

CAGE: UN DISEÑO ESTÁNDAR DE APLICACIÓN A LAS CENTRALES NUCLEARES DE COFRENTES, ALMARAZ Y TRILLO

El diseño, ingeniería, suministro, construcción, montaje, supervisión y control de calidad, dirección de obras y puesta en servicio de los Centros Alternativos de Gestión de Emergencias (CAGE) de las centrales nucleares de Cofrentes (CNC), Almaraz (CNA) y Trillo (CNT) fueron adjudicados en el primer semestre de 2014 a Iberdrola Ingeniería y Construcción (IIC).

Una vez obtenidas las preceptivas licencias de obras otorgadas por parte de los ayuntamientos, tras la entrega de los correspondientes proyectos básicos y de ejecución, dan comienzo, en enero de 2015 en CNA y CNT y en febrero de ese mismo año en CNC, los trabajos de obra civil.

ANTECEDENTES

Posteriormente al accidente ocurrido en la central nuclear japonesa de Fukushima Daiichi en marzo de 2011, distintos organismos internacionales llevaron a cabo diversos análisis de las causas, la gestión realizada, y los efectos del mismo. De esta serie de estudios se derivaron una serie de acciones a implementar en el resto de centrales nucleares con objeto de reducir los riesgos y mejorar las capacidades de respuesta.

Concretamente, en el ámbito de la gestión de la emergencia, se vio probada la utilidad de una zona segura dentro del emplazamiento donde las condiciones de habitabilidad fueran adecuadas y desde la cual poder gestionar la emergencia en caso de que el accidente implicara el abandono de la Sala de Control y del Centro de Apoyo Técnico (CAT).

Con este objetivo, y dentro del marco de las Pruebas de Resistencia (ITC-1) [1] y del análisis de los sucesos rela-

cionados con la pérdida potencial de grandes áreas (ITC-2) [2], las centrales nucleares españolas propusieron la construcción en cada uno de los emplazamientos de un Centro Alternativo para la Gestión de Emergencias (CAGE).

En marzo de 2012, el CSN remitió a los titulares de las centrales nucleares en operación la ITC-3 posFukushima [3], en la que se requería la implantación de las medidas de mejora identificadas durante el proceso de las pruebas de resistencia, el cual se había llevado a cabo entre los meses de junio y diciembre de 2011. En particular, dichas ITC requerían que los CAGE estuvieran operativos e incorporados en los Planes de Emergencia Interior antes de fin de 2015. Este requisito fue posteriormente reiterado por el CSN en abril de 2014 con el envío a todas las centrales de una nueva ITC posFukushima (ITC-5) [4] en la que se recopilaba, actualizaba y estructuraba de modo homogéneo los requisitos

BEGOÑA CUBIÁN MARTÍNEZ¹

Jefe del proyecto CAGE de C.N. Trillo.

MIGUEL GÓMEZ GÓMEZ¹

Jefe del proyecto CAGE de C.N. Cofrentes.

JAVIER ZORNOZA GARCÍA-ANDRADE¹

Jefe del proyecto CAGE de C.N. Almaraz.

FERNANDO TURRIÓN LÓPEZ¹

Responsable de la dirección facultativa de los proyectos CAGE de CNT, CNC y CNA.

MIGUEL ÁNGEL DEL BARRIO¹

Responsable de licencia de los proyectos CAGE de CNT, CNC y CNA.

ANTONIO COBOS PERABAD¹

Coordinador de Ingeniería de los proyectos CAGE de CNT, CNC y CNA.

JOSÉ LUIS GARCÍA-SERRANO¹

Director de los proyectos CAGE de CNT, CNC y CNA.

¹Departamento de Generación Nuclear.
IBERDROLA INGENIERIA Y CONSTRUCCION.

CAGE: A STANDARD DESIGN APPLICATION TO NUCLEAR POWER PLANTS OF COFRENTES, ALMARAZ AND TRILLO

Design, engineering, supply, construction, assembly, supervision and quality control, construction management and commissioning of Alternative Emergency Management Centres (CAGE) of nuclear power plants Cofrentes (CNC), Almaraz (CNA) and Trillo (CNT) were awarded in the first half of 2014 to Iberdrola Engineering and Construction (IIC).

After obtaining the required building permits issued by municipalities, following the delivery of the corresponding basic project and execution, in January 2015, began civil works at CNA, CNT and in February of this year in CNC.

incluidos en las ITC relacionadas con las pruebas de resistencia y con las pérdidas de grandes áreas.

A lo largo de 2015 los titulares de las centrales, de acuerdo con lo requerido por el CSN, solicitaron a dicho organismo la apreciación favorable de la modificación asociada a la construcción y puesta en servicio de los CAGE.

Por último, durante el mes de octubre de 2015, las centrales solicitaron el aplazamiento hasta junio de 2016 para la puesta en servicio de los CAGE, solicitud que fue apreciada favorablemente por el Pleno del Consejo en su reunión del 9 de diciembre de 2015.

DISEÑO DE LOS CAGE

Criterios de diseño

Posteriormente a la adquisición del compromiso por parte de los titulares de construcción de los CAGE, a lo largo del 2012 y 2013, la Comisión de Operaciones de Unesa y el CSN fueron progresivamente sentando las bases y criterios de diseño que deberían cumplir los futuros edificios CAGE, los cuales se plasmaron en el documento del CSN *Criterios de evaluación a considerar en las modificaciones de diseño posFukushima* el cual fue aprobado por el Pleno del CSN celebrado el 18 de diciembre de 2013 tras propuesta de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear [5].

En dicho documento se establecen los criterios de aplicación general para la evaluación del diseño de los medios previstos en las centrales nucleares españolas (ya sean nuevos medios o mejoras en los ya existentes) para reforzar su capacidad de hacer frente a las situaciones postuladas dentro del marco de las pruebas de resistencia y del análisis de los sucesos relacionados con la pérdida potencial de grandes áreas.

El CSN consideró necesario establecer unos criterios de carácter general aplicables a la inspección/valoración/evaluación de dichas medidas de mejora a implementar en las centrales nucleares españolas y que, adicionalmente, aportarían guías a los titulares de las mismas acerca de los criterios con los que deben abordar algunas de dichas modificaciones.

El documento de criterios de evaluación del CSN está constituido por cuatro anexos, estando el primero dedicado a los criterios de aplica-

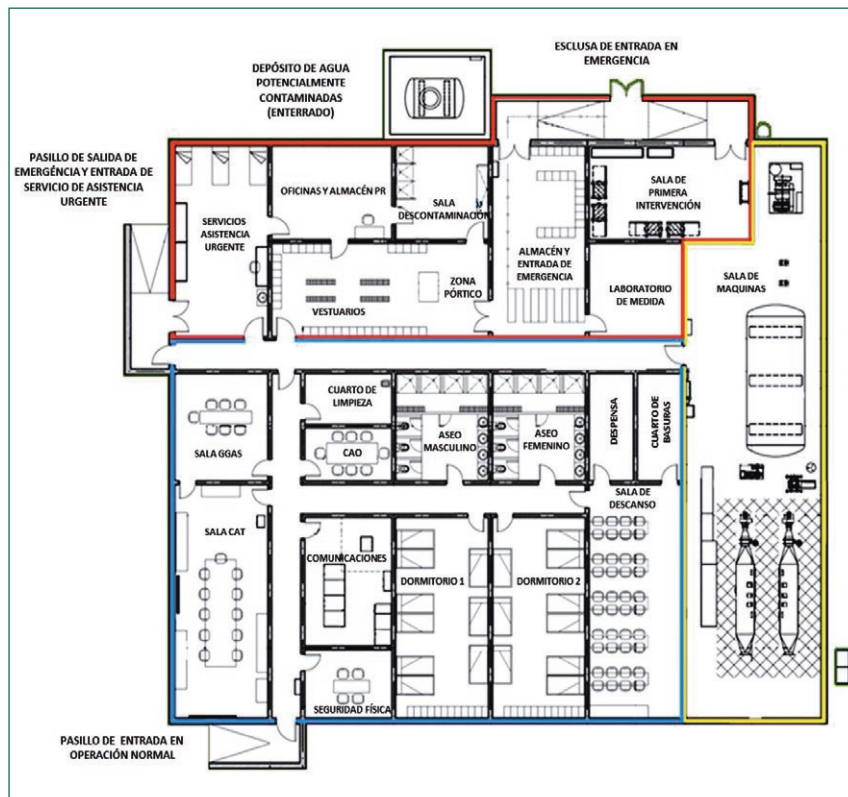


Figura 1. Edificio CAGE. Plano de zonas.

ción general para la evaluación del diseño de las medidas PosFukushima y el cuarto a los criterios específicos aplicables a los CAGE. Los anexos 2 y 3 recogen los criterios aplicables a otras dos grandes modificaciones de diseño que se implantarán en las centrales, el sistema de venteo filtrado de la contención y los recombinadores pasivos autocatalíticos.

Así, en el anexo 4 se establecen básicamente criterios relativos a la capacidad del edificio, a las áreas y zonas de las que debe disponer, al diseño frente a sucesos externos así como al diseño de los sistemas y componentes auxiliares (sistema de habitabilidad, sistemas eléctricos, sistema de comunicaciones, etc.). Asimismo, se establecen los criterios radiológicos que deben considerarse en el diseño del edificio.

A lo largo de los siguientes apartados se explicitan algunos de los criterios de diseño establecidos.

Aspectos generales. Diseño estándar

A principios de 2012 Iberdrola Ingeniería y Construcción (IIC) en colabo-

ración con C.N. Cofrentes comenzó a trabajar en el diseño del CAGE, estudiando conceptualmente la solución técnicamente más apropiada y optimizada para satisfacer las necesidades detectadas en las evaluaciones realizadas en el marco de las pruebas de resistencia y de pérdida de grandes áreas. El resultado de dicho trabajo ha sido el desarrollo de un diseño estándar, que cumple con los requisitos acordados entre las centrales y el CSN, y que, con pequeñas modificaciones, podía ser implementado en cualquiera de los emplazamientos.

Así, en el primer semestre de 2014 IIC resultó adjudicataria de realizar el diseño, ingeniería, suministro, construcción, montaje, supervisión y control de calidad, dirección de obras y puesta en servicio de los CAGE de CNC, CNA y CNT.

Los trabajos de obra civil dieron comienzo en enero de 2015, en CNA y CNT, y en febrero de ese mismo año en CNC, una vez obtenidas las preceptivas licencias de obras otorgadas por parte de los ayuntamientos, tras la entrega de los correspondientes proyectos básicos y de ejecución.



De acuerdo a los requerimientos establecidos por el CSN, los edificios CAGE no se clasifican como "nuclear", si bien le son de aplicación criterios estrictos en cuanto a la habitabilidad (ventilación y acondicionamiento de aire) y la protección frente a sucesos externos. Los edificios están diseñados para facilitar la gestión de una emergencia, estableciéndose una capacidad de 70/120 personas (para emplazamientos con 1/2 reactores), estando diseñados para dar servicio durante una emergencia de al menos 72 horas, de forma autónoma.

El diseño estándar ha sido concebido como un edificio de hormigón de una sola planta y con superficie aproximada de 34 m x 30 m (opción CNC/CNT), y de 42 m x 30 m (opción CNA) y cuatro metros de altura libre entre la losa y el forjado de cubierta.

Tal como se puede observar en la Figura 1, el edificio se distribuye en tres zonas principales:

- **Área de gestión de acceso** (color rojo) en la que se ubican las salas destinadas al Servicio médico y a Protección Radiológica. En esta área se ubican los vestuarios, la sala de descontaminación, la entrada de emergencia, así como el laboratorio de medida.
- **Área de gestión de la emergencia** (color verde) en la que se ubican las salas destinadas a la gestión de la emergencia (salas CAT, GGAS, CAO de Mantenimiento y Sala de comunicaciones) y al descanso del personal de la ORE (dormitorios y sala de descanso).
- **Sala de máquinas** (color amarillo): destinada a zonas de maquinaria e instalaciones.

La ubicación de los CAGE ha sido determinada en cada planta respetando los requisitos del CSN, estando situados a más de 100 yardas de edificios sensibles a potencial impacto de avión, en cotas no inundables, garantizando su habitabilidad. La validez de las ubicaciones ha sido confirmada por los estudios geotécnicos del área destinada a la instalación del edificio y los estudios de protección radiológica.

Diseño estructural

La estructura del edificio se ha concebido de hormigón armado, con muros de carga tanto en el perímetro como en las particiones interiores

principales de forma que confiera al edificio suficiente robustez frente a las distintas acciones para las que está diseñado y dotar de un blindaje que garantice unas condiciones adecuadas de habitabilidad en su interior.

El edificio es de planta rectangular de dimensiones 30 por 34 m para emplazamientos con un reactor, y de 30 por 42 m para emplazamientos con dos reactores, y una altura libre de cuatro metros. Las características de los principales elementos son:

- Losa de cimentación continua de espesor constante de 50 cm.
- Muros exteriores y losa de cubierta de espesor 30 cm.
- Muros interiores de 20 cm de espesor.

Ha sido diseñado de acuerdo con la normativa española vigente; Código Técnico de la Edificación CTE [6] e Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 [7].

Para el diseño sísmico se ha considerado el terremoto definido en campo libre por el espectro mediano del NUREG/CR-0098 [8] escalado a 0,50 g para el movimiento horizontal y 0,33 g para el vertical.

Habitabilidad

Otro de los aspectos importantes que se han tenido en cuenta en el diseño de los CAGE ha sido garantizar unas condiciones de habitabilidad adecuadas incluso en condiciones radiológicas extremas.

El sistema de HVAC del edificio CAGE se ha diseñado para limitar la introducción de elementos radiactivos procedentes del exterior y mantener una correcta jerarquía de presiones entre las distintas salas del edificio para imponer que el movimiento del aire sea desde las zonas limpias a las potencialmente contaminadas.

El sistema se diseña para que en operación, en situación de emergencia, se mantenga una presión en el interior ligeramente positiva respecto a la presión del ambiente exterior. Adicionalmente, el área de gestión de la emergencia estará en sobrepresión con respecto al área de gestión de acceso y a la sala de máquinas. En la Figura 1 se representan dichas zonas.

El sistema se ha diseñado para operar en cuatro modos, seleccionables desde el panel del cuadro de alimentación y control del sistema:

• Modo oficinas

El sistema suministra aire del exterior a las salas del área de gestión de la emergencia y a la sala de máquinas, tras tratarlo en la unidad de recuperación de calor ubicada en la cubierta del edificio. Parte del aire de extracción retornará al recuperador de calor y parte será enviado al exterior mediante el ventilador de extracción de la sala de máquinas y el ventilador de extracción de los aseos, sala de basuras y de limpieza.

El área de gestión de la emergencia y la sala de máquinas se mantienen en una ligera sobrepresión respecto al exterior y al resto del edificio.

• Modo emergencia

En caso de emergencia, el aire exterior será tratado por dos unidades de filtración de emergencia (AFU), una de ellas dará servicio al área de gestión de acceso (potencialmente contaminada) y a la sala de máquinas; y la otra al área de gestión de la emergencia.

El aire suministrado a la zona de oficinas y descanso, será extraído al exterior en su mayoría mediante los ventiladores de extracción de la zona. El aire suministrado a la sala de máquinas y el suministrado a la zona potencialmente contaminada será extraído mediante los ventiladores de extracción de dichas zonas. El edificio se mantendrá en sobrepresión respecto al exterior mediante el ajuste del caudal de extracción de los dichos ventiladores. La organización de la distribución del aire garantizará la cascada de presiones entre distintas zonas del edificio CAGE.

• Modo de aislamiento

En caso de que existan niveles de contaminación no admisibles en el exterior, el sistema se aislará automáticamente del exterior.

En este modo de operación, el aire del área de gestión de la emergencia será recirculado a través de una unidad de filtración de emergencia. Todos los ventiladores de extracción permanecerán parados durante este modo de operación.

En la sala de máquinas y en el área de gestión de acceso (potencialmente contaminada), los fan-coils garantizarán la recirculación local del aire.

En caso de fuego en el edificio, el diseño del sistema de HVAC garantiza el aislamiento de las zonas afectadas por el incendio mediante el cierre automático de las compuertas cortafuegos correspondientes. Después de la extinción del fuego la función de extracción de humo será realizada por uno de los ventiladores de extracción existentes, actuados de forma manual desde el panel de control del sistema (Figura 2).

Para garantizar el cumplimiento con dicha limitación se han realizado los siguientes cálculos para la estimación de la dosis:

- Estimación de la dosis por exposición externa debido a la actividad contenida en la atmósfera del recinto y por exposición interna debido a la actividad inhalada.
- Estimación de la dosis debida a la radiación directa procedente del edificio del reactor y a la procedente de la nube radiactiva exterior que rodea al CAGE.

La evaluación realizada concluye que el diseño del CAGE cumple con los criterios radiológicos requeridos por el CSN para el escenario postulado en las pruebas de resistencia en las tres centrales, siendo el espesor de los muros y el diseño del sistema de ventilación y acondicionamiento del aire los adecuados (Figura 3).

Para garantizar un alto grado de fiabilidad y disponibilidad en el suministro eléctrico a los auxiliares del CAGE, cada uno de los edificios dispone de tres sistemas de alimentación: uno y principal desde la propia red del emplazamiento a través de un centro de transformación, específico del CAGE en CNA y CNT y ya existente en CNC; un segundo sistema a través de un generador diésel de alimentación alternativa (con autonomía para funcionamiento continuo durante 72



horas) y por último dispondrá de una caja de conexión rápida o *hook-up*, al que se podrá conectar un diésel portátil externo, para el caso de que los dos anteriores no estén disponibles.

En la Figura 4 se muestra un esquema del sistema de alimentación eléctrica al edificio.

Las comunicaciones desde y hacia el CAGE estarán garantizadas en todo momento mediante la interconexión de redes y sistemas diversos, teniendo en cuenta los criterios de independencia y autonomía de los mismos.

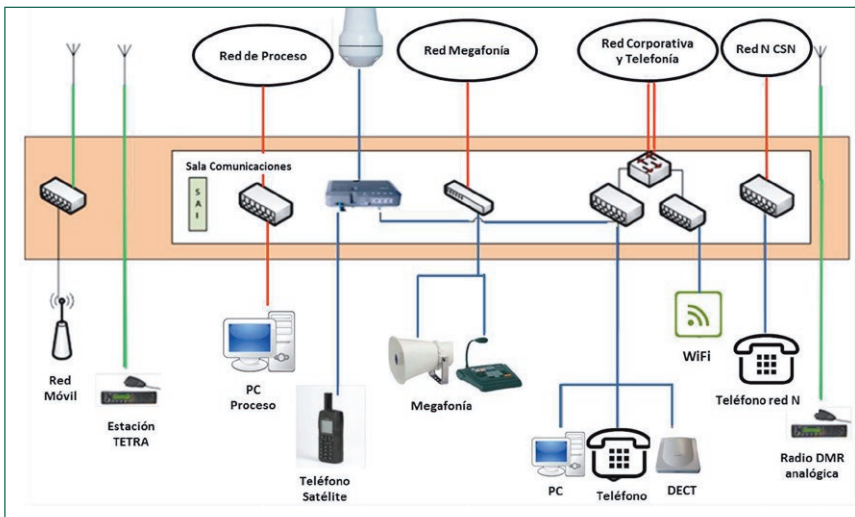


Figura 5. Arquitectura general de comunicaciones.

Se cuenta con un sistema de cableado estructurado que garantiza la conexión entre los equipos en las salas del edificio, tomas de red y puntos de acceso etc. con los equipos y racks de comunicaciones correspondientes en las salas de comunicaciones.

Desde las salas de gestión de la emergencia se dispone de acceso a los sistemas de comunicación del edificio. En estas salas se dispone del mobiliario necesario para situar los puestos de operador y mesas accesorias, incluyendo una mesa central, tres consolas para puestos laterales, mesa de comunicaciones, armario y sillas para los puestos (Figura 5).

Sistemas que integran las comunicaciones del CAGE:

• Sistema de interconexión de red

Los sistemas de comunicaciones del CAGE se conectarán a las redes del emplazamiento por medio de acometidas de campo, teniendo de esta manera acceso, a la red corporativa, red N del CSN, red de megafonía, red de proceso, red de telefonía, dependiendo el detalle de la conexión del CAGE concreto considerado.

• Sistema de comunicaciones por radiofrecuencia y telefonía móvil

Se dispone de conexión de radio a través de un sistema de radiocomunicaciones integral con tecnología DMR y analógica para comunicaciones de voz que permitirá enviar mensajes y coordinarse con los equipos de emergencia que trabajen en las inmediaciones de la central. Adicionalmente, se cuenta con cobertura para telefonía móvil GSM o DECT, internamente al edificio del CAGE.

Dependiendo del emplazamiento considerado, se dispone de comu-



Figura 6. Realización de los ensayos en mesa vibratoria de los cuadros eléctricos de los generadores Diésel.

nicación DECT o TETRA, mediante la cual se posibilita comunicación celular en todo momento entre el personal participante en la emergencia.

• Sistema de comunicaciones por satélite

Se dispone un sistema de comunicaciones por satélite redundante posibilitando cobertura de voz y/o datos, permitiendo conexiones simultáneas por medio de líneas y antenas independientes.

Equipo	Suministrador
Unidades de Filtración de Aire	CENTURY
Generador Diésel	GENESAL
Compresor de Aire	GRADNER DENVER IBÉRICA S.L.
Cuadros Eléctricos	CHEMIK
Depósitos	INTERTEK

Tabla 1. Principales equipos.

• Otros sistemas

Se dispone de un sistema de megafonía integrado, con conexión al sistema de planta y capacidad de funcionamiento en isla, y de puntos de acceso wireless configurables, proporcionando acceso desde inalámbrico a redes, según se requiera.

Diseño sísmico de equipos y sistemas

En el diseño sísmico de los sistemas del CAGE considerados como "críticos" (habitabilidad y eléctricos), así como la estación de radio, se ha considerado como sismo de diseño el definido como terremoto de comparación en los análisis de márgenes sísmicos de las plantas y utilizado en las Pruebas de Resistencia, es decir, el definido por el espectro mediano del NUREG/CR-0098 [8] escalado a 0,3 g de aceleración de pico del terreno (ZPGA = 0,3 g). De este modo, se garantizará que tras la ocurrencia del sismo indicado, los sistemas son capaces de ser iniciados manualmente y realizar su función.

El soportado de los sistemas citados se ha diseñado con criterios consistentes con los indicados anteriormente aplicados en el diseño del edificio y de las estructuras del CAGE (NUREG/CR-0098 escalado a 0,50g para el movimiento horizontal y 0,33g para el vertical).

Así, la "calificación sísmica" de los siguientes equipos, sistemas y componentes ha sido realizada mediante cálculo y/o ensayado:

- Anclajes: a la obra civil.
- Soportado: de tuberías, bandejas y conductos.
- Depósitos: de agua potable, de gasoil y de drenaje.
- Unidad de filtración de aire.
- Cuadros eléctricos: de distribución, fuerza y alumbrado, panel de control del generador diésel y cuadro de distribución del HVAC y agua enfiada.



Figura 7. Generador Diésel.

- Instrumentación de las unidades de filtración, PLC del cuadro de distribución del HVAC, etc. (Figura 6).

SUMINISTROS

Los equipos de los tres CAGE han sido acopiados directamente por IIC, privilegiándose la adquisición a un único suministrador para las tres plantas por cada tipo de equipo, con objeto de aprovechar las sinergias tanto en el proceso de compra y montaje como de futura explotación.

En la Tabla 1 se indican los equipos más característicos así como el

suministrador principal de los mismos.

Durante la ejecución del suministro, IIC ha llevado a cabo los controles de calidad pertinentes, garantizando igualmente que el diseño sísmico de los sistemas críticos del CAGE es consistente con criterios de diseño establecidos (Figura 7).

OBRA CIVIL

La ejecución de la obra civil de los tres CAGE ha sido contratada por IIC a diferentes empresas en diciembre de 2014.

En julio y agosto de 2015 concluyó la fase I de la obra civil, que incluía todas aquellas actividades que no comprometen la ejecución de los montajes.

El control de calidad aplicado incluye los requisitos de los sistemas de calidad tanto de IIC como de las tres plantas, así como las exigencias del CSN, que requiere un control de calidad equivalente al nivel "intenso" en aplicación de la Instrucción sobre hormigón EHE-08 [7]. El respeto al medioambiente, para cumplimiento de las exigencias legales, de las plantas y de IIC ha sido así mismo objeto de la supervisión y control de IIC y las plantas.

La segunda fase de la obra civil, que incluye los acabados y la urbanización del edificio, se ha ejecutado en coordinación con las actividades de montaje.

MONTAJE ELECTROMECÁNICO

La ejecución de las instalaciones de sistemas (HVAC, PCI, instalaciones eléctricas, comunicaciones e Instalaciones mecánicas) y el montaje de equipos de los tres CAGE ha sido contratada por IIC a un único instalador/montador para las tres plantas por cada tipo de instalación, con objeto de aprovechar las sinergias,



Figura 8. Ejecución de diferentes actividades de obra civil: losa de cimentación (CNA), losa de cubierta (CNC) y vista general del edificio tras la finalización de la obra civil (CNT).



Figura 9. Montaje del tanque de agua potable en CNA y de AFU y Chiller en CNC.



PRINCIPALES HITOS

	C.N. Cofrentes	C.N. Almaraz	C.N. Trillo
Adjudicación	abril 2014	junio 2014	junio 2014
Licencia de obra	junio 2014 / febrero 2015	enero 2014 / enero 2015	enero 2014 / enero 2015
Comienzo obra civil	febrero 2015	enero 2015	enero 2015
Entrega de suministros principales	agosto 2015	agosto 2015	agosto 2015
Montaje electromecánico	agosto 2015/ febrero 2016	agosto 2015/ febrero 2016	agosto 2015/ febrero 2016
Arquitectura y acabados	noviembre 2015/ marzo 2016	octubre 2015/ marzo 2016	diciembre 2015/ marzo 2016
Pruebas y puesta en marcha	febrero 2016/ marzo 2016	febrero 2016/ marzo 2016	febrero 2016/ marzo 2016
Documentación final as-built	mayo 2016	abril 2016	abril 2016

permitiendo la edición y ejecución de procedimientos de montaje análogos.

En los meses de agosto y septiembre de 2015 se iniciaron las actividades de montaje de instalaciones y equipos en las diferentes plantas, bajo la coordinación y supervisión de IIC.

En los trabajos de obra civil y montaje han participado alrededor de 40 empresas, entre contratistas directas y sus subcontratistas, con un total acumulado de los tres CAGE de más de 150.000 horas trabajadas, sin ningún accidente que lamentar por el momento.

Tanto en esta fase como en la de obra civil se ha realizado la coordinación con las interfaces de planta. En el caso de CNC, las interfaces se han incluido en el alcance del proyecto CAGE, mientras que en los proyectos para CNAT, las interfaces han sido ejecutadas por las plantas, con la adecuada coordinación con IIC en la ejecución de los trabajos.

PUESTA EN MARCHA

Las pruebas de puesta en marcha de los diferentes sistemas del CAGE han comenzado en el mes de enero de 2016, terminándose en el mes de marzo. Antes de comenzar las pruebas de puesta en marcha, y tras la realización de las pruebas constructivas –último hito del montaje electromecánico de cada sistema– se ha realizado una transferencia de los sistemas de construcción a puesta en marcha, identificando los pendientes que puedan quedar.

La secuencia global de pruebas de un CAGE comienza por las pruebas del centro de transformación, y la puesta en marcha de los diferentes cuadros, que permiten la alimentación del resto de sistemas. Para cada sistema, se han realizado primero las pruebas de componentes, y posteriormente una prueba funcional completa de cada sistema. ■

[1] Instrucciones Técnicas Complementarias en relación con la realización de las "Pruebas de Resistencia" previstas a nivel europeo para las centrales nucleares españolas (ITC-1). Consejo de Seguridad Nuclear, mayo 2011.

[2] Instrucciones Técnicas Complementarias en relación con el desarrollo de medidas de mitigación para responder a sucesos más allá de las Bases de Diseño relacionados con la pérdida de grandes áreas de las centrales nucleares (ITC-2). Consejo de Seguridad Nuclear, julio de 2011.

[3] Instrucciones Técnicas Complementarias en relación con los resultados de las "Pruebas de Resistencia" realizadas por las centrales nucleares españolas (ITC-3). Consejo de Seguridad Nuclear, marzo de 2012.

[4] Instrucciones Técnicas Complementarias en relación con la adaptación de las ITC Post-Fukushima (ITC-5). Consejo de Seguridad Nuclear, abril de 2014.

[5] Consejo de Seguridad Nuclear. Acta del Pleno del CSN nº 1297. Criterios de evaluación a considerar en las modificaciones de diseño Post-Fukushima CSN/ INF/13/896.

[6] Código Técnico de Edificación (CTE), junio 2013.

[7] EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural. 5ª edición 2011. Aprobado por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio.

[8] Newmark, N. M. and W. J. Hall. NUREG/CR-0098, Development of Criteria for Seismic Review of Selected Nuclear Power Plants. U.S. Nuclear Regulatory Commission: Washington D.C. May 1978.



Figura 10. Vista general del CAGE de CNA desde planta, vista del vial del CAGE de CNA.