisfacen la instrucción de seguridad del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) IS-23 sobre inspección en servicio de centrales nucleares (Tabla 1).

Dado que la 1R27 era la segunda de las tres recargas previstas para el segundo periodo del cuarto intervalo de planificación de inspecciones, todas las inspecciones cuya frecuencia fuera una vez en el periodo pudieron trasladarse a la siguiente recarga, (1R28), manteniendo el cumplimiento estricto de la normativa de referencia.

De este esquema general se segregaron aquellas inspecciones que respondían a casos particulares, code cases de ASME u otras recomendaciones normativas no aplazables, que sí se ejecutaron en la 1R27.

Para el programa de medición de espesores se emplearon criterios de cribado basados en tasa de erosión y márgenes existentes, mientras que para el programa de amortiguadores se ejecutaron todas las pruebas requeridas, pero pudieron laminarse algunas sustituciones de amortiguadores, teniendo en cuenta las fechas máximas de sustitución.

Programa de pruebas en servicio. Accionamientos

Las pruebas de accionamiento de válvulas, incluyendo las pruebas de tarado de válvulas de seguridad, están reguladas por el código ASME OM y en la 1R27 se ejecutaron todas las pruebas de accionamiento planificadas previamente. Sí se pudo realizar un análisis específico para el programa de tarado de válvulas de seguridad de clase 2 y 3, laminando a la 1R28 el tarado de 14 de 22 válvulas.

Programa de pruebas en servicio. Pruebas de estanqueidad

Las pruebas de estanqueidad de válvulas están reguladas por el código ASME OM y la opción B del apéndice J del 10CFR50. Al ser de carácter normativo se ejecutaron todas las pruebas de estanqueidad relacionadas con válvulas que son barrera de presión, elementos afectados por el *Bulletin 88-08 – Thermal stresses in piping connected to reactor coolant systems*, válvulas de categoría A según el código ASME OM, las esclusas y la compuerta de equipos del edificio de contención, así como todas las penetraciones y válvulas de aislamiento de la contención que tuvieran alguna actividad de mantenimiento.

Tras un análisis de detalle de la opción B del apéndice J del 10CFR50, se pudieron laminar a la 1R28 las pruebas de estanqueidad de válvulas y penetraciones eléctricas.

Programa de diagnóstico de válvulas motorizadas y neumáticas

La normativa de referencia para la definición de actividades del programa de válvulas motorizadas es la *Generic Letter GL 96-05 – Periodic verification of design-basis capability of safety-related motor-operated valves* y la normativa, endosada por el código ASME, MSS SP-100 – *Qualification requirements for elastomer diaphragms for nuclear service diaphragm valves*.

Teniendo en cuenta la normativa anterior, se analizó qué tareas de revisión de actuador, revisión de válvula o tareas de diagnóstico se habían programado en la 1R27 no para cumplir estrictamente el programa de mantenimiento normativo, sino para distribuir la carga de trabajo en las distintas recargas. Además, se tuvieron en cuenta las frecuencias de

4º Intervalo de inspección en servicio de C. N. Ascó 1 (2015 – 2024)									
2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1º Periodo (Dic. 14 / Dic. 17)			2º Periodo (Dic. 17 / Dic. 21)				3º Periodo (Dic. 21 / Dic. 24)		
1R24	--	1R25	1R26	--	1R27	1R28	--	1R29	1R30

Tabla 1. Distribución de recargas de C. N. Ascó 1 en los tres periodos del 4º intervalo de inspección.

tareas de mantenimiento preventivo identificadas en la base de datos de EPRI-PMDB v4.0 – *Preventive maintenance basis database* y la aplicación estricta de la normativa en cuanto a pruebas de ASME-OM. Así, se pudieron reprogramar un total de 41 tareas, ejecutando 20 de ellas en la 1R27, repartidas entre 16 válvulas motorizadas.

En relación a las válvulas neumáticas, la normativa de referencia para la definición del programa de actividades es una instrucción técnica del CSN y la normativa MSS SP-100 anteriormente mencionada sobre sustitución de diafragmas.

El nuevo alcance propuesto se generó atendiendo a las frecuencias del programa de verificación de válvulas neumáticas y al programa de mantenimiento preventivo, llevando a la 1R28 aquellas tareas planificadas para laminar la carga de trabajo entre distintas recargas. El análisis técnico realizado permitió ajustar la carga de trabajo al pasar de actividades en 22 válvulas neumáticas a actividades en 13 válvulas.

Programas de gestión de vida

El análisis de estas tareas mostró que un importante número de actividades de gestión de vida, planificadas para la 1R27, eran requeridas antes de la entrada en operación a largo plazo, lo que daba margen a su ejecución en la 1R28. Asimismo, para los programas de vida de diseño, en los que la muestra de inspección se reparte en 6 o 10 años, se comprobó qué trabajos previstos en la 1R27 podían ejecutarse en la 1R28, cumpliendo adecuadamente el programa, lo que permitió reprogramar otras tareas de inspección.

Inspecciones requeridas por programas no normativos

Estas inspecciones están requeridas por programas que no están regulados por la instrucción de seguridad IS-23, mencionada en un punto anterior. Por lo tanto, son programas de inspecciones periódicas, definidos en ANAV, pero no requeridos por la normativa aplicable. Se incluyen en este apartado las inspecciones derivadas de análisis de experiencia operativa y la gran mayoría se pudieron laminar a la 1R28. En algunos casos se ejecutaron actividades de inspección alternativa más simples y, en cualquier caso, sí se ejecutaron las inspecciones volumétricas requeridas para verificar el correcto llenado de los sistemas antes de su puesta en servicio tras intervención de mantenimiento (Figura 1).

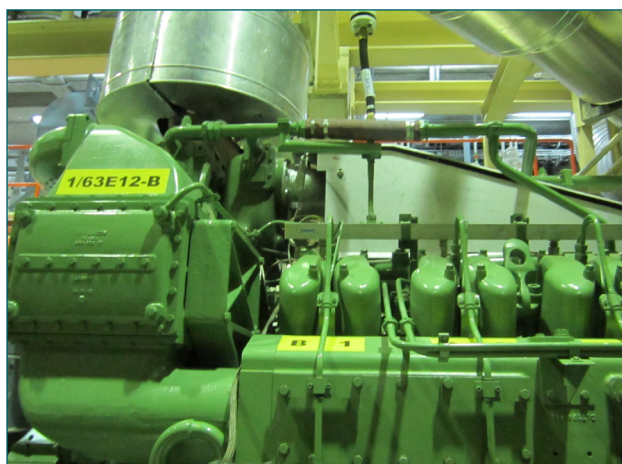


Figura 1. Generador diésel de emergencia de C. N. Ascó.

Programa de mantenimiento de los generadores diésel de emergencia

Las actividades a realizar en los generadores diésel de emergencia (GDE) se cribaron en base a los siguientes criterios:

1. Frecuencias máximas establecidas en el programa de mantenimiento y periodo de gracia admisible en la programación.
2. Impacto de las tareas en la resolución de condiciones anómalas abiertas en los GDE.
3. Impacto de un aplazamiento en la fiabilidad de los GDE.
4. Condición as found previa en distintos componentes asociados al GDE.

Agrupando las tareas de tren A en 12 actividades, se pudieron reprogramar 5 de ellas; mientras que en el tren B se reprogramaron 4 de 9 tareas.

Programa de mantenimiento del turbogruppo

Se analizaron los trabajos asociados a turbina de alta presión, turbinas de baja presión, válvulas de turbina, alternador principal, sistemas auxiliares y aspectos de instrumentación y control.

Con criterios similares a los descritos para el generador diésel de emergencia, se pudieron cribar alrededor del 50 % de las tareas inicialmente previstas para la 1R27 (Figura 2).

Programa de generadores de vapor

En la 1R27 estaba programada la inspección por corrientes inducidas de una muestra de tubos de cada uno de los tres generadores de vapor, en cumplimiento con el Manual de Inspección en Servicio (MIS) y las ETF, así como la ejecución de la limpieza de lodos (*sludge lancing*) en el lado secundario de todos los generadores de vapor.

Analizando en detalle los requisitos normativos de frecuencia de inspección descritos en las ETF y los resultados de las inspecciones de las pasadas recargas, donde no se encontraron tubos defectuosos y, además, tanto la evolución del fenómeno de denting como la variación de espesor de tubos estaban estancadas, se pudo justificar replanificar los ensayos por corrientes inducidas a la siguiente recarga. En cuanto a las tareas de *sludge lancing*, también pudieron posponerse mediante una serie de precauciones, cuyo objetivo principal era evitar el endurecimiento de lodos blandos sobre la placa tubular de los generadores de vapor y la consiguiente potencial evolución del *denting*. Entre estas precauciones cabe citar el mantener durante la parada una baja temperatura en la placa tubular, un pH elevado, un nivel



Figura 2. Turbogruppo de C. N. Ascó.

de hidracina adecuado y evitar la entrada de oxígeno, así como evitar la entrada de impurezas, depósitos y productos de corrosión durante la parada y posterior arranque de la central (Figura 3).

Programa de mantenimiento de equipos críticos y no críticos

En esta área se analizó y cribó el listado de tareas de mantenimiento preventivo para los componentes clasificados como C1 (crítico alto), C2 (crítico bajo) y C3 (no crítico pero que requiere mantenimiento) en el proceso de fiabilidad de equipos (ER-*equipment reliability*) de ANAV. Por su baja significación para la seguridad y la fiabilidad, no se analizaron con detalle las tareas para los componentes RTM (*run to maintenance*), FA (fuera de alcance del proceso ER) o SFA (componentes de sistemas fuera de alcance).

La evaluación y el cribado de tareas se basaron en la aplicación de más de 20 criterios de análisis, siendo los más relevantes los siguientes:

1. Bases de licencia. Deben realizarse las actividades de mantenimiento preventivo (MP) que responden al cumplimiento de bases de licencia.
2. Condición *as found*. Las actividades de MP sobre equipos en los que la condición *as found* es excelente o buena son susceptibles de posponerse un ciclo, tras análisis adicional.
3. Análisis de las diferencias entre las frecuencias establecidas en C. N. Ascó y las recomendadas por la industria (EPRI-PMBD v4.0).
4. Posibilidad de realizar una prueba funcional o una comprobación alternativa de menor complejidad.
5. Los criterios a considerar pueden estar sujetos a cierto grado de interpretación, sin embargo, el criterio general que siempre se debía respetar era mantener la fiabilidad de los componentes críticos.

El resultado del análisis de las tareas de mantenimiento preventivo sobre componentes críticos y no críticos (C1, C2 y C3), 3 862 órdenes de trabajo, permitió justificar la reprogramación de 1 649 tareas.

Programa de mantenimiento correctivo

Por su naturaleza, quedaron excluidas de la evaluación de trabajos en el alcance de la 1R27 las tareas procedentes de deficiencias de planta. Por lo tanto, se mantuvo en el alcance todas las órdenes de trabajo de tipo correctivo.



Figura 3. Vista de la contención con los tres generadores de vapor de C. N. Ascó.

Modificaciones de diseño

Se evaluaron las modificaciones de diseño, cuya implantación estaba prevista en la 1R27, en función de las siguientes premisas:

1. Compromisos reguladores. Estas modificaciones se mantuvieron directamente en el alcance de la recarga 1R27.
2. Modificaciones requeridas por otros motivos. En esta categoría se incluyó una modificación de diseño requerida para la descarga de combustible y una modificación de reposición a diseño de varios soportes.
3. Modificaciones que cierran condiciones anómalas o cambios temporales. Se incluyeron aquí 4 modificaciones de diseño para implantar en la 1R27, dando prioridad a estas actuaciones.
4. Modificaciones cuya implantación puede posponerse a la 1R28. Finalmente, el resto de modificaciones de diseño se clasificaron como aplazables, aunque por disponibilidad de recursos se programaron 4 modificaciones de diseño de esta categoría para su implantación en la 1R27.

Motores de media tensión

El alcance de los trabajos de sustitución preventiva de motores de media tensión se evaluó en función de la disponibilidad del suministro y la condición de equipos, incluyéndose también en esta área la evaluación de los trabajos previstos inicialmente de revisión de motores de media tensión. Finalmente, el cribado concluyó que se requería la sustitución de 3 motores.

Cierres de condiciones anómalas y cambios temporales sobre estructuras, sistemas o componentes de la central

De acuerdo al programa de recarga en su revisión inicial existían 14 condiciones anómalas que se pretendía cerrar, mientras que se identificaban 10 cambios temporales para su cierre en la 1R27.

Dada la naturaleza de las condiciones anómalas y de los cambios temporales en la instalación, en el análisis se priorizaron las actuaciones tendentes a cerrar todas estas condiciones y de las 14 condiciones anómalas se cerraron 13, mientras que, finalmente, se cerraron los 10 cambios temporales previstos.

CONCLUSIONES

Como resultado del esfuerzo descrito, del total de 5727 tareas de mantenimiento preventivo identificadas en el alcance inicial de la recarga 1R27, sobre cualquier tipo de componente, el 53 % (3049 tareas) se pudo reprogramar a la 1R28, mientras que el 47 % (2678 tareas) se mantuvieron en el alcance para su ejecución en recarga.

La distribución de las tareas finalmente ejecutadas se muestra en la Figura 4.

Dado que no se han cribado las actividades asociadas a pruebas de vigilancia de las ETF ni otras pruebas periódicas de seguridad, se mantuvo el alcance total de tareas identificadas inicialmente en el programa de recarga, sumando este subconjunto un total de 863 tareas.

Los criterios empleados en el cribado han priorizado la seguridad y la fiabilidad, considerando siempre el cumplimiento



to con los compromisos reguladores, las normativas aplicables, el estado real de los equipos, las frecuencias máximas permitidas por los actuales de programas de mantenimiento y las frecuencias de tareas propuestas por la base de datos EPRI-PMBD v4.0.

Con el programa de recarga optimizado, la 1R27 pudo llevarse a cabo minimizando la presencia de personas en el emplazamiento, reduciendo la potencial carga vírica de SARS-CoV-2 y limitando así la posibilidad de contagio por la COVID-19, todo ello garantizando la fiabilidad de la instalación durante el siguiente ciclo de operación de C. N. Ascó 1.

Adicionalmente, cabe destacar que un esfuerzo similar se llevó a cabo para analizar la recarga 26 de C. N. Ascó 2, que tuvo lugar en octubre de 2020.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo aquí descrito no se hubiera podido llevar a cabo sin el esfuerzo y dedicación conjunta de un gran número de técnicos de ANAV, pertenecientes a multitud de disciplinas de las distintas unidades organizativas de la Dirección de Servicios Técnicos y la Dirección de la Central Ascó.■