

UN TRANSPORTE MUY ESPECIAL PARA LA CENTRAL NUCLEAR DE ZORITA

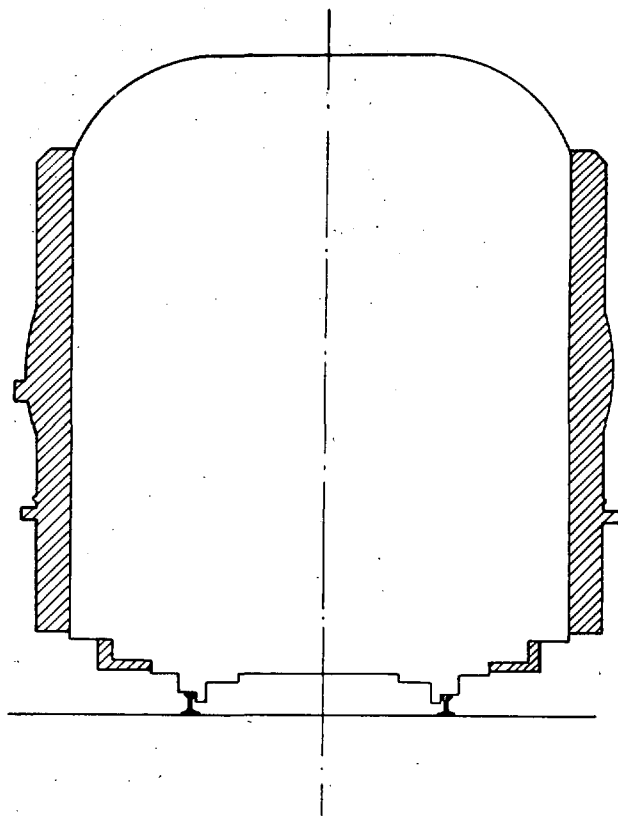
Por JAIME MAC-VEIGH ALFÓS y ENRIQUE UGEDO GUDIN
de TECNATOM, S. A.

El exiguo peso del combustible que alimenta las centrales nucleares permite ubicar éstas en los centros de carga. Sin embargo, el transporte de los equipos pesados durante la construcción puede suponer un problema muy importante y, en casos extremos, hasta prohibitivo. La elección de un emplazamiento para una central nuclear exige, pues, tener muy en cuenta, desde el primer momento, los aspectos logísticos de estos transportes, y en el siguiente artículo los autores describen cómo se ha llevado a cabo en el caso de la Central Nuclear de Zorita, a centenares de kilómetros de cualquier puerto. La correcta planificación y puesta en juego de medios adecuados permitió el transporte de tres piezas gigantes en un tiempo récord y sin el más mínimo incidente.

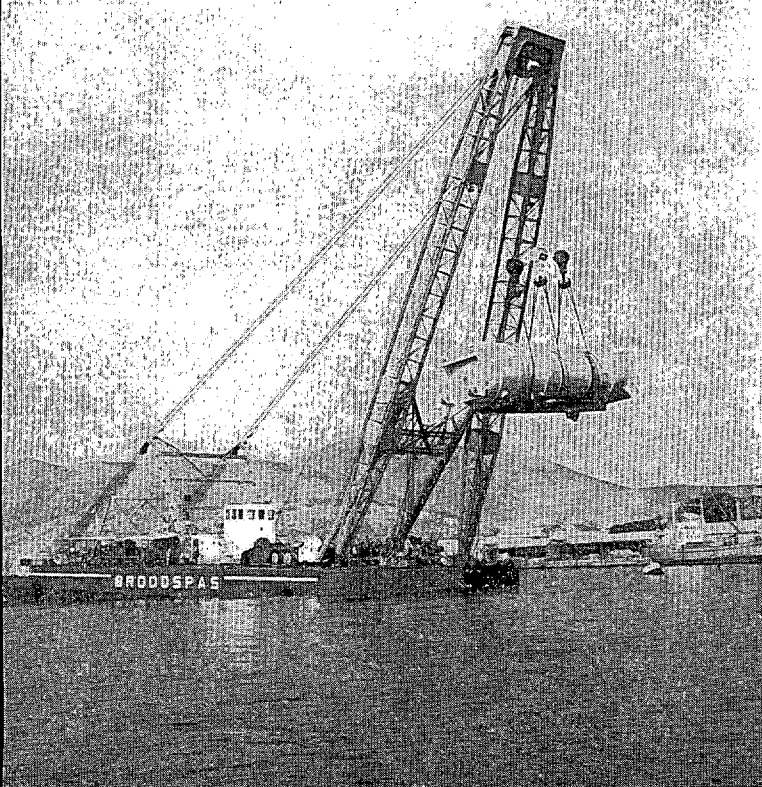
Como es sabido, Unión Eléctrica Madrileña está terminando a orillas del Tajo, y en término municipal de Almonacid de Zorita, provincia de Guadalajara, la primera central nuclear de España. Las obras, inauguradas por el Excmo. señor Ministro de Industria el día 6 de julio de 1965, con asistencia de numerosas autoridades, marchan a ritmo acelerado y habrán de constituir un récord de ejecución al estar la central en funcionamiento comercial en el verano de 1968. Esta central nuclear de Zorita tendrá una potencia de 160 000 kilovatios y producirá al año mil millones de kilovatios-hora de energía eléctrica para alimentar el siempre creciente consumo de la capital de España. Está basada en un reactor de agua a presión (PWR) suministrado por la empresa Westinghouse, contratista principal de la obra.

Uno de los problemas más importantes planteados desde los comienzos del correspondiente anteproyecto, fue el del transporte de tres gigantescas piezas muy pesadas, claves de la central de Zorita, que resultaba necesario traer desde los Estados Unidos hasta el emplazamiento. Estas eran:

- La vasija del reactor, donde tiene lugar la fisión del combustible uranio y donde se genera el calor principal; es, pues, el verdadero corazón de la central;
- el generador de vapor, donde el calor procedente del reactor se convierte en vapor para mover las turbinas; es la pieza más pesada y voluminosa de todas, y
- el alternador eléctrico que ha de producir la corriente eléctrica destinada a Madrid.



Exceso de gálibo de las piezas sobre el de la RENFE. — Alrededor del gálibo de la RENFE — línea interior —, se indica con rayas la envolvente de lo que sobresalían las piezas que se han transportado para la central nuclear de Zorita. Como se ve, había mucha interferencia lateral y también por debajo; la hubiese habido también por encima si se hubiese empleado un vagón plataforma. Esta interferencia se agravaba mucho en las curvas, ya que el vagón especial tenía 50 metros de longitud cargado. Gracias a que la carga se podía desplazar lateralmente y también elevarse mediante mecanismos hidráulicos que formaban parte del vagón, se pudieron obviar todas estas interferencias que, en caso contrario, hubiesen imposibilitado el paso.



Grúa flotante. — Grúa flotante "Veli Joze", de matrícula yugoslava y fabricada en Holanda, capaz para cargas de 350 toneladas. Está transportando el cambiador de calor desde el barco que lo ha traído de EE.UU., para depositarlo en el muelle. La grúa tiene indicación dinamométrica de la tensión de cables y tal precisión de maniobra que puede depositar, a voluntad, sobre el muelle cualquier fracción del peso que lleva. Las dimensiones del pontón son: longitud 40 m., ancho 18 m., altura 3,8 m. El peso bruto de la grúa es de 896 toneladas.

Posteriormente, habría que transportar también el transformador principal de la central, a construir en España, desde su factoría al emplazamiento; era igualmente voluminoso y pesado, pero si se resolvía el transporte de las tres piezas, se contaba con que éste sería algo menos delicado.

Incumbía a TECNATOM, S. A., la empresa consultora encargada por Unión Eléctrica Madrileña de todo lo relacionado con la Central Nuclear de Zorita, el buscar medios idóneos para el transporte de estas piezas desde un puerto español hasta el emplazamiento, y ya en 1962, cuando la Central era sólo una idea, se comenzaron estudios detallados para buscar la solución más segura y económica. Sin resolver este problema a completa satisfacción, no podía haber Central Nuclear de Zorita.

La limitación por puerto de arribo no era importante; España tiene sobrados puertos de

primera categoría capaces de recibir grandes barcos. Si era problema, sin embargo, el medio de descarga de las piezas, que exigía una grúa capaz de 300 toneladas, inexistente hoy en nuestro país. Para ello, se pensó utilizar, bien el único buque prácticamente existente en el mundo con medios propios para descarga sobre muelle de tan pesadas piezas, o alquilar en su día una moderna grúa flotante gigantesca, que resultó finalmente ser la fabricada en Holanda y propiedad de la empresa de salvamento yugoslava Brodospas.

Para el transporte terrestre se empezó estudiando las posibilidades por carretera. Una empresa española, Transportes Modernos, sociedad anónima, iniciaba el encargo de un remolque gigante especial y muy moderno de 56 ruedas articuladas que podría arrastrar las piezas. Este remolque, con la pieza mayor, tendría una longitud total de unos 42 m., una anchura de 5 m., un peso total máximo de 340 toneladas, y se pudo comprobar en un viaje a la empresa constructora francesa "Ets. Jean Nicolas et Fils", que podía servir perfectamente. El problema era encontrar un trayecto amplio, con el número mínimo de obstáculos, pocas pendientes y escasos puentes, que uniera un puerto de desembarco con el emplazamiento de la Central.

Después de numerosos estudios y recorridos distintos por parte de los ingenieros de Tecnatom, se fijó como más viable para la solución por carretera el trayecto Alicante, Albacete, Ocaña, Tarancón, Huelves, Almonacid de Zorita. Empezó entonces un detallado estudio del trayecto, anotándose cada curva, cada caño, tajea, pontón y puente, y los pasos superiores, las barreras de ferrocarril, las líneas de telégrafos, teléfono y de energía que pasaban por encima de la carretera. Se tomaron centenares de fotografías, algunas aéreas, de todos los posibles obstáculos, anotándose cuidadosamente sus características, y se llevó todo a detallados planos de carretera, donde cada kilómetro estaba representado por diez centímetros. Se inició a continuación el proyecto de todas las modificaciones que sería necesario efectuar, el refuerzo de puentes, el corte de líneas, la rectificación de curvas, el desmontaje de barreras, la tala de árboles, etc., etc.

Como consecuencia, se llegó a la conclusión de que había que reforzar más de 80 obras entre puentes, pontones y tajeas, cortar infinidad de líneas de conducción eléctrica y mejo-

rar muy notablemente el trazado de varias curvas y el de los últimos 50 Km. de trayecto, compuesto de carreteras comarcales al pie de los Montes Universales, entre las provincias de Cuenca y Guadalajara. Esto último, aunque costoso y laborioso, era un trabajo concreto abordable y, en resumidas cuentas, necesario; lo primero era difícilísimo, tanto por el número de obstáculos como por lo incierto del refuerzo de muchos puentes antiguos. Además, los convoyes correspondientes, una vez en marcha, serían un serio obstáculo para el normal desenvolvimiento del tráfico rodado en una carretera tan frecuentada como es la de Alicante a Ocaña. Habría que atravesar cinco provincias con criterios sobre la materia no siempre uniformes por parte de las distintas Jefaturas de Obras Públicas, Diputaciones y Ayuntamientos, lo que obligaría a llegar a acuerdos muy heterogéneos con un excesivo número de personas. Finalmente, un transporte de esta índole estaría limitado a velocidades medias inferiores a los 3 kilómetros por hora, y durante horas de luz,

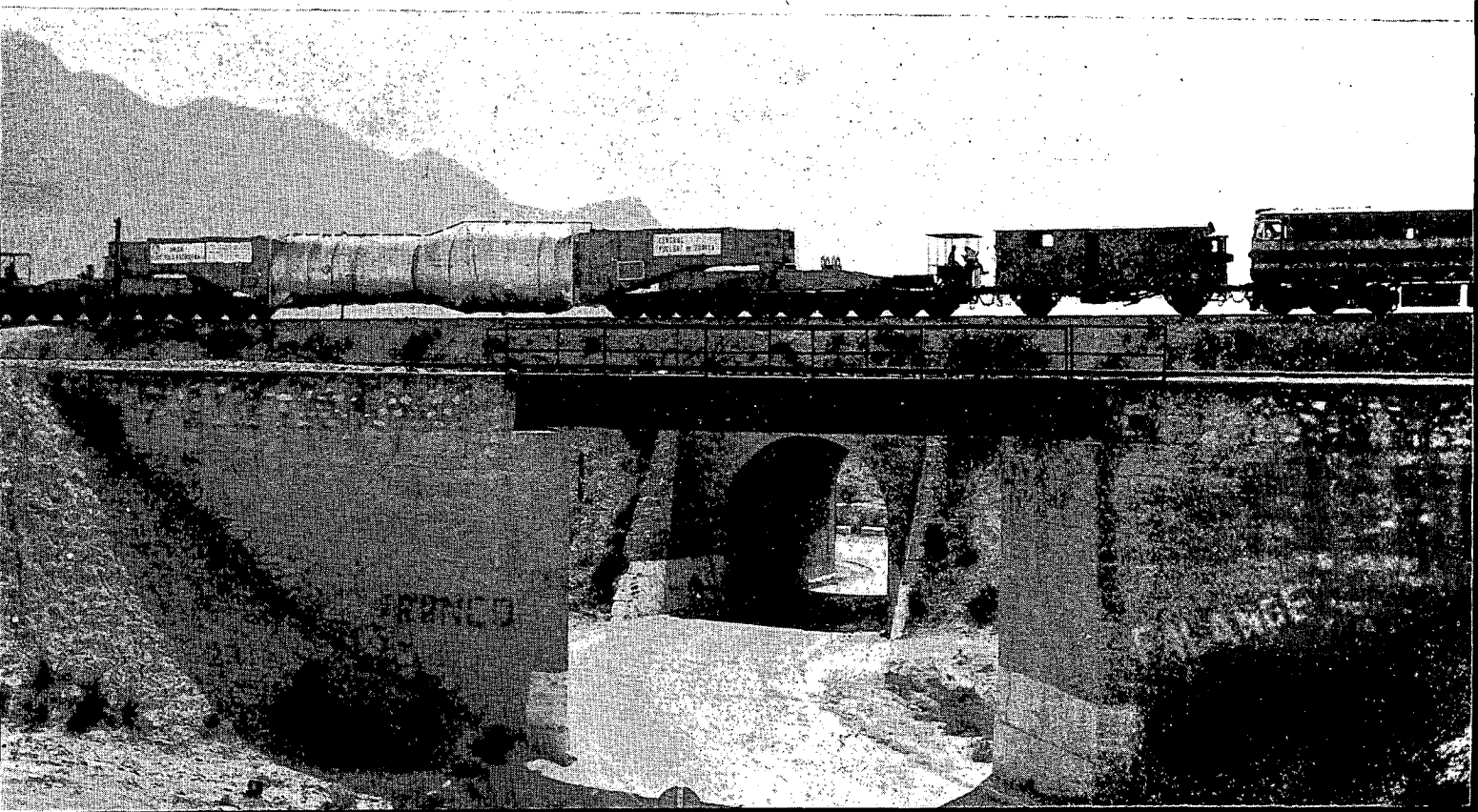
con el consiguiente enorme esfuerzo y desgaste de nervios.

La magnitud y dificultades del problema surgieron la idea de ver si, excepcionalmente, podría ser factible utilizar el ferrocarril. Zorita está a 56 Km. por carretera de la estación de Tarancón, y si fuese posible llevar las piezas hasta aquí, el trabajo de arreglar el último trayecto por carretera y de obtener los permisos correspondientes, sería relativamente fácil de concretar.

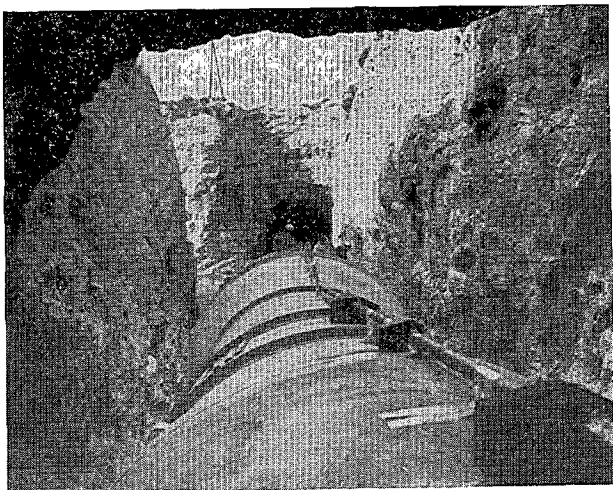
Pero estaba en primer lugar el hecho de que las tres piezas de que se trataba se salían fuera del gálibo normal de la Renfe, tanto en ancho como en alto, sobre todo, si se montaban en una plataforma; tampoco había ningún vagón en España que pudiera, ni remotamente, llevar las piezas, ni por su geometría, ni por su capacidad de carga.

Ante el afán de evitarse los innumerables y agotadores problemas de utilización de las carreteras principales existentes, se hicieron diversas consultas en el extranjero y se vio que se

Vagón especial. — Vista parcial del convoy con el vagón especial, de 20 ejes y en dos mitades independientes, con el cambiador de calor acoplado entre ellas. Esta vasija forma cuerpo con las dos mitades del vagón y, por consiguiente, se convierte en parte integrante de este último, aguantando su propio peso y también soportando la tracción del tren. El conjunto, que se apoya sobre los bogies, puede desplazarse lateralmente a uno y otro lado, para evitar obstáculos, ya que las piezas se salen del gálibo de circulación de la R.E.N.F.E. También puede elevarse con idéntico fin y, especialmente, para no chocar con los andenes en estaciones. La longitud total del vagón con el cambiador es de unos 50 metros. El peso propio del vagón es de 140 toneladas y la carga máxima 300. La carga por eje es de 22 toneladas; la longitud de las dos mitades sin pieza intermedia es de 34 metros. Se puede desplazar la carga lateralmente 30 cm. a cada lado y se puede elevar 25 centímetros.



ría posible construir un vagón especial, en dos mitades, cada una de las cuales "agarraría" cada extremo de la pieza a transportar y harían así del conjunto un solo vagón, de forma que las piezas de la Central de Zorita trabajarían mecánicamente, soportando su propio esfuerzo y no necesitarían "cama" debajo, con lo que podrían moverse a pocos centímetros del suelo. Este tipo general de vagón ya existía fuera de



Paso difícil. — Paso del cambiador de calor por la zona de trincheras y túneles cerca de Calasparra; se puede apreciar lo angosto del paso, que exigió abundantes manipulaciones de los mecanismos de traslación. La tubería provisional encima de la vasija correspondiente al freno del convoy. El cambiador de calor tiene una longitud de 16 m., un diámetro de 3,90 m., sin contar las toberas, y un peso de 250 toneladas.

España; en Francia se llama vagón "a becs", y en Alemania y Estados Unidos, "schnabel".

A pesar de todo ello, se vio por los tanteos que el conjunto especial con su carga resultaría extraordinariamente voluminoso y totalmente fuera del gálibo normal ferroviario, y como tal, no podría circular por las vías de la Renfe si no se introducía alguna nueva faceta. Por lo pronto, después de un detallado estudio, se decidió que si se acababa utilizando el ferrocarril, el trayecto idóneo sería el de Cartagena, Albacete, Alcázar de San Juan, Villacañas y Tarancón, con 463 Km. de desarrollo. Este trayecto pertenecía al sistema de la extinguida compañía de Madrid-Zaragoza-Alicante que, desde un principio, construyó su vía con el mayor gálibo de circulación en España; además, el trayecto sólo tenía seis túneles, en vía que pudiese aguantar las cargas de que se trataba, el míni-

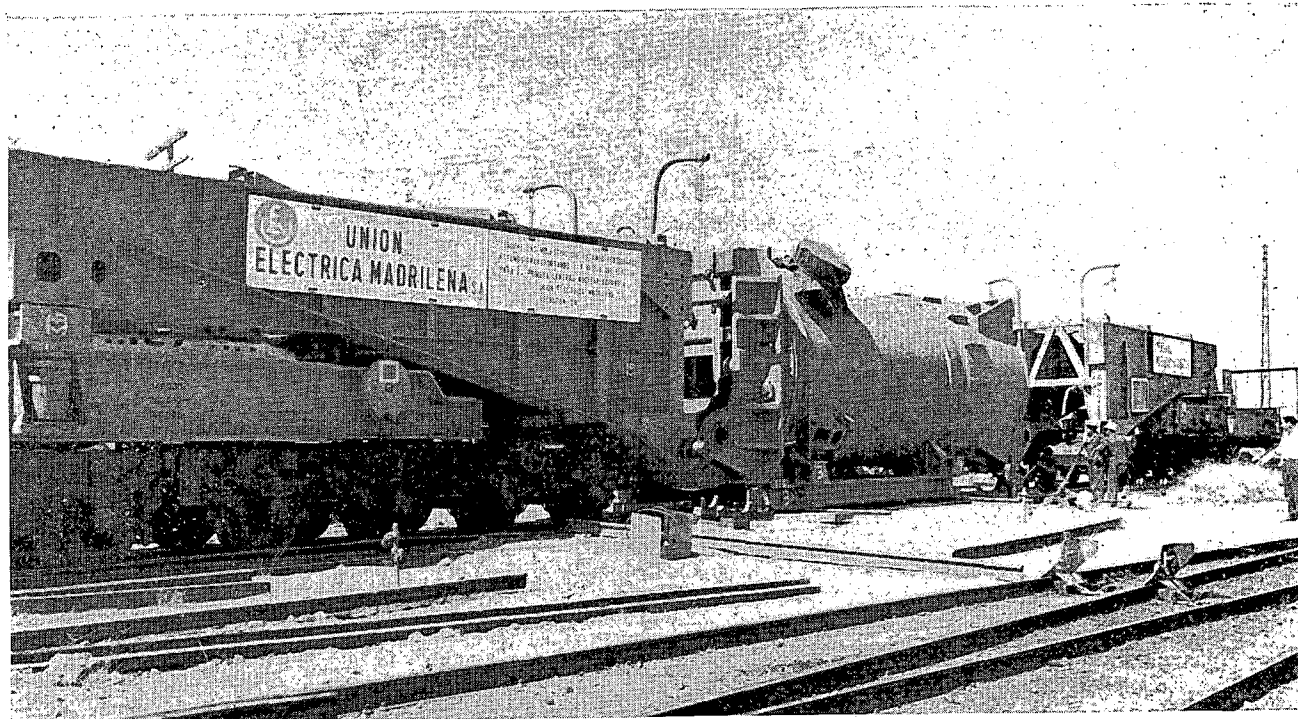
mo que se encontró como resultado de las distintas variantes que se estudiaron.

Finalmente, de acuerdo con Herederos de Ramón Múgica y con la experiencia de la empresa francesa Bonehill que ya había construido vagones de esta clase, Unión Eléctrica Madrileña encargó un vagón "schnabel" de 20 ejes, en dos mitades y con una característica nueva y realmente notable, que ha sido la clave del éxito: la pieza, una vez cargada entre las dos mitades del vagón, podía desplazarse lateralmente 30 cm. *en uno y otro sentido*, y además, *subir y bajar* otros 25 cm. sobre el eje de la vía. Con ello se podría correr la carga lateral o verticalmente durante el trayecto para evitar obstáculos localizados que pudiesen interferir con el paso, tales como andenes, señales, piquetes, paredes de túneles, trincheras, etc. La carga podría ir a ras de los raíles en trayecto normal y para introducirse en túneles o pasos superiores, y podría elevarse para no chocar con los andenes en las estaciones. La carga podía, pues, moverse vertical y horizontalmente, "serpenteando", y así evitar obstáculos. La longitud total del vagón, con el generador de vapor cargado, sería de 50 m. (dos veces la longitud de un moderno vagón de primera), y el conjunto pesaría 380 toneladas.

Antes de encargar el vagón, los ingenieros de Tecnatom ya habían construido un gálibo elemental igualmente desplazable que, montado en un vagón normal, podría reproducir sobre la vía las posiciones exactas que tomaría el vagón con las piezas definitivas. Con él se hizo el recorrido desde Cartagena a Tarancón ya en 1963, demostrándose que, maniobrando correctamente sobre los dispositivos de desplazamiento de la carga, tanto horizontales como verticales, podrían pasar las tres piezas, si bien a veces el juego resultaba del orden de escasos milímetros. En consecuencia, se decidió hacer el pedido del vagón, que representaba un desembolso muy importante, y se dio definitivamente "luz verde" al proyecto de la Central Nuclear de Zorita (*).

Naturalmente, era necesario poder hacer el acoplamiento de las piezas a transportar con el vagón "schnabel". Para ello, Westhingshouse tuvo que modificar el diseño de la vasija del

(*) La empresa CENEMESA, preocupada entonces por el transporte de transformadores eléctricos, cada vez más pesados, se interesó por esta solución y se asoció con Unión Eléctrica Madrileña para su adquisición a partes iguales.



Mecanismo de desplazamiento y enganche del vagón especial. — Descarga de la vasija del reactor a su llegada a la estación de Tarancón. En el extremo izquierdo se ve uno de los cuatro gatos hidráulicos que sirven para elevar la carga. Un poco más hacia el centro se ve uno de los mecanismos de "husillo" para desplazar la carga lateralmente. En el centro se ve el sistema para unir rigidamente la pieza transportada al vagón, mediante bulones en la parte inferior y cuñas de compresión en la superior. La vasija del reactor tiene una longitud de 10,5 m., un diámetro de 3,5 m., sin contar las toberas, y con su tapa pesa 230 toneladas.

reactor y el generador de vapor para proveerlos en cada extremo con unas grandes "orejas" y placas de presión para encajar correctamente con el vagón. Para el caso del alternador (cuya longitud era de 9 m., su diámetro de 4 y pesaba 200 Tn.) hubo que recurrir a la construcción de un bastidor especial, acoplable al vagón, dentro del cual cabía el alternador; en estas condiciones el peso era de 230 Tn. A pesar de estas complicaciones, las ventajas del transporte por ferrocarril resultaban evidentes.

Toda esta previsión y los correspondientes trabajos de preparación han rendido su merecido fruto. A principios de 1966 fue entregado a Unión Eléctrica Madrileña y Cenemesa su impresionante vagón especial que, después de las pruebas reglamentarias en vacío, hizo un recorrido de prueba definitiva, los días 11, 12, 13 y 14 de junio de 1966, entre el puerto de Cartagena y Tarancón, con una voluminosa estructura de vigas que reproducían exactamente el contorno máximo de todas las piezas que se iban a transportar. El viaje se realizó con total

éxito y sin el más mínimo incidente, gracias a las virtudes del vagón y a la ayuda que prestó la Renfe en el logro de este interesante transporte; duró cuatro días, y, como estaba previsto, hubieron de ajustarse los desplazamientos laterales y de altura de carga muy frecuentemente para evitar obstáculos y andenes. Se sabía que los transportes definitivos serían, en todo caso, más sencillos que este recorrido de prueba.

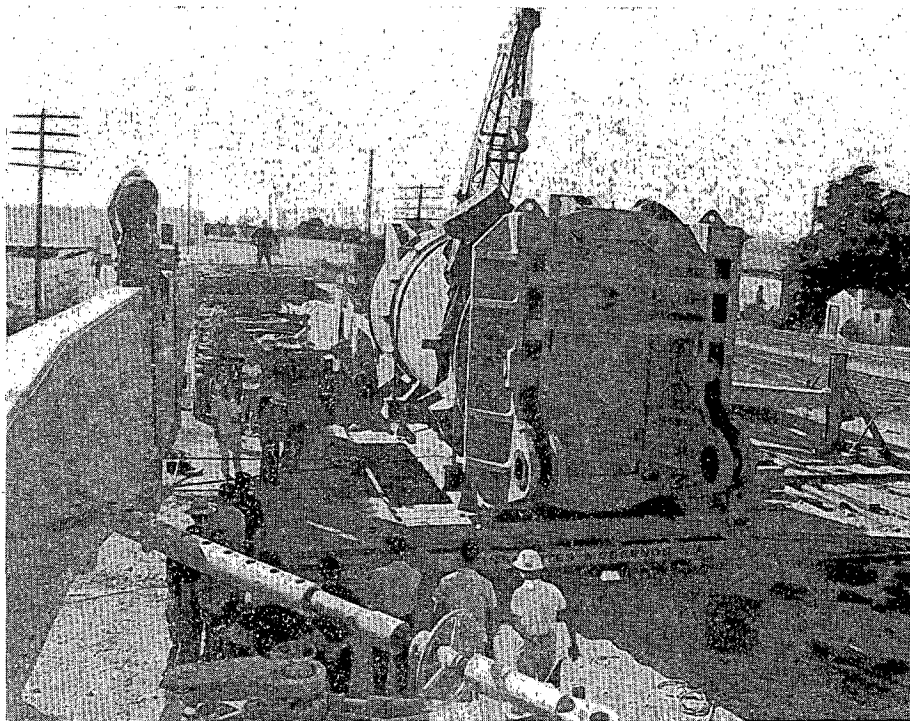
Los encargados de la realización de la Central Nuclear de Zorita cuidaron, asimismo, de todos los otros aspectos de la complicada logística del transporte. La carretera desde Huelves a Zorita se rectificó y ensanchó notablemente, para prepararla para el recorrido con remolque; se rehicieron obras de fábrica para que todo el terreno aguantase las grandes cargas a que iba a ser sometido (*). En la estación de

(*) Para este tramo de transporte por carretera, la labor del estudio e inspección de la necesaria obra de acondicionamiento fue realizada con la colaboración de la empresa consultora EPTISA.

Tarancón se construyó un apartadero especial para la descarga de las piezas a medida que fuesen llegando desde Cartagena, y se preparó una playa a su lado, con traviesas y carriles desmontables transversales, para sacar las piezas de la vía, arrimarlas al remolque, y poderlas izar. No habiendo sido posible contratar los servicios del barco "Treunfels", de la línea

molque de carretera con cuatro tractores; el traslado de la pieza desde el vagón al remolque tardó tres días. El recorrido Tarancón-Zorita, de 56 Km., se hizo en día y medio, y en cuanto estuvo descargada la vasija del reactor en la Central de Zorita, el remolque regresó a Tarancón para recoger la pieza siguiente.

Unos días antes, y en cuanto estuvo libre el



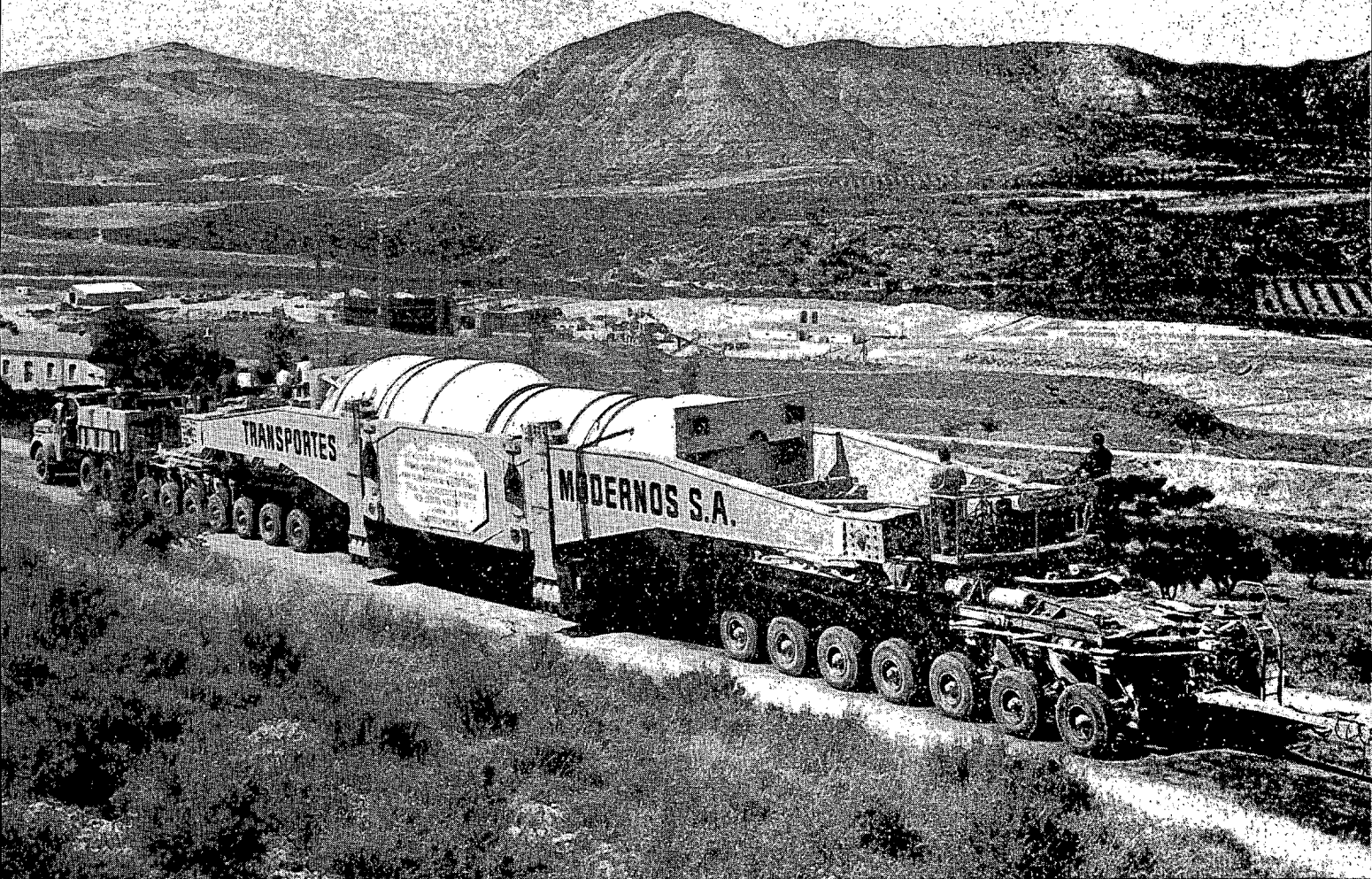
Maniobra de paso de las piezas desde el vagón al remolque. — Vista de la operación de paso de la vasija del reactor al remolque de carretera, en la estación de Tarancón. Se observan los raíles transversales y el carretón especial que facilita este traslado. A la izquierda, una de las vigas gigantes del remolque.

Hansa, único existente con medios autónomos de descarga en puerto para tales pesos, se contrataron los servicios de la grúa yugoslava mencionada al principio,

Todo ello tuvo su culminación el 10 de agosto de 1966, cuando llegó al puerto de Cartagena el barco norteamericano "Steel Scientist" con la primera pieza, ya urgentemente necesaria en la obra, la vasija del reactor. Allí estaban la grúa flotante, el vagón especial y el tren que habría de arrastrarla. El día 11 de agosto se efectuó la descarga y la carga sobre el vagón, y entre los días 12, 13 y 14 se efectuó el trayecto de 463 Km. por ferrocarril hasta Tarancón. Allí, a su vez, esperaba el gigante re-

vagón de ferrocarril en Tarancón, se le envió a Cartagena para el transporte siguiente; en vacío y sin pieza intermedia, puede comprimirse hasta unas dimensiones normales, y su transporte como vagón de mercancías corriente no presenta problema.

El 25 de agosto arribó a Cartagena otro barco, el "Ocean Jet", cargado con el generador de vapor, la pieza más pesada y voluminosa de las tres, y el alternador eléctrico. Siguiendo un programa análogo al del primer viaje, se transportó primero el generador de vapor, dejando unos días el alternador en el muelle de Cartagena, donde fue recogido una vez llegada la segunda pieza a Tarancón y regresado el vagón.



Remolque de carretera. — Vista del remolque de carretera con 56 ruedas, todas articuladas y con suspensión independiente, llevando el generador de vapor desde Tarancón a la central nuclear de Zorita que se ve al fondo. Hubo que hacer un extenso acondicionamiento del trayecto para el paso de tan gigantesco y pesado conjunto. El peso en vacío del remolque es de 90 toneladas, longitud entre pivotes, 27 m., y longitud total, 41 m. Su altura en vacío es de 4 metros y su ancho de 5 metros.

La última pieza llegó al emplazamiento de la Central Nuclear de Zorita el 12 de septiembre, cumpliéndose así en treinta y tres días del calendario un transporte triple muy especial y espectacular, probablemente el más importante que se ha realizado hasta ahora en nuestro país.

Al llegar cada pieza a la Central, se procedió a su montaje definitivo en el lugar que le correspondía en las estructuras ya terminadas, mediante poderosos medios de traslado y elevación que también estaban dispuestos para actuar.

Se comprenderá el éxito de este transporte por el hecho de que no hubo el menor incidente y que el recorrido de los 463 Km. de ferrocarril se efectuó como término medio en tres

días, y los 56 Km. de carretera, en dos días y medio. En caso de no haberse contado con el vagón especial, cada pieza habría tardado por lo menos treinta días en ir por carretera de puerto a Zorita, los costes de acondicionamiento de la carretera hubieran sido enormes y se habrían producido grandes retrasos en el programa de construcción de la Central.

El último capítulo del relato de estos transportes especiales para la Central Nuclear de Zorita, es el transporte del transformador principal desde la factoría de Cenemesa, en Córdoba, hasta Zorita. También con dimensiones impresionantes y un peso de 200 Tn., hizo el trayecto hasta Tarancón por ferrocarril en el vagón especial los días 27, 28 y 29 de mayo de 1967. Durante los días 30 y 31 se efectuó el

traslado al remolque, el cual salió para la Central el 1 de junio, llegando felizmente a Zorita el día 2, donde fue descargado en su emplazamiento definitivo, preparado previamente al efecto.

Es interesante notar que, durante el transporte del alternador por ferrocarril se colocaron palpadores para simular las dimensiones de

las unidades grandes y pesadas que en su día serán necesarias para la construcción de la segunda Central Nuclear de Zorita (unidad que se acoplará a la primera y tendrá una potencia tres veces mayor). De esta forma se pudo comprobar que no habrá de haber dificultades en estos futuros transportes, empleando la misma técnica y medios.

PROGRAMA DEL TRANSPORTE

VASIJA DEL REACTOR

- Día 10 de agosto de 1966, a las 22 horas, llega a Cartagena el carguero "Steel Scientist".
- Día 11, a las 6 horas, empieza la descarga, y a las 19 horas se traslada a la estación de ferrocarril.
- Día 12, sale de Cartagena, llegando el día 14 a Tarancón.
- Días 15, 16 y 17, en Tarancón (traslado del vagón al remolque).
- Día 18 de agosto, sale por carretera el remolque hacia Zorita, llegando el día 19 a las 13,45 horas.

GENERADOR

- Día 25 de agosto, a las 6 horas, llega a Cartagena el carguero "Ocean Jet". Se descargó, y a las 18 horas se traslada a la estación de ferrocarril.
- Día 26, sale de Cartagena, llegando a Tarancón el día 28.
- Día 29 de agosto al 2 de septiembre, en Tarancón, maniobra de traslado desde el vagón al remolque.
- Día 3 de septiembre, sale hacia Zorita, por carretera, llegando el día 6 a las 15,15 horas.

ALTERNADOR

- Día 25 de agosto, llega, junto con el generador de vapor, descargándose después de éste y permaneciendo en el muelle hasta el día 2 de septiembre.
- Día 2 de septiembre, se acopla al vagón y se traslada a la estación de ferrocarril.
- Día 3, sale de Cartagena, llegando a Tarancón el día 5.
- Días 5 al 12 de septiembre, en Tarancón, espera y traslado.
- Día 12 de septiembre, sale por carretera, llegando a Zorita el día 13 de septiembre, a las 10,15 horas.