

LA OBRA CIVIL

Javier VILLALBA SANCHEZ

ORGANIZACION

En el año 1974 comienzan las actividades en el emplazamiento y es el grupo de Obra Civil el encargado de «tomar tierra», comenzando con las explanaciones y construcciones auxiliares (Servicios Médicos, Oficinas, Laboratorio, etc.). El 18 de septiembre de 1975 se concede el permiso de construcción, lo que posibilita comenzar los hormigonados, vertiéndose el primer hormigón el 24 de diciembre de 1975, y hormigonándose la primera losa de cimentación en junio de 1976.

Dentro de la organización de Construcción, que ejerce en el emplazamiento las misiones de Propiedad y Dirección Facultativa, se encuentra el grupo de Obra Civil, con las mismas misiones referidas a la esfera específica de su competencia.

La obra se dividió en fases, siendo cada una de ellas sacada a concurso de forma independiente. Se realizaron las correspondientes peticiones de oferta de las diferentes fases, y una vez recibidas las ofertas, comparadas y seleccionada la más conveniente en cada caso, se formaliza el contrato, habiendo existido, a lo largo de la obra, 51 contratos diferentes.

Pasamos a describir las labores desarrolladas por las diferentes secciones del grupo de Obra Civil.

GABINETE TECNICO

Una vez ha sido seleccionado un Constructor y éste se ha implantado en la obra, se le suministran los planos de construcción y las Especificaciones Técnicas. Existen dos labores importantes que realiza el Gabinete Técnico. La Primera es conseguir de las Ingenierías los planos necesarios en el momento preciso y transmitirlos al Constructor; la segunda es estudiar en profundidad esos planos, de forma que en coordinación con la Ingeniería se clarifiquen o corrijan todos los detalles necesarios para facilitar la construcción.

Por otro lado, el Constructor, una vez recibidos los planos de construcción, confecciona los planos de despiece de armaduras. Es también el Gabinete Técnico el encargado de revisar y aprobar estos planos. Hay que destacar la importancia que en el caso de Cofrentes ha tenido esa coordinación del Gabinete Técnico de Obra Civil con las Ingenierías, solucionando multitud de problemas antes de que se creasen en la propia obra.

Como ejemplo citaremos la realiza-

ción de los planos de armaduras de las vigas de apoyo del turbo-generador. Las vigas de sección $3,00 \times 3,00$ m. y densamente armadas deben alojar los pernos de anclaje de la Turbina y generador. Detectada la posibilidad de interferencia, el Gabinete Técnico estudió la distribución de las armaduras de forma que se alojaron los 150 pernos sin necesidad de cortar ni una sola barra de ferralla.

TOPOGRAFIA

En primer lugar, hay que establecer las bases de replanteo y nivelación, materializando mediante hitos los puntos de apoyo para replanteos y comprobaciones de los diferentes elementos.

Al comienzo de cualquiera de las fases es necesario disponer de un exacto replanteo, dada la implicación que unos elementos tienen sobre otros en una instalación Nuclear, ya que todos están interconectados por tuberías, cables, etc.

Sistemáticamente, en todos los «bloques» en que son divididos los edificios para su hormigonado se realiza una comprobación previa de todos los elementos incluidos en él (pasa-muros, bandas, placas, encofrado, armaduras, etc.), de forma que no puede comenzarse el hormigonado hasta que la Sección de Topografía ha dado su aprobación. Ha sido también comprobada —continúa— la topografía de las diferentes tongadas de los rellenos, así como todos los tramos de tuberías, ya sean de proceso (Sistema de Agua de Circulación, Aporte y Evacuación de gases) o de drenaje. Además, ha sido la sección responsable de efectuar el control de asientos de las estructuras, tanto en los edificios como en las torres de refrigeración.

CERTIFICACIONES

Otra Sección componente de la Obra Civil es la de Certificaciones, unidad de control económico encargada de confeccionar el documento de pago en base a los precios recogidos en el Contrato y a las mediciones de Obra realizadas de acuerdo con su definición en los Pliegos de Condiciones. Es responsable —además— de la confección de los precios contradictorios que por necesidades de obra han surgido, así como la de efectuar las liquidaciones finales de obra.

Conviene resaltar que esta sección ha controlado los 51 contratos existentes y ha aplicado 4.981 precios unitarios distintos.



Javier VILLALBA SANCHEZ es Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Ingresó en Hidroeléctrica España en 1976. Es Jefe de la Obra Civil en la Central Nuclear de Cofrentes y, actualmente, es el Director de Obra del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Cortes, La Muela.



Construcción de las torres de refrigeración. Vista interior (noviembre 1977)

EJECUCION

El control de obra ha estado encomendado a la Sección de Ejecución. Esta unidad ha sido la encargada de supervisar directamente la construcción. Ha dispuesto de un equipo de vigilantes de obra, que han presenciado el hormigonado de todos los «elementos», han comprobado la correcta colocación de encofrado, armadura y elementos embebidos, han comprobado la limpieza y preparación de los bloques, han supervisado las soldaduras, excavaciones, rellenos y, en general, todas las labores realizadas en la obra.

El personal técnico que ha estado al frente de este equipo coordinado con la organización del constructor los recursos de este último, ha resuelto ininidad de interferencias y ha colaborado en la puesta en obra de los elementos definidos en los planos.

LABORATORIO

No se puede concebir la supervisión de la obra sin la colaboración de un elemento estrictamente objetivo. Es el Laboratorio de Obra Civil, la sección responsable de efectuar los análisis previos sobre los materiales de construcción y efectuar los ensayos de comprobación. Bajo su control se ha explotado la cantera para obtención de áridos para hormigones.

Ha realizado la determinación de densidades y humedades «in situ» en las bases de cimentación y rellenos, tomándose 20.500 lecturas. En sus instalaciones se han confeccionado y ensayado las dosificaciones para hormigones y se ha realizado la rotura de probetas correspondientes a todos los «bloques», de acuerdo con la normativa aplicable en Confrontes. Con este destino se han fabricado y efectuado la rotura de 50.604

probetas de hormigón. Ha realizado, también, la comprobación de las uniones Cadwell y rotura de probetas de acero, realizando más de 5.000 ensayos.

Como elemento colaborador de Garantía de Calidad, ha prestado numerosos servicios en ensayos destructivos de homologación de soldadores, control de soldaduras, determinación de límites elástico y rotura de materiales metálicos, etcétera.

Ha realizado también los ensayos previos de pernos de anclaje, suelos, morteros especiales, hormigones pesados, gunita, etc.

Asimismo ha realizado ensayos de aceptación de nuevos materiales para demostrar su idoneidad con vista a su aplicación en la obra.

CONSTRUCTORES

Han participado en la construcción diez empresas constructoras con contrato directo, aunque para trabajos específicos (impermeabilizaciones, pilotes, estructuras metálicas, etc.) estas empresas han requerido la colaboración de empresas especializadas.

Los constructores han aportado todos los elementos necesarios para la construcción, tanto de personal como materiales, maquinaria y elementos auxiliares de obra. Solo en el caso del contrato de los edificios el suministro de acero para armadura y cemento era efectuado directamente por Hidroeléctrica Española. Un importante equipo humano que ha tenido una punta de 1.348 hombres, desarrollando 13.071.297 horas de trabajo, a lo largo de casi diez años ha permitido obtener una central donde se han ejemplarizado casi todos los campos de la Ingeniería Civil. Se han realizado trabajos de carreteras, puentes, un pequeño canal, chimenea, torres de refrigeración, depósitos, tuberías de hormigón con alma de chapa, tubería metálica, drenajes, estructuras hidráulicas, un pequeño túnel, excavaciones, rellenos, impermeabilizaciones, canalizaciones eléctricas, galerías, estructuras metálicas, pilotes, pavimentos, sondeos e inyecciones.

Para el contrato de los edificios se ha dispuesto de una cantera a pie de obra con instalación de machaqueo, clasificación, lavado y ensilado de áridos con capacidad de producción de 100 tm/hora.

A lo largo de la obra se han instalado cinco plantas de fabricación de hormigón con capacidades de 60, 50, 30 y 20 m³/hora, siendo tres de ellas simultáneas en el tiempo con una producción total de 140 m³/hora. Para el capítulo importantísimo de la fabricación de ferralla se ha contado con tres parques de elaboración, siendo uno de ellos totalmente automatizado. No menos importantes son los talleres de carpintería y mecánico. En los primeros se han preparado encofrados para más de 360.000 m² de paramentos que, teniendo en cuenta un grado de utilización de tres



Canal de impulsión. Montaje de la tubería forzada

puestas, supone una fabricación de 120.000 m² de tableros. En los talleres mecánicos se han elaborado 2.200.000 kg. de elementos de acero, lo que da una idea de su importancia. Esta cantidad importante es consecuencia del criterio adoptado al principio de obra de que todos los elementos embebidos en el hormigón (excepto los muy especiales) eran suministrados y colocados por el Contratista Civil.

El Contratista de las Torres de Refrigeración dispuso de un parque de prefabricados de 10.000 m² a pie de obra para la fabricación de toda la estructura soporte del relleno, donde se fabricaron 1.770 piezas.

Un aspecto característico de la construcción de una Central Nuclear es un importante número de grúas-torre, trabajando simultáneamente en la Central. Estudios muy cuidadosos permitieron situar 11 grúas-torre sin interferencias, que tuvieron, además, que coordinarse con dos grúas móviles de gran capacidad (300 tm.) y una fija para el montaje de las virolas de la contención.

PROGRAMACION

Dentro del Plan Básico de Construcción de la Central Nuclear de Cofrentes, se desarrollaron los programas específicos de la Obra Civil, en coordinación con el grupo de Programación y Planificación. Se estableció un plan general de la obra, dividido en tantos programas como contratos existían. Dentro de cada programa contractual, se realizaron programas por áreas o por edificios, con-

VOLUMENES MAS SIGNIFICATIVOS

Excavaciones	2.800.000 m ³
Rellenos	1.700.000 m ³
Hormigón bombeado	150.000 m ³
Hormigón convencional	60.000 m ³
Encofrados	360.000 m ²
Armaduras	26.800 tm.
Cemento	75.000 tm.
Elementos metálicos embebidos	1.300 tm.
Bandas metálicas	25.500 m.l.
Tubería de drenaje (Ø 150 a Ø 1.000)	21.600 m.l.

Impermeabilizaciones:

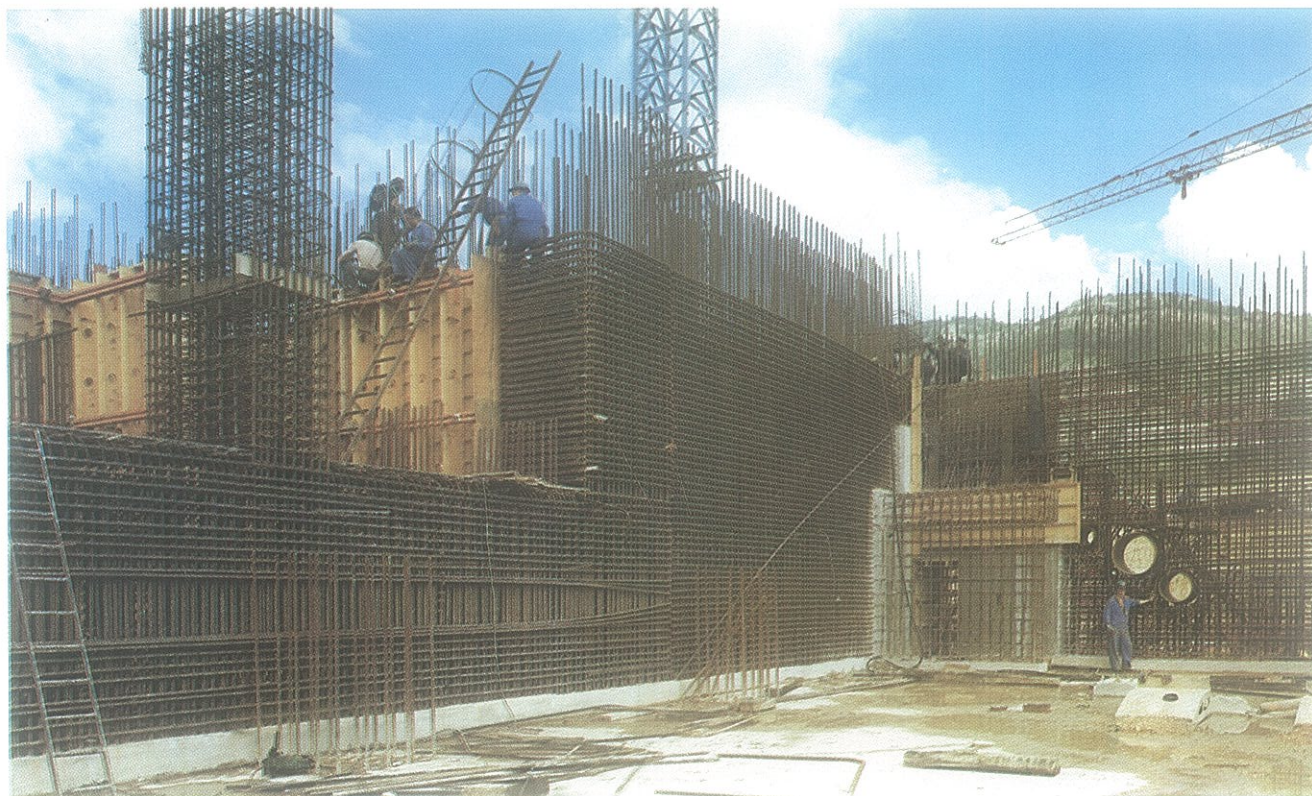
Cubiertas	16.500 m ²
Bajo cota 372	35.700 m ²
Estanques	61.000 m ²
Galerías electro-mecánicas	7.300 m.l.

Canalizaciones eléctricas:

Zanja	9.100 m.l.
Tubo PVC	61.800 m.l.
Valla seguridad	3.300 m.l.
Valla radio de exclusión	5.500 m.l.
Carretas	127.000 m ²
Tubería del sistema de refrigeración de Ø 2.920 (hormigón con alma de chapa)	1.184 m.l.
Tubería de aporte (metálica helicoidal de Ø 762).	4.320 m.l.
Tubería sistema evacuación de gases de Ø 1.000 a Ø 3.000	670 m.l.

Reforestación forestal:

Superficie	10 ha.
Arboles	60.000 Uds.



Edificio de turbinas. Detalle de las armaduras y penetraciones de los muros (octubre 1976)

feccionándose programas específicos de aquellas partes de especial importancia de cara a la ruta crítica.

Así, se realizaron programas específicos de la Losa del Reactor, Pedestal, Muro del Pozo Seco, Piscinas Superiores, Túnel de Vapor, Muro de Blindaje, Cúpula del Reactor, Planta de Maniobra del Edificio de Turbina, Prefabricados de las Torres de Refrigeración, etc.

Para el desarrollo de la programación es absolutamente necesaria la coordinación con estos grupos de la Organización de Construcción, debido a que las diferentes fechas de suministro de equipos obliga a dejar pasos provisionales en muros o losas para su introducción.

La importante red de tubería de drenaje de equipos, embebidas en el hormigón, la necesidad de disponer de bancadas, etc., obligó a la instauración de reuniones de coordinación semanales, para conseguir el mínimo de perturbaciones en el avance global de la obra.

Con objeto de conseguir un eficaz seguimiento de la programación, los Constructores presentaban a la consideración de HE, semanalmente, el programa de actividades de la semana siguiente y, mensualmente, un programa para los tres meses siguientes.

ASPECTOS SINGULARES

La construcción de la Central Nuclear, por sus dimensiones, su carácter multidisciplinar y la complejidad de sus instalaciones, ha presentado algunas peculiaridades que merecen destacarse.

ARMADURAS DE 57,3 MM.

La mayor parte del edificio del Reactor se diseñó con armaduras de 57,3 mm. de diámetro. Este calibre, que no es usual en las construcciones civiles supone un nuevo enfoque en el tratamiento de la ferralla. No admite el doblado convencional, aunque sí el curvado, por lo que los anclajes no se pueden realizar más que con placa. No es manejable a mano, obligando a una utilización importante de grúa, teniéndose que colocar barra a barra. Las longitudes de solape son tan extraordinarias, que la continuidad de la armadura se realiza mediante uniones Cadwell.

La gran cuantía de armaduras en la losa del Reactor, unido a la necesidad de anclaje de la primera virola de la contención metálica, obligó a la construcción de una maqueta a escala 1:20, para estudiar y determinar la mejor secuencia de colocación del hierro.

Para la colocación de los refuerzos diseñados alrededor de la entrada de equipos y de la de personal en el muro del pozo seco, que suponían la inscripción de círculos concéntricos de barras de 57,3 mm. en cilindro, se construyó una monte en el exterior para realizar un premontaje y poder dar mediante gatos la curvatura adecuada.

ACCESIBILIDAD

La dificultad de acceso al edificio del Reactor, rodeado por otros edificios, obligó a montar la grúa principal en el interior del edificio Diesel, aprovechando un hueco para ventilación en la cubierta, de forma que sin desmontar la

grúa se permitiera la construcción del edificio. Análogo caso, pero con la grúa para el montaje de las virolas, se presentó en el edificio de combustible, aprovechando en este caso el hueco del ascensor.

GUNITA

El sistema elegido para el forro de las piscinas de combustible obligaba a realizar un hormigonado secundario de 7 cm. Se eligió, por cuestión de calidad, el realizarlo mediante hormigón proyectado, con un posterior fratasado y pulido, con objeto de dejar superficies «perfectas» donde apoyan las chapas.

MORTERO PESADO

El muro de sacrificio compuesto por perfiles sobre «T», unidos mediante chapas y formando cajones cerrados, requería ser relleno con un material de cierto peso específico para su misión de blindaje. Dada la dificultad de relleno con hormigón, se pensó en relleno con mortero por inyección y, al no conseguir este material, el peso específico requerido de $2,32 \text{ Tm/m}^3$, se fabricó un mortero especial con magnetita, cemento P-450 y arena caliza, de forma que se superaba la capacidad de blindaje exigida.

Otros aspectos singulares, como el cimbrado de la cúpula del Reactor, el encofrado entre edificios o el encofrado trepante de las torres de refrigeración, podrían también haber sido destacados, pero la limitación de espacio obliga a omitir su explicación.