

MUSEO NACIONAL DE LA ENERGÍA DE PONFERRADA

David SANZ CID

Ingeniero de CCyP
CESMA Ingenieros S.L.
cesma@cesmaing.com

Fabiola PIERANTONI SILVA

Ingeniero de CCyP
DRAGADOS
fpierantonisi@dragados.com

RESUMEN

La ubicación del Museo Nacional de la Energía en la antigua Central Termoeléctrica de Compostilla en Ponferrada, requirió la adaptación de los denominados edificios de calderas y de turbinas a las nuevas necesidades, conservando los pilares y las fachadas originales, así como la construcción de un nuevo edificio adosado a los anteriores. Las cimentaciones existentes requirieron ser recalzadas mediante micropilotes, mientras que se construyeron nuevos forjados con losas macizas, con prelosas, con chapas colaborantes o con placas alveolares. La cubierta del nuevo edificio, con 20 m de luz, se resolvió mediante celosías metálicas.

PALABRAS CLAVE: rehabilitación, tipologías estructurales, celosías metálicas, refuerzo

ELECTRIC POWER NATIONAL MUSEUM IN PONFERRADA

ABSTRACT

The location of the National Museum of Energy, inside the Thermoelectric Power Plant of Compostilla in Ponferrada, required the renovation of the existing Turbine and Boiler buildings to meet the new needs, preserving the columns and original facades. A new building has been constructed attached to the existing ones. The existing foundations were reinforced by micro-piles, the floors are solved through concrete slabs, precast hollow slabs, or steel beams supporting a composite steel deck slab. The new building roof, with a 20 m span, was solved by steel trusses.

KEYWORDS: rehabilitation, structural typologies, metal trusses, reinforcement.

1. Introducción

La Central Termoeléctrica de Compostilla I en Ponferrada fue construida en la década de los cuarenta del pasado siglo para Endesa y entra en operación en 1949, con la puesta en marcha del grupo 1, que llegó a contar con una potencia total de 167.000 kW. Existe diversa documentación del Proyecto, incluyendo los planos originales, así como una serie de artículos técnicos que aparecieron publicados en la época en la Revista de Obras Públicas, y que permiten entender las diversas soluciones estructurales adaptadas en su día en el proyecto. [1]

Esta central fue sustituida por la Central Compostilla II, cuyo primer grupo entró en funcionamiento en 1961 y que, tras diversas ampliaciones y actualizaciones, quedó finalmente en desuso. El conjunto cuenta con la Nave de Turbinas, la Nave de Calderas y la Nave IIKW que, una vez rehabilitadas, pasarán a servir junto con el nuevo edificio construido, como Sede del Museo Nacional de la Energía.

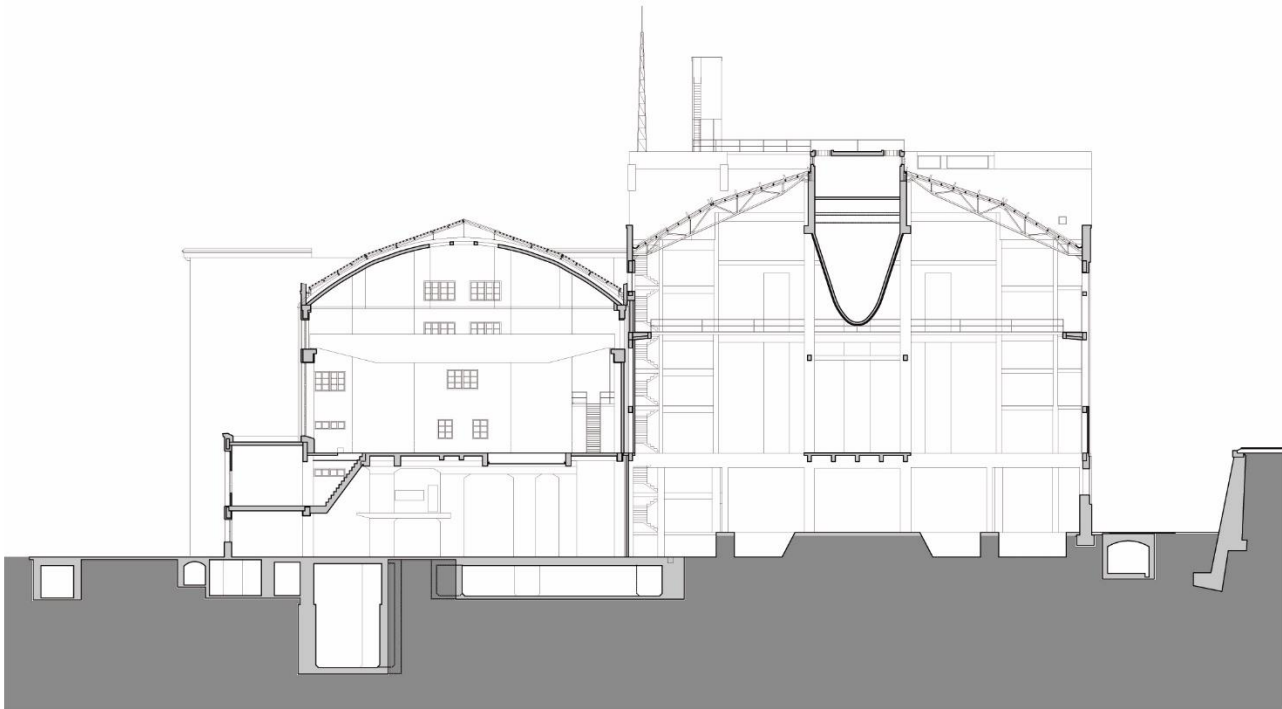


Figura 1. Sección Original: Nave Turbinas (izquierda) y Nave Calderas (derecha).

El Proyecto contemplaba como seña de identidad mantener las fachadas una vez restauradas y conservar en la medida de lo posible la estructura existente en su estado actual, es decir dejando a la vista los defectos achacables al paso del tiempo que no comprometieran la seguridad. Éstos condicionantes obligaron a un estudio muy preciso de la capacidad resistente de los elementos y al análisis de la durabilidad en función de la vida útil remanente de la estructura.

El conjunto de la obra comprende por tanto una gran variedad de actuaciones y tipologías estructurales, que se resumen en: arriostramiento de fachadas mediante la disposición de una subestructura metálica interior, pantallas de micropilotes para bajada del nivel de base del Edificio de Calderas y ejecución de galería de instalaciones, recalce de zapatas mediante micropilotes, ejecución de cimientos nuevos micropilotados, ejecución de forjados mixtos anclados a pilares existentes, ejecución de forjados nuevos de losas macizas o montaje de cubierta metálica para el Edificio Nuevo.

2. Descripción de la estructura

2.1. Edificio de Calderas

El edificio tiene una planta sensiblemente rectangular con unas medidas aproximadas de 80x40 m. Se ha previsto la conservación de los pilares y algunas vigas existentes que, junto con la ejecución de nuevos forjados, dará lugar a un edificio formado por ocho plantas más cubierta sobre rasante y

un sótano. Los pilares conservados del edificio original son de hormigón armado en toda su altura, a los que se incorporan tanto pilares metálicos como de hormigón de nueva ejecución. Los pilares de nueva ejecución son cimentados mediante micropilotes recogidos por su correspondiente encepado, salvo en casos de cargas muy reducidas, en los que se cimentan directamente sobre el terreno mediante zapatas.

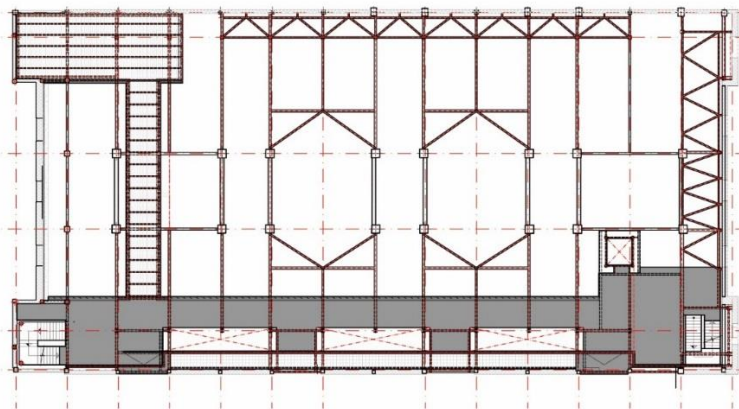


Figura 2. Planta tipo del edificio de Calderas.

La construcción de nuevos forjados en este edificio se realiza mediante prelasas de 7 cm sobre las que se dispone un espesor de 15 cm de hormigón in situ, que se apoyan sobre perfiles metálicos tipo IPE separados entre sí 5 m. En algunas zonas las prelasas se sustituyen por chapas colaborantes. Ésta tipología de forjado viene prácticamente obligada por la altura entre plantas que supera en casi todos los casos los 6 m y que por tanto dificulta el empleo de apuntalamientos.

2.2. Edificio de Turbinas

El edificio, de planta aproximadamente rectangular de 75x32 m, está formado por 5 plantas más cubierta sobre rasante y un sótano. Las plantas se resuelven mediante forjados de hormigón, in situ u hormigonados sobre encofrado perdido de chapa grecada, de 0,22 m, 0,25 m ó 0,35 m de espesor, apoyados sobre los pilares existentes o sobre pilares metálicos de nueva ejecución.

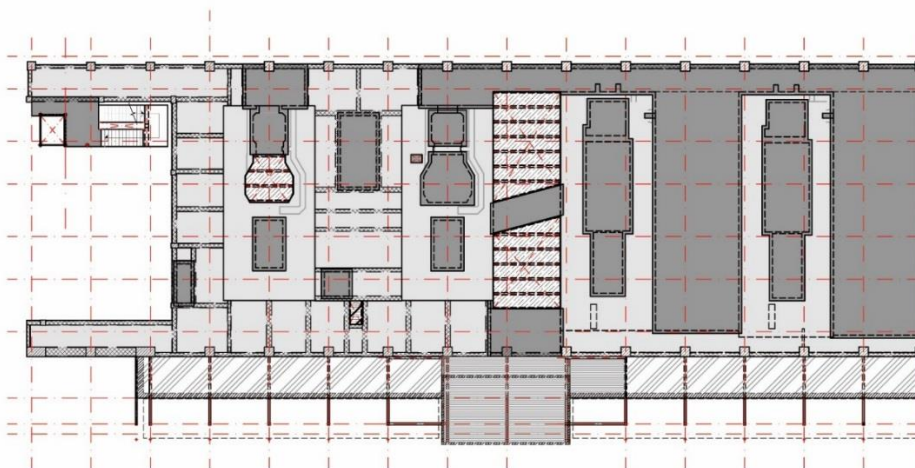


Figura 3. Planta tipo del edificio de Turbinas.

2.3. Edificio Nuevo

El edificio presenta unas medidas aproximadas de 99x67 m y está formado por un sótano, una planta baja y una cubierta, disponiéndose esta última a varias alturas, siendo una parte de la misma transitable. La planta baja se resuelve mediante un forjado de losa maciza de hormigón armado de 0,25 m de espesor, apoyada sobre pilares en cuadrícula, con separaciones máximas de 8,45 m en una dirección y de 5 m en la otra.

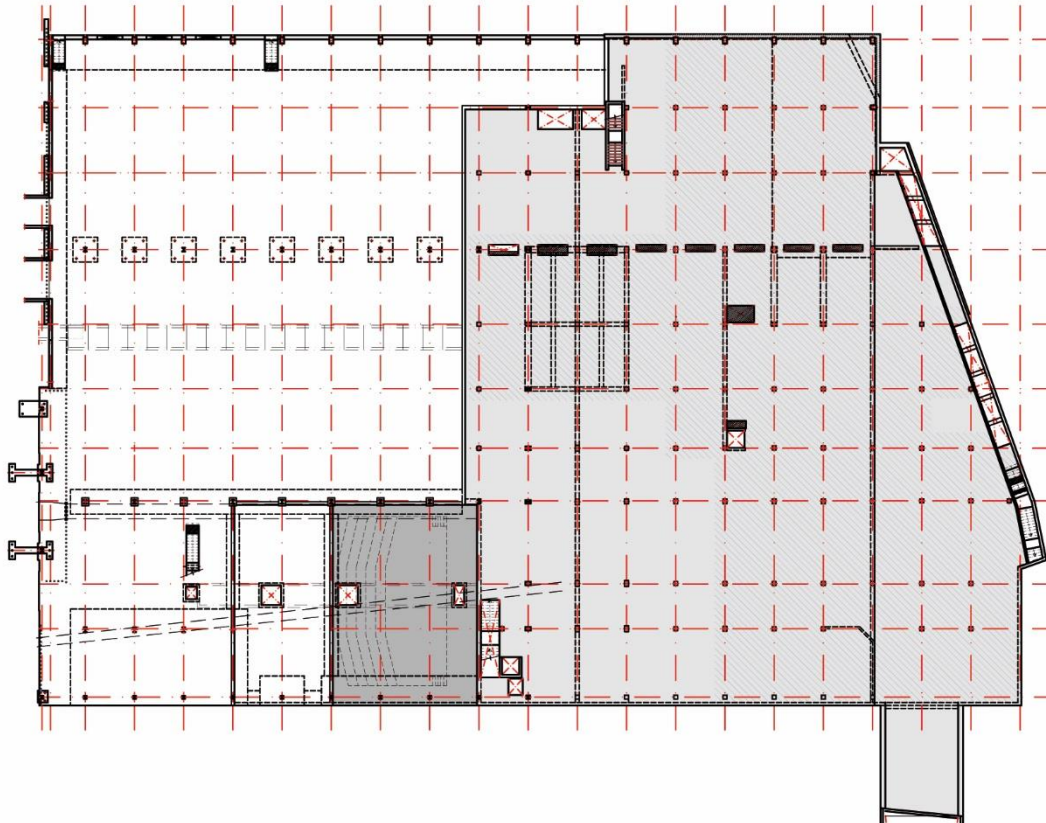


Figura 4. Planta baja del edificio Nuevo.

Las cubiertas se resuelven mediante un entramado de celosías metálicas, con luces de hasta 25 m, sobre el que apoya un forjado de hormigón ejecutado mediante un encofrado perdido de chapa grecada. Mediante el uso de pernos conectadores se dota de acción mixta a las celosías.

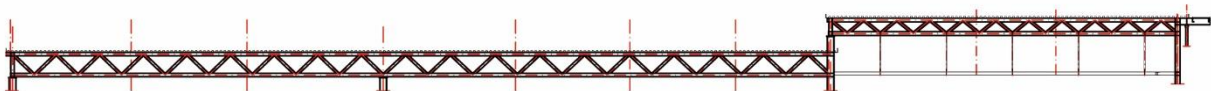


Figura 5. Alzado de celosía típica en cubierta del edificio Nuevo.

Los pilares son de hormigón armado desde la cimentación hasta la planta baja y metálicos desde planta baja hasta la cubierta, siendo su cimentación directa mediante zapatas en todos los casos.

Para la ejecución del sótano se realiza una excavación a cielo abierto y se ejecutan muros encofrados a doble cara con cimentación directa, excepto en las zonas en las que, por la proximidad de otros elementos existentes, no es posible dicha excavación. En estos casos se recurre a la ejecución de una pantalla de micropilotes como medio de contención de las tierras.



Figura 6. Celosías de cubierta durante la ejecución del edificio Nuevo.

3. Actuaciones en estructuras existentes

Dentro de la ampliación del Museo Nacional de la Energía se contempla la utilización de la estructura existente de la antigua Central Termoeléctrica de Compostilla, por lo que es necesario revisar el estado de la misma y verificar que su resistencia es suficiente para soportar las cargas derivadas del nuevo uso durante toda la vida útil del edificio.

Dentro del edificio de Calderas, se conservan las fachadas de fábrica y todos los pilares de hormigón armado, utilizándose los pilares originales para la ejecución de nuevos forjados, por lo que es necesario garantizar la resistencia y durabilidad de estos elementos.

Para la evaluación de la seguridad que presenta una estructura existente para las condiciones actuales y futuras de uso, es necesario abordar problemas distintos de los que habría que resolver en el dimensionado de estructuras de nueva construcción. La diferencia fundamental entre la evaluación de una estructura existente y el dimensionado de una de nueva construcción reside en el estado de la información. En estructuras existentes normalmente es posible incrementar el nivel de precisión de los modelos de cálculo a través de la adquisición de más datos sobre la estructura analizada (en la mayoría de los casos, el coste de la actualización de la información se compensa con una reducción significativa del coste de la intervención o de otros costes). Por este motivo, las reglas para el análisis de la seguridad de una estructura que están reflejadas en las normas estructurales para estructuras de nueva construcción no se pueden aplicar directamente a efectos de una evaluación.

Actualmente no existen herramientas que permitan abordar fácilmente los problemas relacionados con la evaluación de la fiabilidad de estructuras existentes. El Código Técnico de la Edificación (CTE) [2] contiene un documento relativo a la evaluación de estructuras existentes (Documento Básico SE Seguridad Estructural, Anejo D), estableciendo el marco global para llevar a cabo las evaluaciones. Incluye un procedimiento de evaluación por fases en el que, partiendo de datos

generales, se va afinando la precisión de los modelos para la resistencia y para los efectos de las acciones de una fase a otra, mejorando las hipótesis de cálculo a través de la actualización de la información

Dado que nos encontramos en el análisis de una estructura existente de hormigón armado de avanzada edad (construida en 1946), con indicios de alta oxidación en las armaduras de acuerdo a las catas realizadas, se procedió a estimar de forma teórica el estado de corrosión de las barras como base para una comprobación realista de la seguridad estructural.

Aunque estrictamente no sea de aplicación, con el fin de establecer una primera aproximación a la denominada “vida útil de la estructura”, se empleó la formulación del anejo nº 9 de la EHE-08 – Consideraciones adicionales sobre durabilidad [3]. En el mismo se definen modelos para determinar la edad de inicio de carbonatación, así como el periodo de propagación para que la pérdida de sección de armadura sea inadmisibile.

Para la verificación de los pilares, se realizó un cálculo paramétrico considerando recubrimientos de 15 y 30 mm, así como calibres de barras de armado que oscilaban entre los 12 y 30 mm, determinando el periodo en años t_L desde su construcción y comparándolo con la vida real de la estructura en la actualidad, 67 años, y con la vida total final a considerar, incluyendo los 50 años de vida en servicio tras las actuaciones a realizar.



Figura 7. Edificio de Calderas con estructura terminada.

Además de verificar la resistencia de vigas y pilares existentes, fue necesario el recalce de algunos pilares mediante micropilotes para asegurar la resistencia de las cimentaciones frente a las nuevas cargas previstas.

Puesto que el recalce de las cimentaciones de las fachadas resultaba complejo, se dispusieron dos alineaciones de pilares nuevos que permiten el apoyo de los nuevos forjados en las proximidades de las fachadas existentes, por lo que no se transmiten cargas adicionales significativas a estas fachadas.

Los nuevos forjados, además de dotar al edificio de mayor superficie útil, también cumplen con la misión de estabilizar las fachadas de fábrica existentes frente a las acciones horizontales.

Mención especial requiere la fachada este del edificio, ya que su precario estado de conservación hizo necesario el diseño y cálculo de una estructura específica para su estabilización definitiva, además del recalce de las cimentaciones.

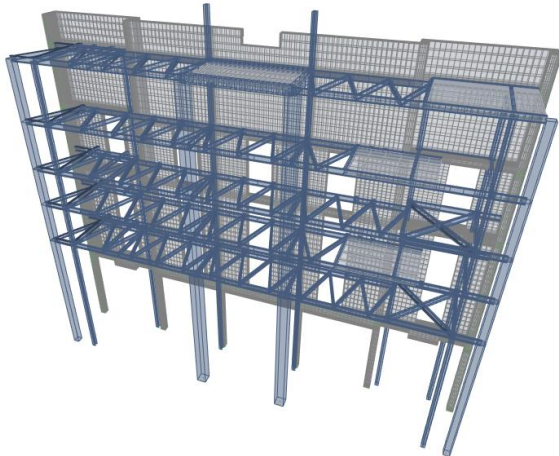


Figura 8. Modelo de cálculo fachada este

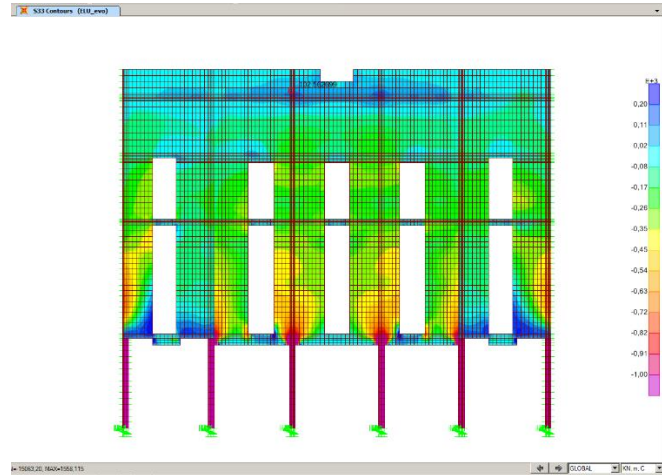


Figura 9. Tensiones en muro de fábrica.



Figura 10. Interior edificio de Calderas.

4. Ejecución de la obra.

La dificultad principal de la obra se encontró en la rehabilitación de los edificios existentes, manteniendo las fachadas y parte de la estructura, pero modificando en algunas zonas la estructura horizontal, por el cambio del número de plantas o la distribución en altura de las mismas. En las fachadas, que en algún caso presentaban un alto grado de deterioro y en las que se requirió además la eliminación de elementos horizontales de arriostramiento, se requería un recalce de sus

cimentaciones mediante micropilotes. Como consecuencia de lo anterior, la primera actuación consistió, en el Edificio Calderas, en la estabilización de las fachadas mediante una subestructura metálica interior que apoya sobre los pilares existentes que permitió garantizar la seguridad durante la construcción. De cara a la producción se procuró que parte de los elementos metálicos pudieran ser aprovechados para la estructura definitiva. Para el caso del muro este, medianero con el nuevo Edificio, además era necesario un apeo frente a las cargas verticales, que permitiera ejecutar con seguridad el recalce de su cimentación. El apeo soportaba las cargas verticales mediante unos perfiles perpendiculares a la fachada y que quedaban apoyados en torres de cimbra cimentadas mediante zapatas.



Figura 11. Sistema de Apeo y estabilización fachada este Edificio de Calderas.

Con el fin de garantizar la estabilidad del apeo, se mantuvo durante ésta fase una berma de tierra de seguridad, que impidió abarcar temporalmente los trabajos del Edificio Nuevo próximos a ésta medianería, teniendo en cuenta que el sótano de éste nuevo edificio quedaba por debajo del Nivel 0 del edificio existente. Una vez descargada la fachada se procedió a la ejecución de los micropilotes, con perforación de 180mm y tubo 129x7mm, y al ferrallado y hormigonado del nuevo encepado. Ésta última operación se realizó mediante bataches muy cortos y alternos, ya que era necesario descubrir 1 m de cimiento existente para garantizar el suficiente contacto entre los dos cimientos. Adicionalmente, los dos encepados nuevos laterales y el cimiento existente quedaban cosidos por barras de métrica 20 mm tesadas a 60 KN.

La demolición de dicha fachada y su posterior reconstrucción hubiera facilitado la ejecución, acortado plazos y abaratado el coste, pero como se indicó anteriormente, el Proyecto giraba en torno a la conservación de todo el conjunto existente independientemente del grado de deterioro.

El hormigón de los pilares presentaba unas bajadas de resistencia que, en la mayoría de los casos, no comprometían su seguridad dadas sus dimensiones y teniendo en cuenta que las cargas a los que estarían sometidos serían inferiores a las de su uso original, pero que, sin embargo, no permitían hacer uso directo de los anclajes a posteriori que ofrecen las casas comerciales.

De esta manera se realizaron en obra una serie de ensayos de los distintos anclajes a disponer, utilizándose los valores pésimos obtenidos para realizar el dimensionado de los mismos. En algunos casos se acometían parches de reparación localizados antes de realizar las perforaciones. Al ser todos los forjados nuevos de chapa colaborante o prelosa sobre vigas metálicas nuevas ancladas a pilares existentes, gran parte de los pilares recibían perfiles en varias caras por lo que la ejecución

de los taladros a posteriori exigían una gran precisión en su replanteo y colocación para evitar interferencias con anclajes perpendiculares.

Aquellos pilares que no requerían refuerzo estructural por falta de capacidad resistente pero tenían problemas de durabilidad, fueron tratados localmente en la zona afectada mediante un saneo, limpieza de armaduras, reposición de mortero cementado y finalmente imprimación inhibidora de la corrosión.

5. Conclusiones

En una obra de rehabilitación de éstas características, el proyecto no puede considerarse finalizado prácticamente hasta el final de la obra, ya que debe irse adaptando a la realidad de los elementos existentes, en cuanto a su estado de conservación y su geometría real. Esto obliga a un trabajo de ingeniería mucho mayor que en un Proyecto de Nueva Ejecución, que en general no está previsto en la valoración inicial a pesar de ser muy necesario. En éste caso, el mantenimiento de la Fachada este del Edificio de Calderas fue un aspecto que penalizó el plazo y condicionó el desarrollo de la obra, ya que requirió de un sistema de estabilización frente a acciones de viento y la colocación de un apeo que interfería con el desarrollo normal de la obra. Por otra parte, el aprovechamiento de la capacidad resistente de la estructura existente fue un reto importante, ya que la Normativa existente en España para estas estructuras no es tan completa como la de obra nueva, y requirió de una importante labor de análisis.

El mercado en auge de la rehabilitación de edificios en las grandes ciudades, debe ir acompañado de una mayor inversión en la ingeniería que lo apoya, para aprovechar de manera óptima los elementos estructurales existentes, dotarlos de las medidas correctoras efectivas que garanticen la durabilidad para la vida útil remanente, y llegar a ser competitiva frente a la construcción de nuevas estructuras.

Agradecimientos

Los autores de éste artículo desean agradecer muy especialmente a los responsables de la obra: por parte del CIUDEN a Juan Manuel Carracero y Ignacio Pérez Juan, por parte de Dragados a Ángel Melecio Pérez y M^a Eugenia Escudero, y por parte de FCC Eduardo Bugallo. Agradecer también la imprescindible labor de Juan Luis Bellod y Peter Tanner de Cesma en el desarrollo del proyecto; y el apoyo de Mercedes Madrid Ramos y Guillermo Muñoz Cabañas de los Servicios Técnicos de Dragados.

Referencias

- [1] A Martínez Cattaneo. La Central Termoeléctrica de Compostilla en Ponferradal. Ideas Fundamentales. Revista de Obras Públicas. (1949) 484-489.
- [2] Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de seguridad Estructural. Anejo D, Ministerio de Fomento, Madrid, 2009.
- [3] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.