

ALGUNAS SINGULARIDADES CONSTRUCTIVAS DE CN TRILLO I

CN TRILLO I

David LOPEZ GARCIA, Eduardo DANTAS LAMA,
José Manuel PORTAS GONZALEZ y Román BUENO GIL



David Gustavo LOPEZ GARCIA es Ingeniero Aeronáutico (Madrid, 1971). Trabajó en Chrysler España, S. A. y CTNE. Posteriormente pasa a Empresarios Agrupados y participa en la construcción de la C.N. Almaraz. Actualmente es Jefe de Emplazamiento en la C.N. Trillo. Es miembro de la SNE.



Eduardo DANTAS LAMA es Ingeniero Industrial por la ETSII de Sevilla. En 1975 se incorpora a Empresarios Agrupados, colaborando en la construcción de la C.N. Almaraz. Incorporado al proyecto Trillo en 1982, actualmente es Jefe de Obra de la Supervisión de Construcción.



José Manuel PORTAS GONZALEZ es Ingeniero Industrial por la ETSII de Sevilla. Desde febrero de 1975 ha participado en la construcción de C.N. Almaraz, dentro de la Organización de Supervisión de Construcción, como Jefe de la Oficina Técnica de Equipos, primero, y después, como Jefe de la Oficina Técnica de Montajes Mecánicos. Desde marzo de 1981 participa en el proyecto y construcción de la C.N. Trillo I, habiendo desempeñado el puesto de Jefe de Planificación de la Organización de Supervisión de Construcción y siendo actualmente el Jefe de Coordinación y Planificación de la Ingeniería de Detalle en Obra.



Román BUENO GIL es Ingeniero Técnico de Minas (1970). Trabajó en TECNIOBRA, S. A. y LODIGIANI S.P.A., en la construcción de centrales hidráulicas. En 1974 se incorpora a Empresarios Agrupados, participando en la construcción de la C.N. Almaraz. Desde 1980 trabaja para el proyecto Trillo, donde ha ocupado los cargos de Jefe de Obra Civil de la Planta Nuclear y Jefe de Coordinación de Construcción.

Las centrales nucleares de tecnología alemana presentan, como es sabido, numerosas peculiaridades diferenciadoras respecto a las plantas PWR desarrolladas según criterios tecnológicos de otros países. Algunas de estas peculiaridades se ponen de manifiesto en el campo de la construcción, tanto en obra civil como en montaje; otras, sin embargo, están orientadas a aspectos operativos durante la explotación de la planta. De ellas, centrándonos en las más significativas, hablaremos en este artículo.

BREVE DESCRIPCION DE LA CENTRAL

Aunque no es materia del tema a tratar, resulta conveniente hacer una breve descripción de los edificios principales, así como de su contenido y función de cara a una mejor comprensión de las singularidades que después se destaquen.

Los edificios principales son:

- Edificio del Reactor. Alberga en su interior una esfera metálica de, aproximadamente, 53 metros de diámetro y que divide al edificio en dos zonas claramente diferenciadas. La interior a la esfera -Contención- alberga el circuito primario, las piscinas de combustible nuevo y gastado y parte de los sistemas de refrigeración de componentes nucleares y de refrigeración de emergencia del núcleo.
- La exterior a la esfera, denominada Recinto Anular, contiene equipos de los sistemas de seguridad de la planta, así como el sistema de ventilación de zonas controladas.
- Edificio Auxiliar. Aloja en su interior los sistemas auxiliares del reactor que no están directamente relacionados con la parada y conservación en estado seguro del reactor. Una zona de este edificio se destina al tratamiento de residuos radiactivos.
- Edificio Eléctrico. Alberga la sala de control y el ordenador de procesos de la central, así como todos los sistemas eléctricos de maniobra y distribución de energía.
- Edificio de Agua de Alimentación de Emergencia. Con los grupos diesel que aseguran la alimentación eléctrica del sistema de agua de alimentación de emergencia, así como las bombas, piscinas y otros componentes.
- Edificio Diesel. Alberga cuatro equipos diesel capaces de, debido a su instalación redundante, garantizar el suministro de energía en caso de falta de energía exterior.
- Edificio de Turbina. En su interior se

encuentra la turbina y el condensador, con los equipos auxiliares, y el alternador con la excitatriz.

CARACTERISTICAS DE LA IMPLANTACION DE EDIFICIOS

La implantación de los edificios principales constituye la primera peculiaridad a destacar. Frente a la disposición típica, con la mayor parte de los edificios próximos a adyacentes, la CN TRILLO I presenta un acusado alejamiento entre los edificios del Reactor, Agua de Alimentación de Emergencia y Diesel.

Esta separación obedece a la aplicación de criterios de protección a los mismos, de tal forma que los daños que cualquier agente externo o interno pudiese producir en alguno de ellos no afecten a los otros, y poder así garantizar, en todo momento, el funcionamiento de los sistemas necesarios para solventar cualquier contingencia o conseguir la parada segura de la planta si la circunstancia lo requiriese.

Sin embargo, esta implantación conlleva, y es otra de las características a destacar, la necesidad de comunicar a estos edificios entre sí, y por tanto, la obligada construcción de galerías subterráneas que los unan.

El volumen de galerías a diseñar es función, en consecuencia, de la separación entre los edificios a unir y de los criterios de independencia funcional que se apliquen a los sistemas mecánicos y eléctricos que albergan.

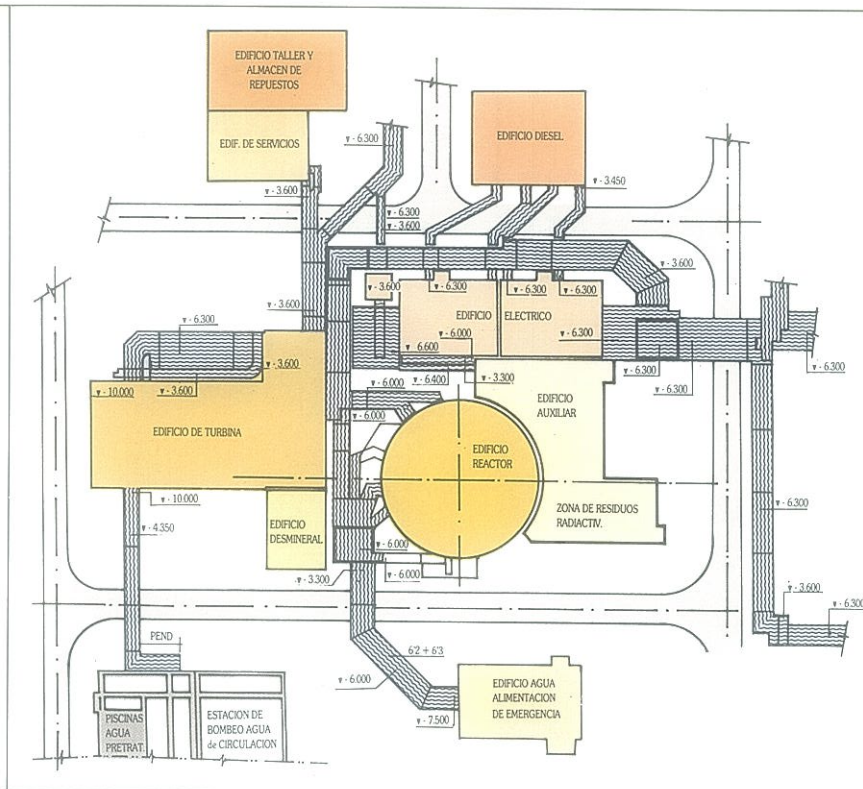
Las galerías, por su longitud y disposición física, según se puede apreciar en la fig. I, introducen un factor más, de extrema importancia, a considerar en la programación de la construcción de la planta, ya que, debido a su gran volumen de obra (22.000 metros cúbicos de hormigón en el caso de CN TRILLO I), su construcción ha de hacerse coincidente en el tiempo con la de los restantes edificios y, por su compleja disposición producen condicionantes al impedir los accesos a ellos.

LA ESFERA DE CONTENCION Y SU PROCESO DE MONTAJE

Dado que las cargas predominantes a soportar por la contención son las debidas a presurización interior, la configuración esférica presenta unas características idóneas para resistirlas y, por ello, la singularidad de los prototipos alemanes frente a la tradicional forma cilíndrica de los recipientes de contención. Esta esfera, como ya se ha indicado anteriormente, divide al edificio del reactor en dos zonas independientes, denominadas «recinto interior» (zona de contención, interior a la esfera) y «recinto anular» (zona comprendida entre la esfera y el muro de blindaje exterior).

Características principales de la esfera de contención

Con un diámetro de 53 m, la esfera de



FI Implantación de la CN Trillo I.

Maniobra de instalación de la vasija del reactor dentro de la contención.



Vista general en el Centro Edificio Reactor: Casquete inferior de la esfera montadora sobre calota de hormigón.



contención de la CN TRILLO I se ha construido a partir de 423 chapas de acero, 15 Mn Ni 63, conformadas en caliente, con un peso total de 2.694 toneladas. Los espesores de estas chapas oscilan entre un mínimo de 31 mm y un máximo de 65, en zonas reforzadas para pasos de penetraciones, pudiéndose decir que el espesor más habitual es de 36 mm.

Las presiones y temperaturas previstas, en caso de accidente, y para las cuales se ha diseñado la esfera, son de 5,3 bares y 145° C, respectivamente.

Este recipiente esférico, por sus dimensiones, es el mayor de cuantos hasta la fecha se han construido en España.

Proceso de montaje

La esfera, para su montaje, se ha dividido en 13 sectores o virolas, constituidas, a su vez, por un número variable de chapas, oscilante entre un mínimo de 10 y máximo de 53.

El montaje en campo se ha hecho a partir de conjuntos prearmados de varias chapas (a veces virolas completas), cuyo número ha estado en función del peso de las mismas y de la capacidad portante de la grúa (una DEMAG CC-2000-RL), en relación con su radio de trabajo.

En el proceso de montaje se han determinado cuatro zonas fundamentales:

1. «Calota (denominación derivada de la palabra alemana «kalotte») y cuya traducción literal sería cazoleta).

Es la más singular de todo el proceso y comprende las cuatro primeras virolas. Su montaje viene condicionado por la obra civil del edificio, siendo imprescindible que previamente se haya concluido la losa de cimentación del reactor y la cazoleta de hormigón armado («calota» de hormigón) sobre la cual habrá de apoyar la esfera de contención y toda la estructura interna, así como equipos, de este recinto.

Condición y característica fundamental para el montaje de la «calota» metálica es que, inicialmente, ésta no podrá apoyarse directamente sobre el hormigón estructural, pues se impediría la accesibilidad por su cara exterior y, en consecuencia, no sería factible la soldadura de este lado. Así pues, las chapas deberán situarse sobre cuatro grandes anillos de soporte que permitan una separación aproximada de 1,80 m entre el hormigón y la superficie exterior de la esfera (véase fig. 2, secuencia 1). Es conveniente puntualizar que el soporte IV ha sido estructuralmente diseñado para soportar por sí solo el peso completo de la «calota» metálica (562 toneladas).

Concluido este montaje de las cuatro primeras virolas se habrá sobrepasado la cota superior de la «calota» de hormigón y, en consecuencia, la accesibilidad de los soldadores por el exterior quedará garantizada en el futuro sin necesidad de ninguna operación especial. Será pues, el momento de descender el casquete contruido y de apoyarlo directamente sobre el hormigón. Esta operación, ciertamente singular y denominada «flotación

de la calota», se efectúa mediante llenado con agua, previa eliminación de los tres primeros anillos de soporte. Posteriormente, el agua se drena a través de tuberías embebidas en el hormigón, en un proceso lento y controlado que permite descender el casquete metálico hasta ensamblarse en la concavidad de la estructura de hormigón (secuencias 2, 3 y 4 de la fig. II). Todos los huecos existentes entre esfera y hormigón se rellenan más tarde mediante inyección de un mortero sin retracción, con el fin de garantizar un perfecto apoyo en todos los puntos y, con ello, una distribución uniforme de las cargas que vayan a transmitirse desde el recinto interior.

2. «Intermedia inferior». Comprende desde la «calota» hasta el Ecuador (virolas 5, 6 y 7). El montaje es completamente convencional y se efectúa posicionando los conjuntos prearmados sobre la virola o sector anterior y fijándolos mediante puntales que apoyan en la estructura civil del recinto anular exterior.

Finalizado el montaje de esta zona, y de acuerdo con lo programado, fue necesario establecer un período de espera de seis meses, a fin de que la construcción de la estructura civil del recinto interior no se viese interferida por el cerramiento de la esfera.

3. «Intermedia superior». Desde el Ecuador hasta la virola 10, inclusive. El montaje es de características similares al de la zona anterior, con la única variante de que el apuntalamiento de las chapas se efectúa sobre la estructura civil del recinto interior, ya construido.

4. «Superior». Comprende las virolas 11, 12 y 13, la primera de las cuales fue prearmada íntegramente en el suelo y montada en un solo conjunto de 188 to-

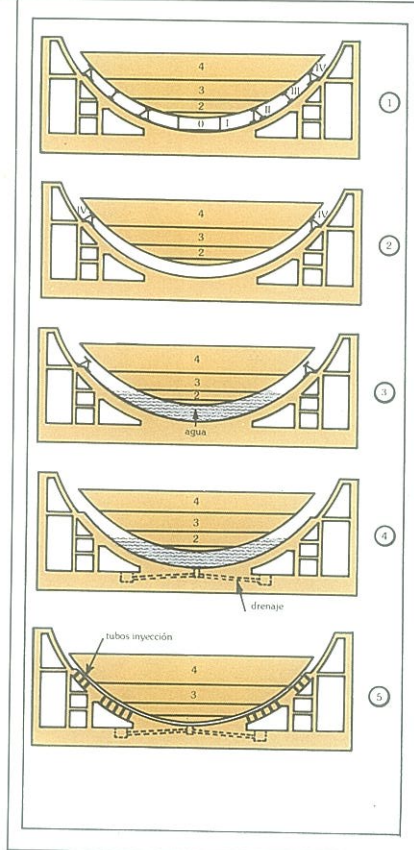


Fig. II Proceso flotación e inyección de la «calota».

neladas, operación que, en este tipo de centrales fue experimentada por primera vez en la CN TRILLO I, con notable éxito y avances sobre los plazos programados.

Idéntica operación se efectuó con los sectores 12 y 13, los cuales se prearmaron en un conjunto de 110 toneladas.

Finalizado de la penúltima zona de la esfera de contención.





izado del último sector de la esfera de contención.

EMPALMES DE ARMADURA MEDIANTE MANGUITOS ROSCADOS

Aunque no se trata de una característica específica de las centrales de tecnología alemana, cierto es que en la CN TRILLO I, con notable éxito, se han utilizado, por primera vez en España, los empalmes mecánicos de armadura mediante manguitos roscados (UNION GEWI).

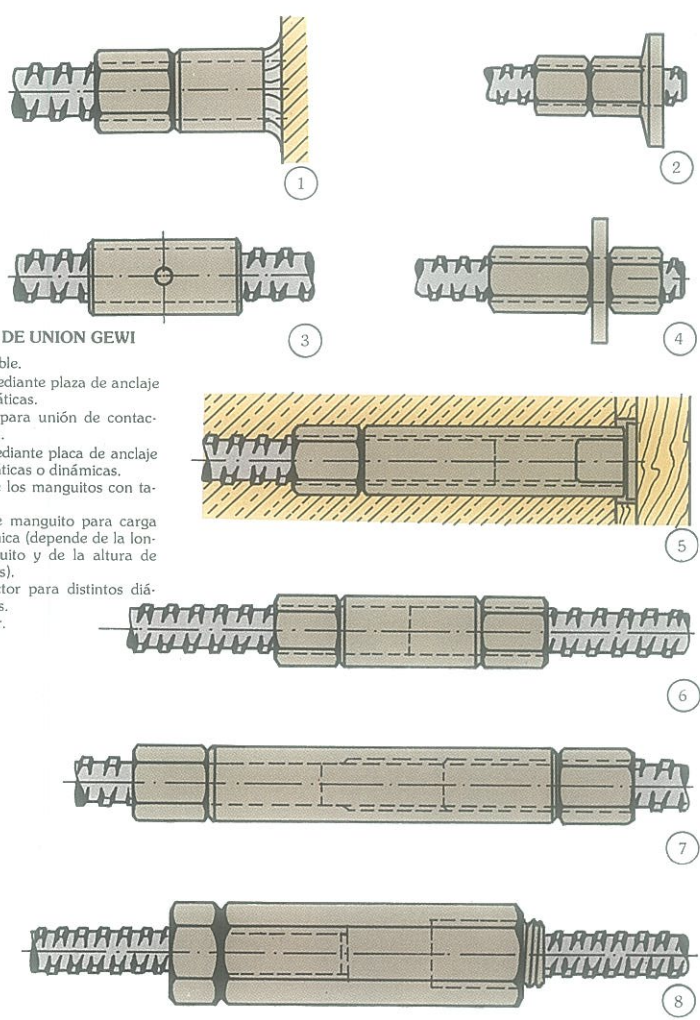
El sistema necesita utilizar los siguientes elementos (fig. III):

a) Barras especialmente obtenidas mediante laminación sincrónica de dos nervios dispuestos en forma de rosca. Dos zonas sin nervaduras, opuestas diametralmente, completan la sección de la barra, la cual puede roscarse en toda su longitud.

La calidad de estas barras corresponde a la de un acero corrugado de dureza natural para armar hormigón y que cumple los requisitos prescritos por la norma UNE-36.088 y EH-80.

b) Manguitos y tuercas de sección cilíndrica y hexagonal, respectivamente, que son fabricados a partir de barras de acero de calidades F-113 y F-114, y que se cortan, taladran y mecanizan exteriormente y se roscan interiormente en el mismo sentido que las barras.

F III Utilización del sistema GEWI.



ELEMENTOS DE UNION GEWI

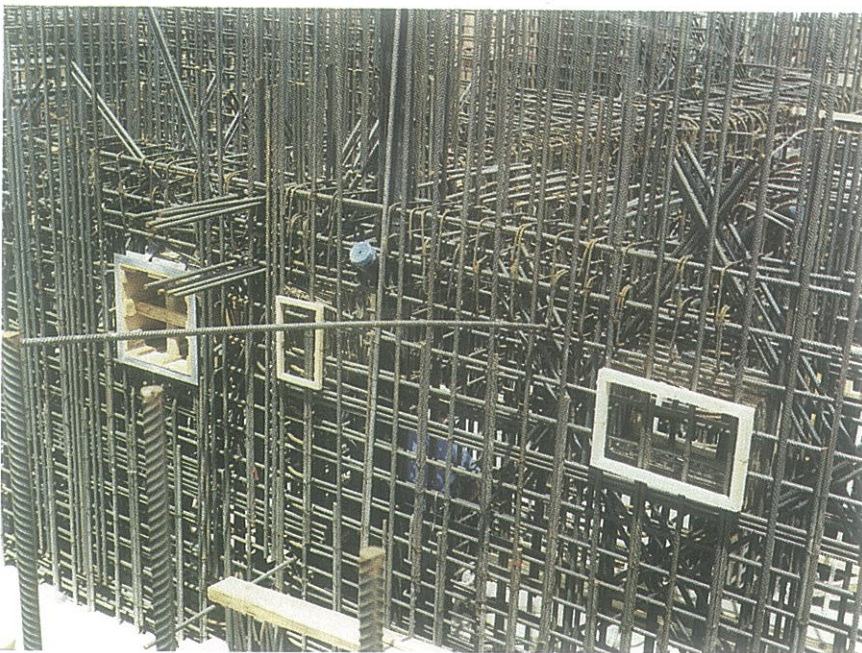
1. Manguito soldable.
2. Anclaje final mediante plaza de anclaje para cargas estáticas.
3. Manguito guía para unión de contacto a compresión.
4. Anclaje final mediante placa de anclaje para cargas estáticas o dinámicas.
5. Montaje tipo de los manguitos con tapón de cierre.
6. Unión mediante manguito para carga estática o dinámica (depende de la longitud del manguito y de la altura de las contratueras).
7. Manguito reductor para distintos diámetros de barras.
8. Manguito tensor.

En la construcción de la CN TRILLO I, el empleo de la unión GEWI, fabricada en España bajo licencia alemana, ha supuesto una serie de ventajas, ampliamente comprobadas a lo largo de toda la obra civil, consistentes en:

- Reducción de la congestión de armaduras.
- Facilidad y rapidez en la ejecución de la unión.
- Eliminación de armadura pasante de espera en entronques de alzados con forjados.
- Posibilidad de adecuar las longitudes de las armaduras de espera a las condiciones particulares de ejecución.
- Capacidad, mediante la utilización de manguitos de reducción, para empalmar barras de distintos diámetros.
- Mayor grado de seguridad del entorno en que la unión se ejecuta, al no requerirse procesos de combustión o incandescencia.
- Mayor fiabilidad en cuanto a la buena ejecución de la propia unión.
- En su aspecto económico, el acero Gewi, considerado aisladamente, resulta más caro que el clásico acero corrugado, debido a su especial proceso de fabricación, pero, sin embargo, tal sobrecosto se ve disminuido al considerar el conjunto barra-unión. En este sentido, y de su comparación con otros tipos de uniones, se obtiene que la unión Gewi comienza a ser rentable cuando, por razón de cuantías elevadas, deban emplearse al menos cuatro empalmes por tonelada de armadura, estimándose un ahorro aproximado de un 11 % en el caso de utilizar 10 empalmes por tonelada.



Reforzamiento de armadura a huecos.



Vista armadura principal, muescas y anudadura de refuerzos. 29-6-81.

Instalación de uniones Gewi, 29-7-81.



MONTAJE DEL EQUIPO PRIMARIO EN EL EDIFICIO DEL REACTOR

Algunas concepciones tenidas en cuenta en el diseño básico del edificio del reactor han permitido que el montaje del equipo primario se haya efectuado con relativa sencillez, además de con un elevado grado de acabado civil y en unas condiciones de limpieza ciertamente aceptables. Tres son los conceptos fundamentales:

a) Existencia de una grúa semipórtico en el exterior del edificio, para servicio definitivo de la central, con una capacidad de 500 toneladas. Esta grúa facilita la descarga de los equipos desde su medio de transporte y, elevándose hasta la cota de la planta de operación, los sitúa sobre la plataforma de introducción en una sola maniobra.

b) La compuerta de introducción de equipos dispone de un manguito que se atornilla a la chapa de la esfera por medio de un cubrejuntas. Manteniendo esta compuerta desmontada queda un hueco de dimensiones suficientes para la introducción de los equipos más voluminosos. Este detalle evita posteriores trabajos de obra civil e, incluso, permite la sustitución de cualquier componente durante la vida de operación de la central sin necesidad de costosos trabajos ni demoliciones.

c) Los generadores de vapor, una vez izados en posición horizontal por la grúa polar, son directamente descendidos y girados a su posición vertical en el interior del lazo. Una vez posicionados, la abertura que les ha dado paso al lazo es cerrada mediante bloques desmontables, evitándose trabajos de ferrallado y hormigonado en el interior del edificio del reactor.

PECULIARIDADES EN LA DISTRIBUCION DE SISTEMAS

Como peculiaridades dignas de mención en lo relativo a distribución de los sistemas en los edificios destacaremos las siguientes:

- La supresión del edificio de combustible, toda vez que en el recinto interior a la contención del edificio del reactor se albergan los sistemas relativos, tanto al almacenamiento como a la recarga de combustible. Tal disposición anula el sistema de transferencia de combustible, simplifica las operaciones de recarga y disminuye los riesgos de contaminación por la concentración en lugares más seguros de los elementos contaminantes.
- La dotación de un carácter eminentemente eléctrico al edificio del mismo

nombre. El edificio eléctrico de la CN TRILLO I está concebido y diseñado para albergar todos los sistemas eléctricos tanto de maniobras como de distribución de energía a los consumidores de la planta en condiciones de operación normal.

Así, la planta +0,00 del edificio se destina a albergar las cabinas de fuerza; la planta +5,500 a cabinas de corriente continua, baterías y convertidores rotativos; la +12,00 a cabinas electrónicas, y la planta +18,00 a sala de control y ordenadores de procesos. El resto de las plantas se destinan de forma prioritaria a distribución y bandejas para cables.

Las ventajas que se derivan de disponer en un solo edificio todos los centros de distribución de energía son sustanciales, toda vez que, cuando la planta está energizada parcialmente —como es la situación actual, por estar realizándose las pruebas de sistemas—, el control de los componentes en tensión se ve facilitado, reduciéndose también el riesgo de accidentes.

Por último, destacaremos la definición de áreas diferenciadas de montaje en los edificios del reactor y auxiliar, de tal forma que cada una de estas áreas se identifica por un sistema, al que se denomina principal, dado el volumen elevado de tuberías de dicho sistema en comparación con el resto de los existentes en el mismo.

Cosa similar ocurre con los caminos o rutas principales de cables y de tuberías, delimitados y separados, lo que ha permitido:

- Acortar las duraciones totales de montaje, debido a la posibilidad de solapar considerablemente las actividades de montaje de tuberías y tendido de cables. Concretamente, en la CN TRILLO I los primeros tendidos, con volúmenes de producción próximos a los 100.000 m mensuales, se iniciaron en noviembre de 1984, cuando apenas se había montado el 15 % de las tuberías en el total de la planta. Actualmente, tuberías y cables sobrepasan el 70 y 60 %, respectivamente, del total previsto.
- La consecución de altos rendimientos, debido a la minimización de interferencias, los cuales en el área eléctrica, se ven además favorecidos por el diseño abierto de las bandejas de cables y por la utilización de conexiones *wire rap* (extremo enrollable).
- La optimización de medios humanos y técnicos, como consecuencia de una disminución de los traslados de personal y tiempos muertos de máquinas, junto con un mejor aprovechamiento de los medios auxiliares de montaje.



Vista general grúa Demag 2100 y grúa pórtico para acceso al reactor.

Comienzo izado generador vapor.

