

EL MONTAJE MECANICO

Gonzalo PEREZ FERNANDEZ

INTRODUCCION

El montaje mecánico de Central Nuclear de Cofrentes se ha caracterizado por su desarrollo dentro de cubículos cerrados y, en la mayoría de los casos, dispuestos en forma laberíntica con un grado medio de dificultad, en cuanto a la accesibilidad, bastante elevado.

Otra de las características por la que se ha visto seriamente afectado ha sido la rigidez en los requisitos de ejecución y en las tolerancias de montaje.

Estas dos consideraciones, unidas a la gran cantidad y tamaño de los elementos integrantes de cada sistema, han hecho que el montaje mecánico de esta

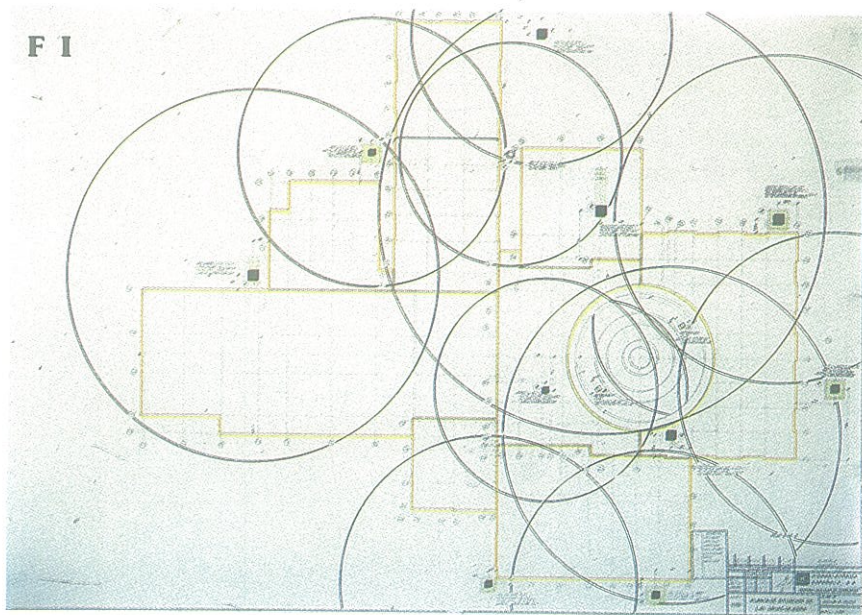
Central tenga un alto grado de complejidad.

Como consecuencia de estas circunstancias, inicialmente se consideró la necesidad de realizar una serie de estudios con el fin de conseguir un montaje seriamente ordenado. Estos estudios se realizaron en base a tres grandes grupos de actividades: Maniobras, Accesos y Secuencias de montaje.

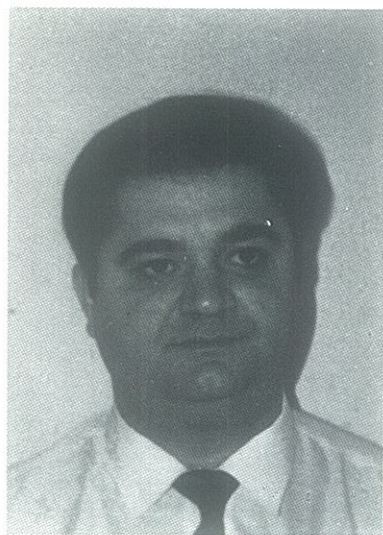
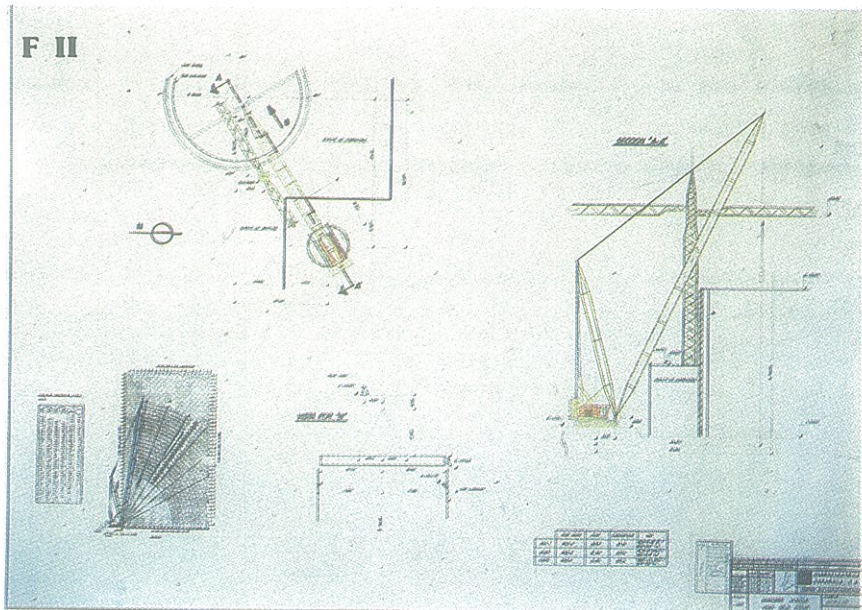
MANIOBRAS

Se consideraron incluidas en este apartado la introducción de grandes equipos y piezas de gran envergadura, tales como la Vasija del Reactor, Grúa

F I



F II



Gonzalo PEREZ FERNANDEZ es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid.

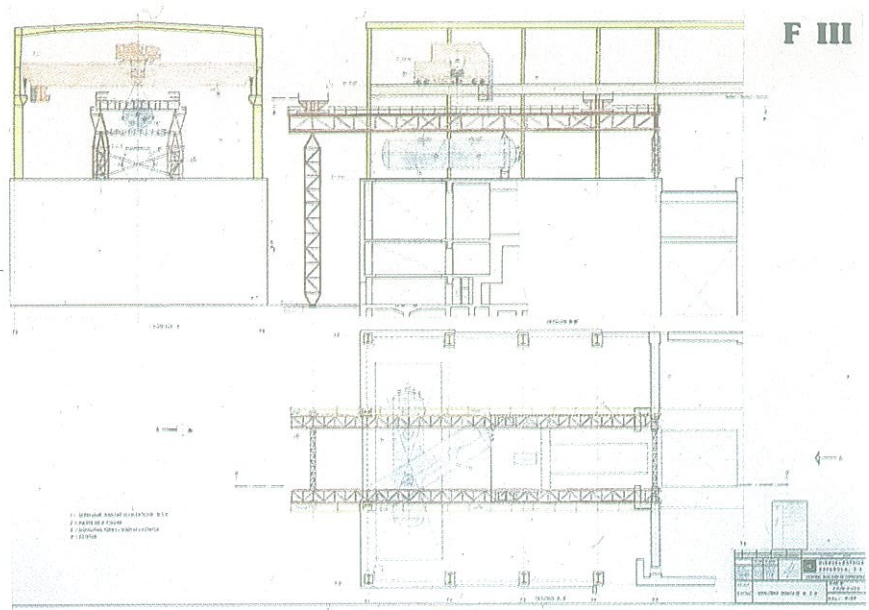
Comenzó en Hidroeléctrica Española, Sociedad Anónima, en 1976, como Jefe de Programación y Servicios Generales de C.N. Cofrentes, hasta que, en 1979, pasó a desempeñar el puesto de Jefe de Montajes Mecánicos y, en los comienzos de 1983, el de Jefe de Montajes.

Polar, Sacrificial Wall, Condensador principal, Penetraciones mecánicas Clase I, etc.

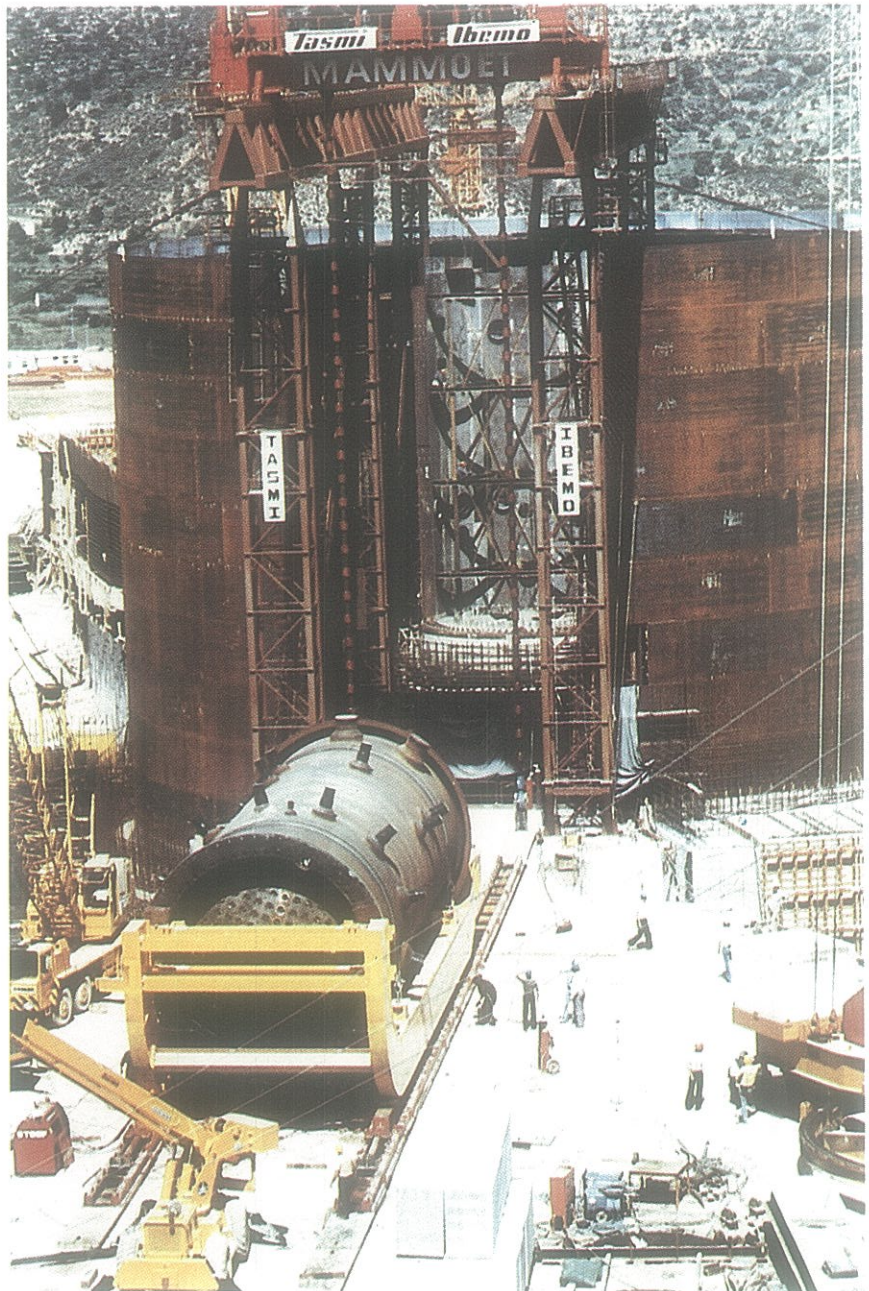
Para el manejo de estos equipos y piezas se hizo uso de las diferentes torres-grúa, estratégicamente instaladas por los edificios principales de la Central (fig. 1), así como de los medios auxiliares necesarios. Estas grúas, de instalación fija, estaban destinadas principalmente como apoyo a la ejecución de la Obra Civil, por lo que sus capacidades de carga, en algunos casos, no eran las apropiadas. Para suplir estos inconvenientes se utilizaron grandes grúas móviles sobre orugas tipo Manitowoc, Demag, etc., para el montaje de algunos elementos, tales como los sectores en que se dividió el Sacrificial Wall (pared de blindaje biológico), Penetraciones mecánicas en el Túnel de Vapor, cabeza de la Vasija, tapa del Pozo Seco, Grúa Polar, Calentadores del Agua de alimentación, etc. (fig. 2).

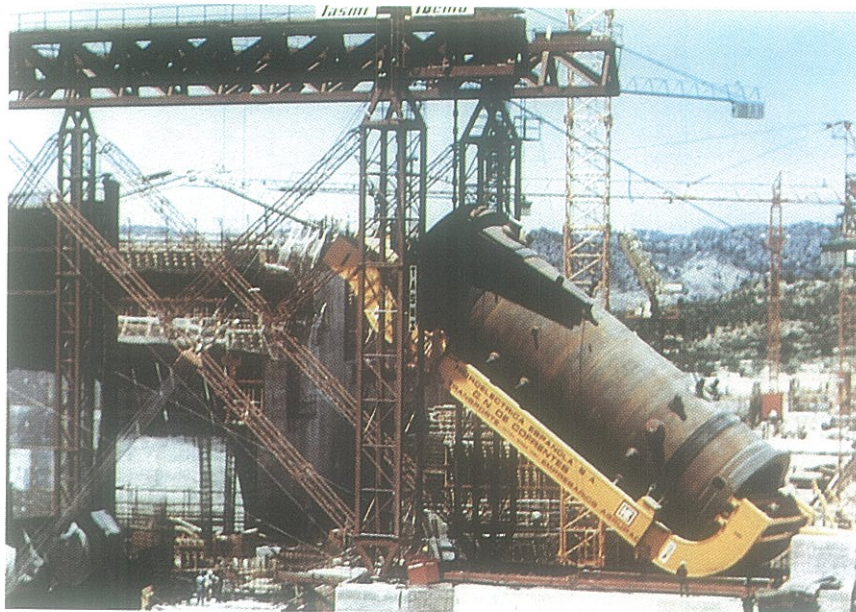
En otras ocasiones y aún siendo útil la capacidad de carga de la torre-grúa, se hizo necesaria la utilización posterior de otros elementos (Puentes grúa, polipastos, monorrailes, etc.) debido a la dificultad para acceder al emplazamiento definitivo, tal y como se hizo con el montaje de las Cajas de Agua del Condensador Principal, Compuerta de Acceso de personal al Pozo Seco, Separadores de Humedad, etc. (fig. 3).

Para los equipos de gran envergadura, tales como Vasija del Reactor (figs. 4 a 7) y Estator del Generador eléctrico (fig. 8), se utilizó un sistema especialmente estudiado y contratado para estos casos y que para la Vasija del Reactor consistió, en esencia, en el desplazamiento a través de un camino de rodadura del bastidor, que soportaba horizontalmente dicha vasija y cuyo movimiento de traslación se conseguía mediante el uso de gatos hidráulicos. El posicionamiento vertical y posterior izado del conjunto bastidor-vasija se consiguió con la utilización de dos gatos de postensionado de 650 tm. y dos bombas hidráulicas. A través de estos gatos pasaban dos haces formados por 211 varillas de 7 mm. de diámetro y 1.450 tm. de resistencia. Cada haz de varillas estaba formado por unidades independientes de 800 mm. de longitud, al final de los cuales se situó el conjunto a elevar. La viga pórtico estaba formada por dos vigas de alma llena que se deslizaban por la parte superior de la estructura mediante unos patines. Antes de la maniobra se hizo una prueba estática para el 125 % de la carga y una dinámica del 110 %.



F IV Desarrollo de la maniobra de traslación del conjunto bastidor-vasija. Se aprecian todos los elementos de traslado e izado, así como la «ventana» dejada en la Contención Metálica para la introducción de la vasija.





F V Izado del conjunto bastidor-vasija hasta su posición vertical.

Por último, hacer referencia a la maniobra de introducción de los dos cuerpos del Condensador principal, los cuáles fueron armados y montados fuera de su ubicación definitiva a falta de las Cajas de Agua, los Calentadores y los Tubos interiores. Una vez completados se trasladaron al interior del edificio apoyados sobre orugas que se deslizaban por un camino de rodadura a base de perfilería. El movimiento se consiguió por medio de cabrestantes accionados eléctricamente.

ACCESOS

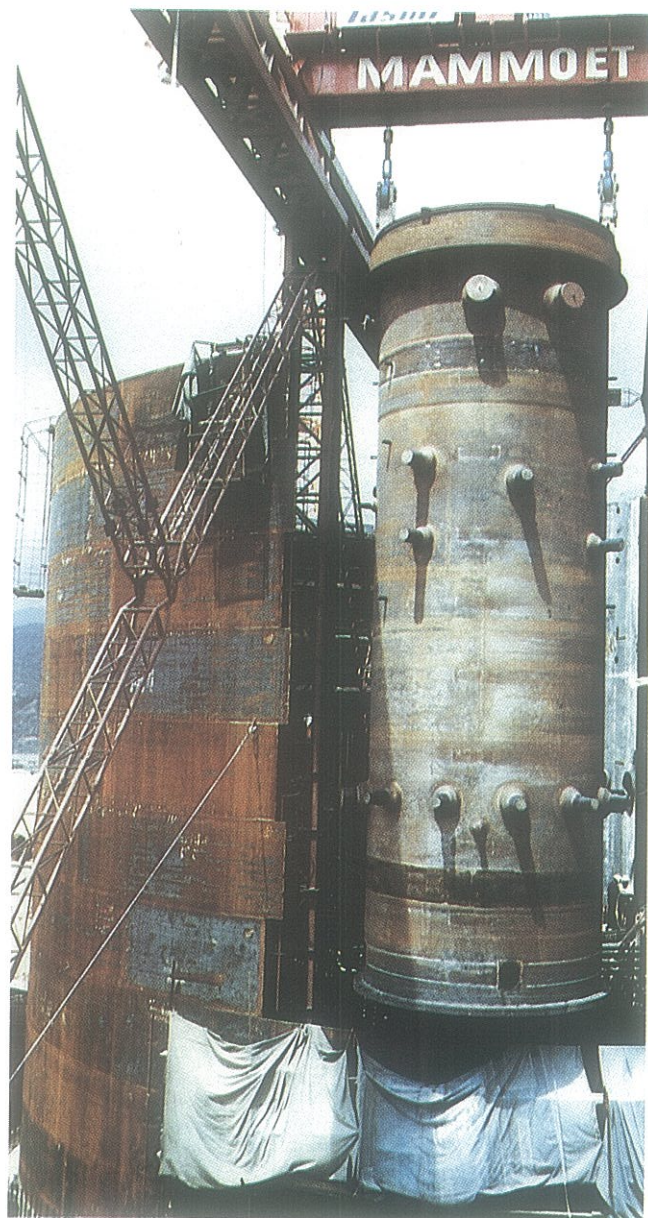
En este apartado se contempló el impacto que sobre otros montajes podría tener la introducción de ciertas piezas o equipos, debido en muchas ocasiones a la fecha en que éstos pudieran ser suministrados.

Este problema, que comenzó afectando inicialmente a la ejecución civil de muros y forjados, se solventó con el

F VI Liberada de su bastidor de transporte, la vasija del Reactor se desplaza a su alojamiento definitivo.



F VII Momento en que la vasija del Reactor atraviesa la Contención Metálica.



estudio sobre planos del recorrido que debería efectuar el equipo en cuestión desde su entrada en el edificio hasta su emplazamiento. Como consecuencia de este estudio se determinaron una serie de huecos que quedaron para un hormigonado secundario a la espera de la introducción de los equipos. Estos huecos, además de facilitar el montaje de los equipos, sirvieron hasta el final como una valiosa ayuda para la introducción de tuberías, soportes y elementos de otros montajes. El total de huecos contabilizados para estos fines fue de 48.

Posteriormente, el estudio de introducción de equipos se amplió al conjunto de elementos (tuberías, etc.) asociados a aquéllos. Para ello se dibujaron en los planos correspondientes (tuberías, HVAC, bandejas, etc.) (figs. 9 a 12) las rutas de acceso de estos equipos con el fin de analizar y decidir qué elementos había que dejar sin montar para poder introducir posteriormente el equipo en cuestión. El total de planos realizados fue de 35.

SECUENCIAS DE MONTAJE

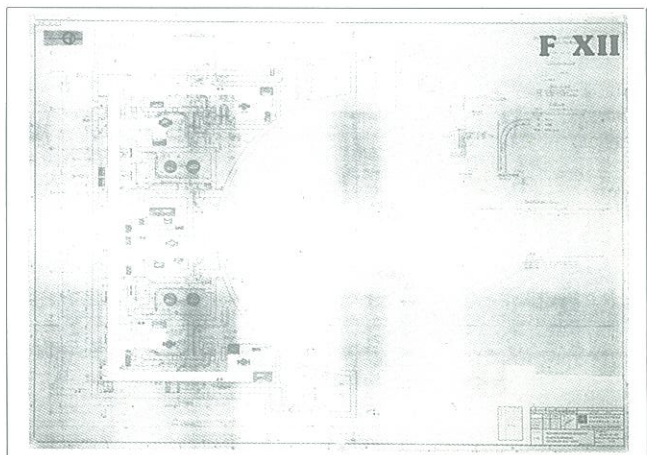
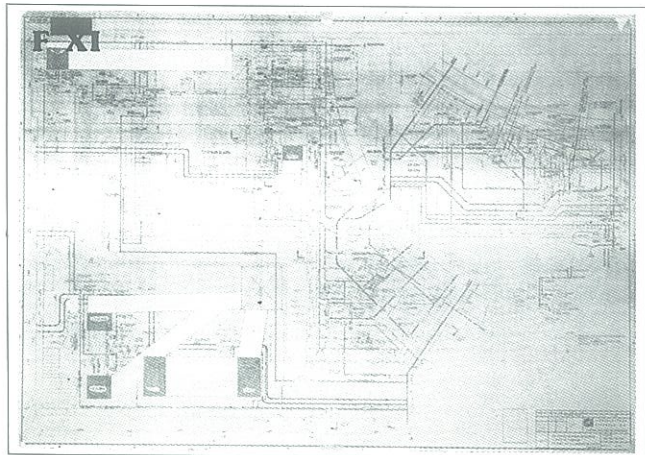
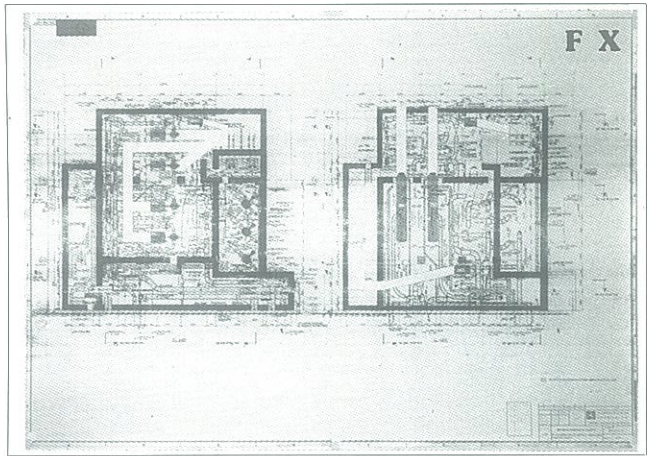
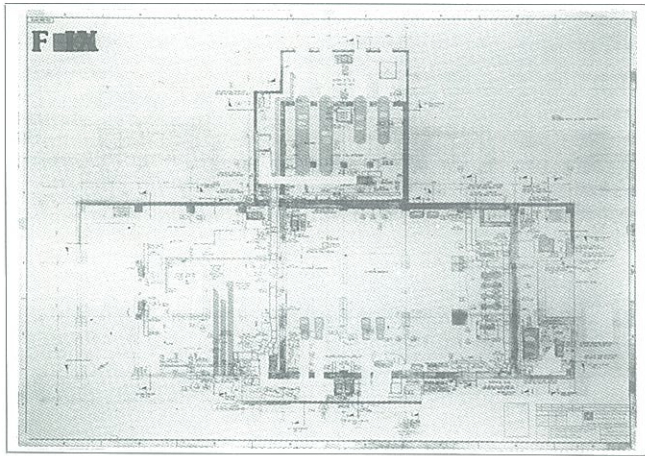
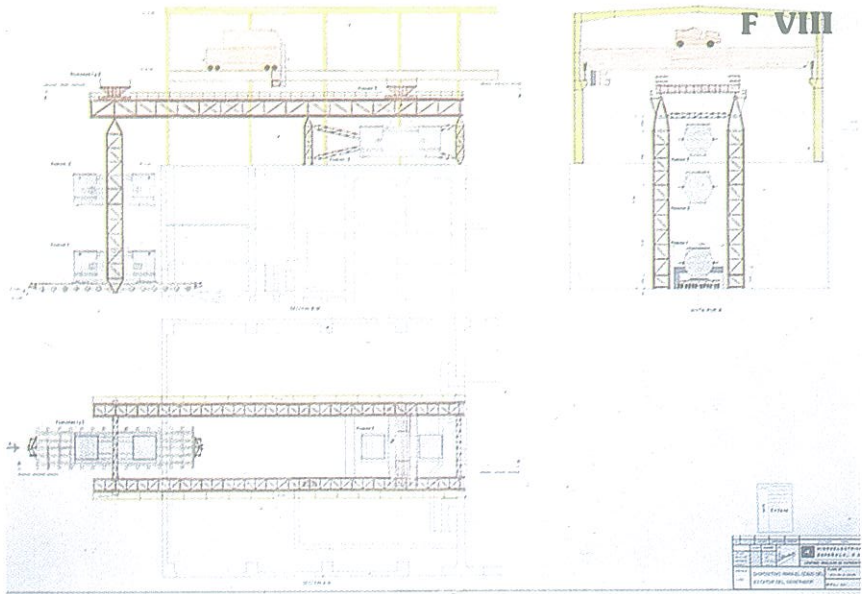
Dado que en esta Central existen áreas con una gran concentración de elementos a montar, perteneciendo o no al mismo montaje, y otras zonas en las que predomina bien la dispersión o bien la separación física muy determinada, se hizo necesario recurrir a un análisis exhaustivo para poder obtener una visión clara y ordenada de las posibles secuen-

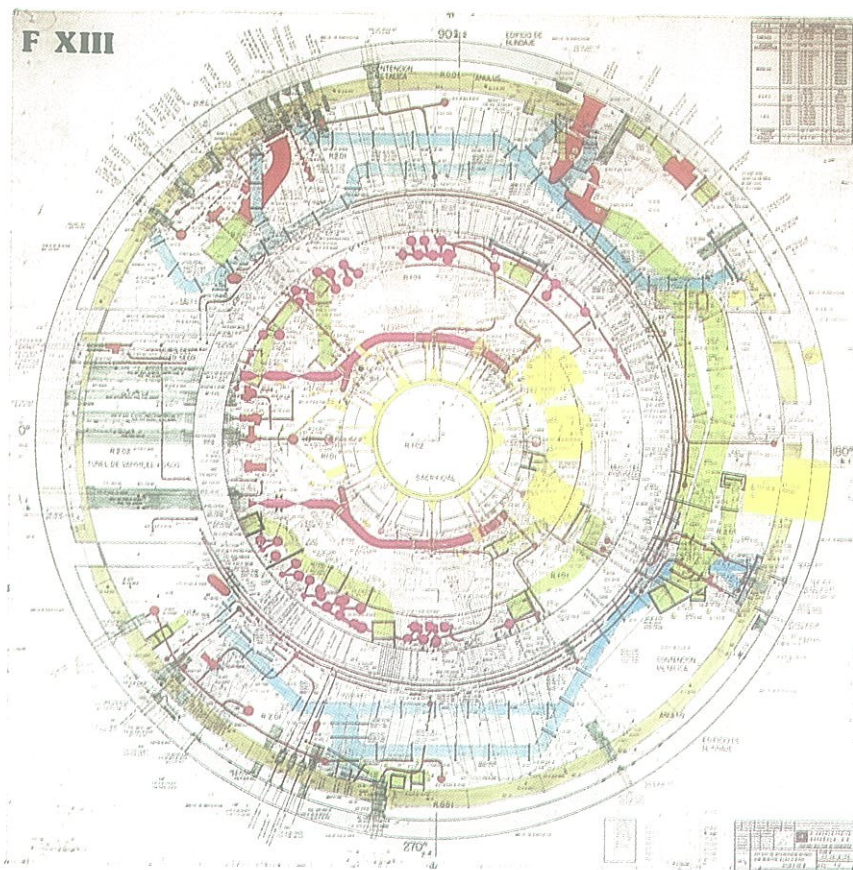
cias de montaje y sus alternativas. Los datos así obtenidos iban a servir como datos de entrada a la fabricación de tuberías, conductos de ventilación y su soportado. Igualmente servirían para que la Oficina Técnica de Soportes procediera a realizar dos de sus principales objetivos: la gestión de compra de soportes estructurales y de catálogo, de tubería en rama y accesorios y el diseño de los más de 11.000 isométricos para tuberías menores de 3" diámetro.

El estudio se realizó con planos en los que se introdujo toda la información disponible sobre tuberías, conductos de

ventilación y bandejas eléctricas. Estos planos se realizaron por edificio y planta (figs. 13 a 17). El análisis se comenzaba por cada planta e individualmente por cada cubículo o zona en que se había dividido para posteriormente, evaluar y fijar la adecuada secuencia en la totalidad de la planta.

Todos estos datos, juntamente con los de fabricación e ingeniería, fueron el punto de partida para la planificación de los distintos trabajos de montaje en la Central Nuclear de Cofrentes, que conformaban el Plan Básico de Construcción.

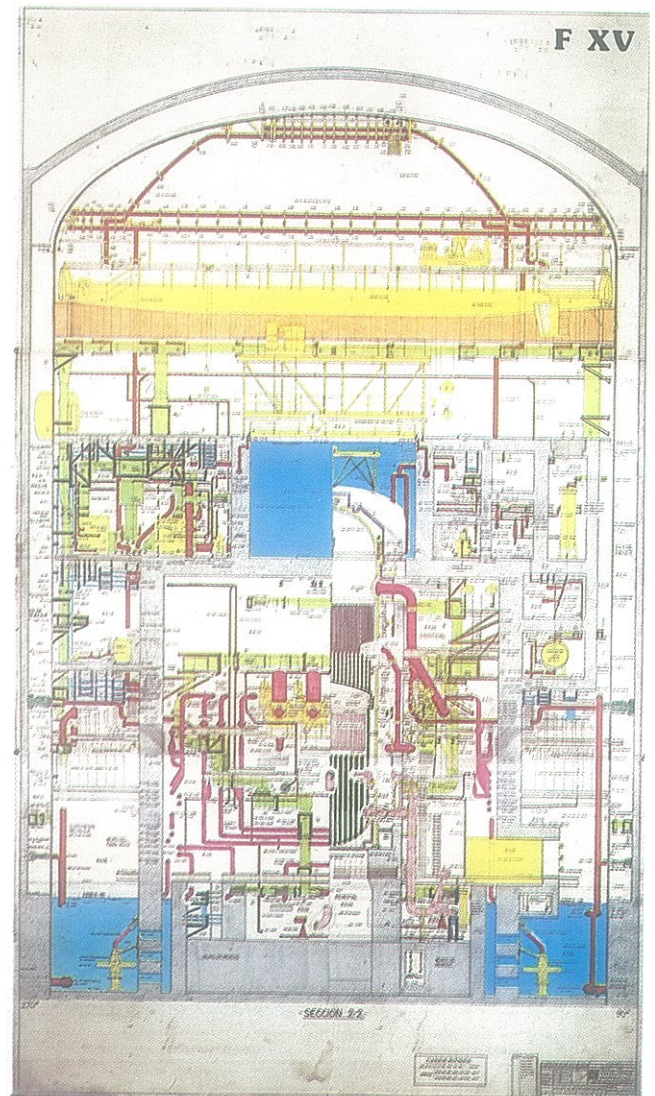
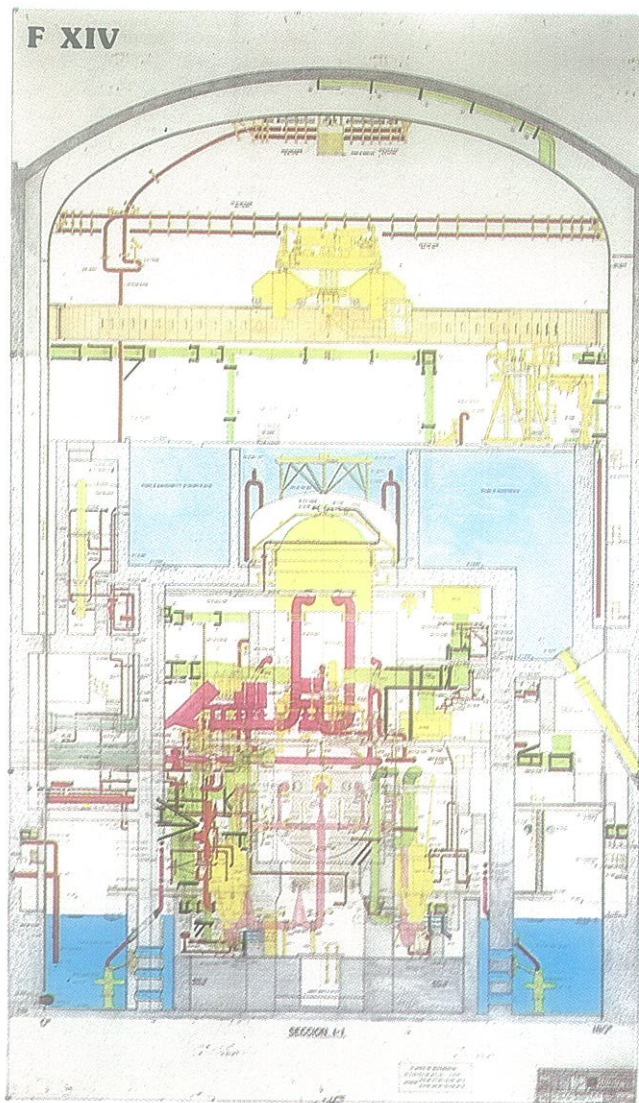




Mención especial merece el estudio de secuencias realizado para el edificio del Reactor. Para este estudio se delinearon nueve planos, uno por cada planta; y dos secciones, en las cuales se reflejaron todos los elementos principales, tales como tuberías, conductos de ventilación, bandejas y canalizaciones eléctricas, detalles de aislamiento, equipos mecánicos y eléctricos, soportado de tuberías, conductos y bandejas, etc., siendo de una gran ayuda a la hora de diseñar, planificar y ejecutar los distintos montajes. (Ver figs. 13 a 17.)

ORGANIZACION

Para poder acometer con éxito la ejecución de todos los trabajos del Grupo de Montajes mecánicos, se hizo necesario el crear un organización tal que fuese lo suficientemente amplia y capaz para preparar, desarrollar y controlar las actividades que, como consecuencia de aquellos trabajos, se le iban a presentar. La variedad de estos trabajos, que abarcaba desde la preparación de las Peticiones de Oferta, Procedimientos técnicos, documentación, informes, controles de montaje, vigilancia del mismo, administración de los contratos mediante certificaciones de trabajos, etc., preci-

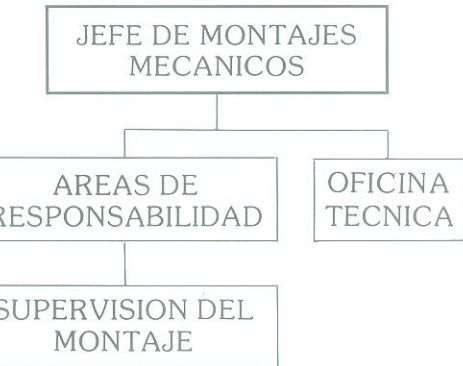


saba lógicamente de una gran variedad de personal técnico y administrativo altamente cualificado.

Como consecuencia de estas previsiones, se procedió a confeccionar el organigrama de este Grupo de Montaje mediante asignación de áreas de responsabilidad que, finalmente, fueron las siguientes:

- Estructuras metálicas
- Tuberías edificio reactor
- Tuberías en resto de edificios
- Equipos mecánicos
- CRD
- Ventilación y aire acondicionado
- Aislamiento
- Recubrimientos, pinturas y sellados
- Contención metálica
- Piscinas de combustible

y que debidamente agrupados conformaron el Grupo de la siguiente forma:



Una vez configurado el Grupo se comenzaron a preparar los Procedimientos de funcionamiento interno que, juntamente con los técnicos, formaron el Manual de organización y procedimientos propios de este Grupo, y que serviría de guía a la forma de actuación de sus componentes.

La definición y funciones de los distintos puestos quedan resumidas a continuación:

JEFE DEL GRUPO DE MONTAJES MECANICOS

Depende del Jefe del Grupo de Montajes y extiende su jefatura al Jefe de la Oficina Técnica y Jefes de Areas.

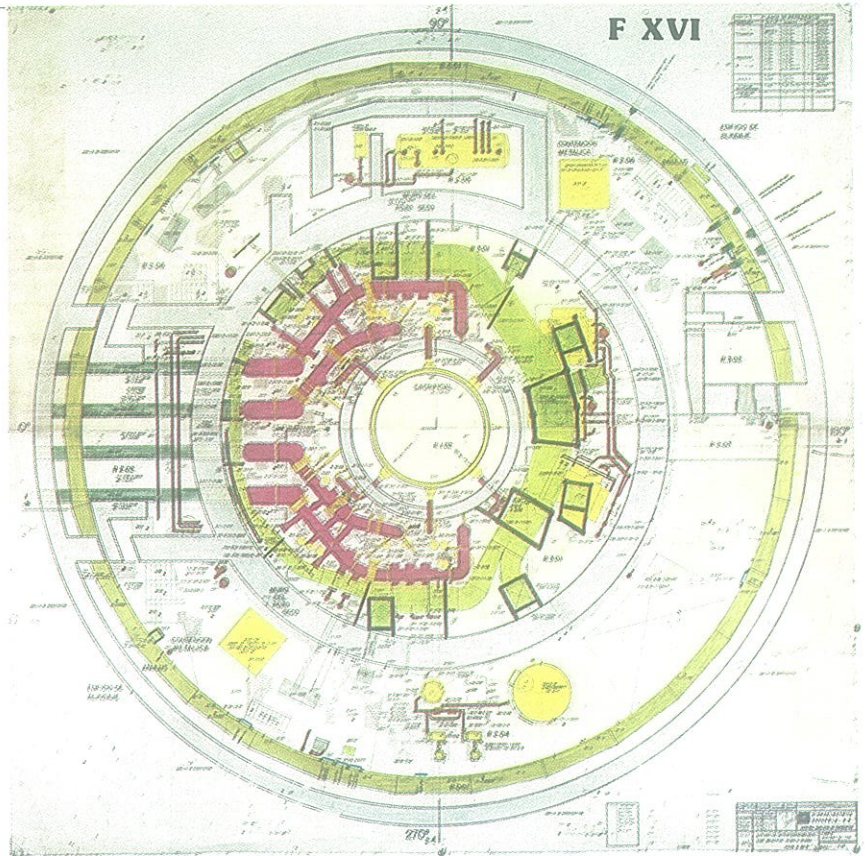
Coordina con los Jefes de los distintos Grupos, planifica los trabajos de su Grupo y colabora con las ingenierías en temas que afecten a sus montajes.

Regula y controla la administración de los contratos y la ejecución de los programas de su Grupo.

JEFE DE AREA DE MONTAJE

Depende del Jefe de Grupo de Montajes mecánicos y su ámbito de aplicación es sobre el Supervisor de Montaje, Auxiliares técnicos y Vigilantes de fase.

Coordina con el Jefe y Supervisores de la Oficina Técnica, con los Jefes de otras Areas y con los Supervisores de Garantía de Calidad.



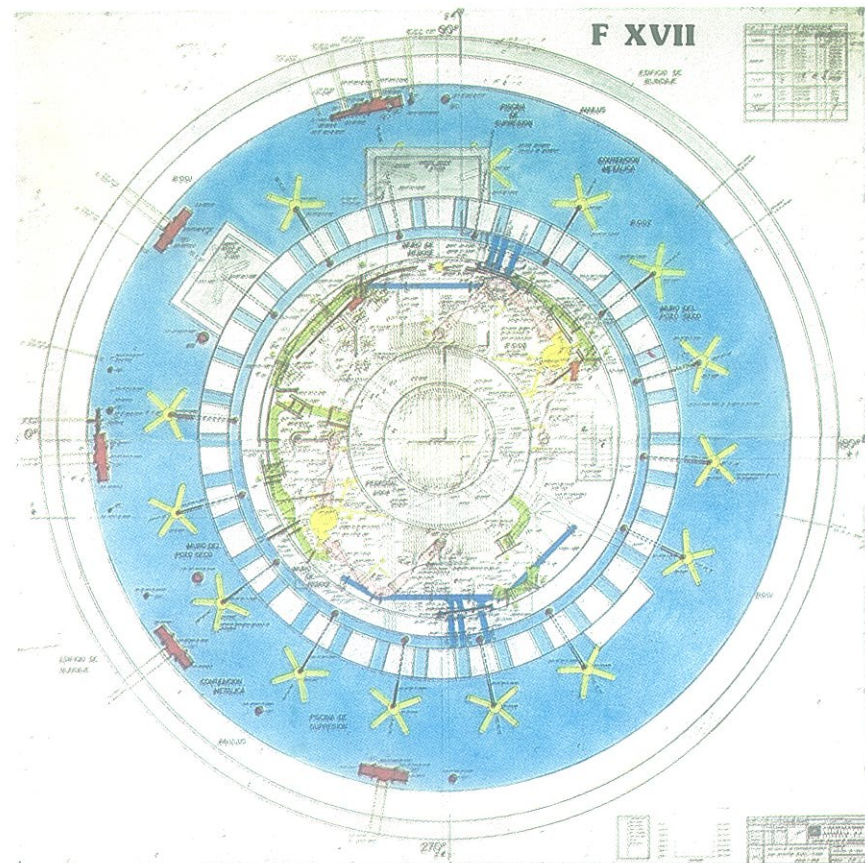
Planifica los trabajos de sus montajes y detalla su ejecución, participa en el estudio de interferencias y procedimientos que le afecten.

Organiza y controla la ejecución y la calidad de los trabajos de montaje de sus fases.

SUPERVISOR DE MONTAJE

Depende del Jefe de Area de Montaje y actúa sobre sus Auxiliares técnicos y Vigilantes de fase.

Coordina con los Supervisores de la Oficina Técnica, de otras Areas y de Garantía de Calidad.



Organiza, junto con su Jefe de Area, el trabajo del Contratista y colabora con él en la ejecución detallada del mismo.

Toma datos para realizar informes y certificaciones mensuales y controla la documentación técnica y el detalle en la ejecución.

AUXILIAR TECNICO

Depende del Jefe de Area y del Supervisor de Montaje.

Archiva y distribuye la documentación y ejecuta aquellos trabajos que se le encomienden.

VIGILANTE DE FASE

Depende del Jefe de Area y del Supervisor de Montaje.

Organiza el trabajo del Contratista en el mismo tajo, coordina con otros vigilantes en asuntos comunes y lleva el control de las unidades montadas y del personal del Contratista.

Este Grupo y como apoyo técnico, contará con una Oficina Técnica propia, en la que cabe destacar como algunas de sus funciones de:

- Organizar el tratamiento de la información recibida en el Grupo.
- Participar en la Planificación a corto plazo de las actividades de montaje.
- Emitir la información básica a los Contratistas.
- Realización de estudios técnicos de montaje.
- Activación de los problemas de ingeniería.
- Revisar y aprobar el contenido técnico de los procedimientos de los Contratistas.

La definición y funciones de los distintos puestos se resumen de la siguiente forma:

JEFE DE LA OFICINA TECNICA

Depende del Jefe de Grupo de Montajes Mecánicos, y tiene su influencia sobre los Supervisores, Delineantes y Secretarías de la Oficina Técnica.

Organiza el tratamiento de la información y participa en la planificación general de las fases de montaje.

Aprueba planos para construcción o Contratistas, activa y controla los cambios de diseño propuestos, controla la información a Contratistas y entre Grupos, y participa en la redacción de informes.

SUPERVISORES DE OFICINA TECNICA

Dependen del Jefe de Oficina Técnica.

Organizan el Archivo del Grupo, estudian planos para su aprobación, realizan estudios especiales, desarrollan procedimientos técnicos y hacen el seguimiento de los programas de montaje para activar las necesidades reales.

SECRETARIA

Depende del Jefe de Oficina Técnica.

Organiza el Archivo de correspondencia, mecanografía, escritos y confección de informes.

DELINEANTE

Depende del Supervisor de Oficina Técnica.

Actualiza el Archivo de planos y realiza los trabajos propios de delineación.

El total de personal para este Grupo se calculó en 65 personas, distribuidas de la siguiente forma:

- 1 Técnico Superior.
- 15 Técnicos de Grado Medio.
- 2 Técnicos de otras categorías.
- 15 Auxiliares técnicos y de organización.
- 3 Capataces.
- 9 Oficiales 1.^a
- 6 Oficiales 2.^a
- 14 Oficiales 3.^a o Ayudantes.

PREPARACION DEL MONTAJE

ASIGNACION DE MEDIOS

Capítulo importante de cualquier planificación es la asignación de medios. La asignación de los medios físicos quedó parcialmente solucionada en lo referente a medios de elevación y transporte al hablar de las Maniobras, y el resto de medios se obtuvieron al distribuir los medios humanos según las necesidades de cada montaje. Estas necesidades vinieron claramente definidas por las directrices del Proyecto a través del Plan Básico de Construcción.

El período de tiempo destinado a cada montaje se analizó en base a conseguir una asignación de personal según una curva de distribución de Gauss asimétrica a la derecha, con el fin de obtener de forma definida las áreas o etapas de lanzamiento, producción y remates de los diferentes trabajos.

Esta asignación de personal se hizo, según el tipo de trabajo, en horas/hombres a invertir o en Uds. a montar según rendimientos previstos por el programador y en base a datos obtenidos en otras Centrales. Estas curvas, juntamente con los programas de montaje, sirvieron para ir determinando en cada momento las desviaciones producidas sobre la programación inicial.

La gran complejidad en la construcción de esta Central, llevó a que en determinados momentos hubiera actividades de ciertos montajes que, de alguna forma, iban a condicionar a las de otro. Por este motivo, y con el fin de poder controlar los programas establecidos, fue necesario el fijar determinadas actividades como hitos a alcanzar. Estos objetivos de cara al Contratista, supusieron más prisas económicas según lo establecido en el Pliego General de Condiciones del Contrato.

ELABORACION DE LAS PETICIONES DE OFERTA

Con anterioridad suficiente para su estudio, se procedió a la elaboración de las sucesivas Peticiones de Oferta para la ejecución de los trabajos propios de las distintas actividades de montaje.

Estas Peticiones estaban formadas en tres grandes paquetes: Mediciones, Especificaciones y Normas y Económico. En el primero de ellos se incluyeron todos los planos y las mediciones de unidades de ejecución necesarias para poder llevar a cabo los trabajos solicitados.

En el segundo apartado se adjuntaron las diferentes Especificaciones Técnicas y Normas exigidas por Organismos Oficiales, y por la misma Propiedad para la correcta ejecución del montaje, y por último, en el capítulo económico se definieron las unidades de obra para la posterior medición y facturación de los trabajos y las fórmulas de revisión de precios aplicables, así como todas las condiciones legales correspondientes a este capítulo, reguladas, a su vez, por el Pliego General de Condiciones de Montaje.

Una vez elaboradas las Peticiones de Oferta en cuestión, se invitó a concursar a los distintos Contratistas seleccionados en base a la especialización en la ejecución de esos trabajos, y a la solvencia, tanto técnica como económica, para hacer frente al largo desarrollo de los mismos.

La elección se hizo definiendo alcances económicos y de clase de trabajo, de forma que en ningún momento fuese necesario depender para la realización de los mismos de un solo Contratista. Se intentó por todos los medios, no obstante, el asignar al mismo ejecutor trabajos íntimamente relacionados como, por ejemplo, el montaje de tuberías y equipos, pintura de equipos y recubrimiento de paramentos, etc. Como consecuencia de todo lo anterior y de unos criterios de comparación previamente establecidos por la Dirección del Proyecto, se llegó a la contratación de las distintas empresas de montaje que han participado en la construcción de la Central Nuclear de Cofrentes.

Procedimientos de Montaje

La preparación de estos documentos tiene por objeto el establecer unos criterios y formas de actuación, de acuerdo con los Códigos Oficiales, Especificaciones propias y todos los Procedimientos del Proyecto en vigor, para la ejecución de las diferentes fases de Montajes Mecánicos en la construcción de la Central Nuclear de Cofrentes.

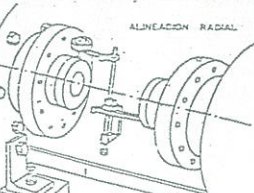
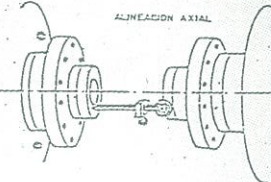
El total de procedimientos y especificaciones redactados por los distintos Contratistas Mecánicos (no se han incluido los elaborados por HE y sometidos a la aprobación del Grupo de Garantía de Calidad fue de 769, lo que demuestra la preocupación e interés por la consecución de una ejecución seria, ordenada y dentro de normas.

[illegible]

INSTITUCION ESPECIAL LEYENDA	MINISTERIO DE ESPAFOLA	INFORME DE INSPECCION		F XXIV	
C.N. DE CONTRANTES		VISUAL ☐ DOCUMENTAL ☐		MODELO DE	
CONTRATISTA		EDIFICIO	ELEVACION	FASE	M.P.L.
ELEMENTO INSPECCIONADO			PLANO	HOJA	REV.
DESCRIPCION					
RESULTADO DE LA INSPECCION					
INSPECTOR		FIRMA		FECHA	
DISPOSICION RECOMENDADA				EJEC. CONTRATISTA	
				FECHA	
				G.C. CONTRATISTA	
DISPOSICION FINAL - CONFORME DISPOSICION RECOMENDADA ☐				FECHA	
				EJEC. H.E.	
				FECHA	
				G.C. H.E.	
ESTE INFORME SE CIERRA EN BASE A:					

G.C. CONTRATISTA Firma		G.C. H.E. Firma		A.C. Firma	

Como se deduce de esta somera descripción, se ha conseguido reunir en el mismo documento datos tales como preparación de superficies, ensayos radiográficos, distensionados, procedimientos de soldadura utilizados, tipo de anillos y coladas, materiales de aportación, claves de precios, así como los controles dimensionales y de garantía de calidad necesarios.

ALINEACION DE ACOPLAMIENTOS FXXV Forma																	
CONTRATISTA _____ FASE DE MONTAJE _____ EDIFICIO _____ M.P.L. EQUIPO _____	RESULTADO POR _____ INSPECCIONADO POR _____ FECHA DE COMPROBACION _____																
 ALINEACION RADIAL	 ALINEACION AXIAL																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">ESTADO ACOPLAMIENTOS</th> <th style="width: 20%;">LADO MOTOR</th> <th style="width: 20%;">LADO BOMBA</th> <th style="width: 20%;">TOLERANCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AXIAL MAXIMO ALABEO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RADIAL MAXIMA EXCENRICIDAD</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HUELGO AXIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		ESTADO ACOPLAMIENTOS	LADO MOTOR	LADO BOMBA	TOLERANCIA	AXIAL MAXIMO ALABEO				RADIAL MAXIMA EXCENRICIDAD				HUELGO AXIAL			
ESTADO ACOPLAMIENTOS	LADO MOTOR	LADO BOMBA	TOLERANCIA														
AXIAL MAXIMO ALABEO																	
RADIAL MAXIMA EXCENRICIDAD																	
HUELGO AXIAL																	

ALINEACION	ARRIBA 0°	DERECHA 90°	ABAJO 180°	IZQUIERDA 270°	DIFERENCIAS		TOLERANCIA
					0°-180°	90°-270°	ADMISIBLE
RADIAL							
AXIAL							

OBSERVACIONES

RESULTADO

COMPROBADO

Para proceder a la documentación de los soportes montados en líneas de tubería mayores de 3" de diámetro, se utilizó la llamada «Hoja de soporte» (fig. 19), que se complementaba con la «Hoja de soldaduras» cuando fuera necesario. En esta «Hoja de soporte», al igual que la anteriormente citada «Hoja 2 de 2», se reflejaban datos del soporte según los siguientes apartados:

- Identificación del soporte.
- Pares de apriete.
- Comprobaciones topográficas.
- Inspecciones.
- Controles finales de la ejecución y Garantía de Calidad.

Para el resto de los montajes se han utilizado documentos tales como fichas de pintura, informes de inspección, dossieres de montajes, etc. (Figs. 20 a 25.)

EJECUCION DEL MONTAJE

Se resumen a continuación los datos de montaje de las áreas más significativas en la ejecución del Montaje mecánico de la Central Nuclear de Confrontes.

MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS (Fig. 26)

Se comenzó el montaje a mediados del año 1976, con el edificio de Tratamiento de Agua, continuando un año más tarde con el montaje de pórticos para el cerramiento de la planta de operación del edificio de Turbina. En esa misma fecha, julio de 1977, se comenzó el montaje de los edificios de la Isla Nuclear, finalizándolo en el tercer trimestre del año 1983. A partir de esta fecha se comenzó con la fase de remates y mejoras.

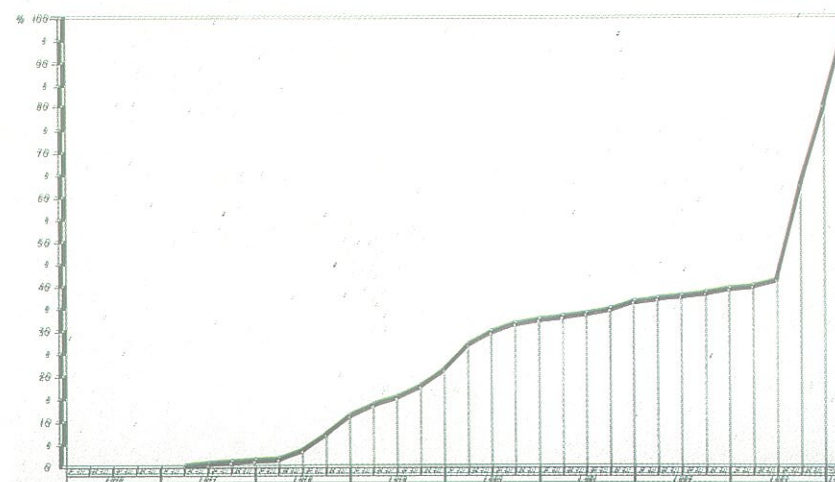
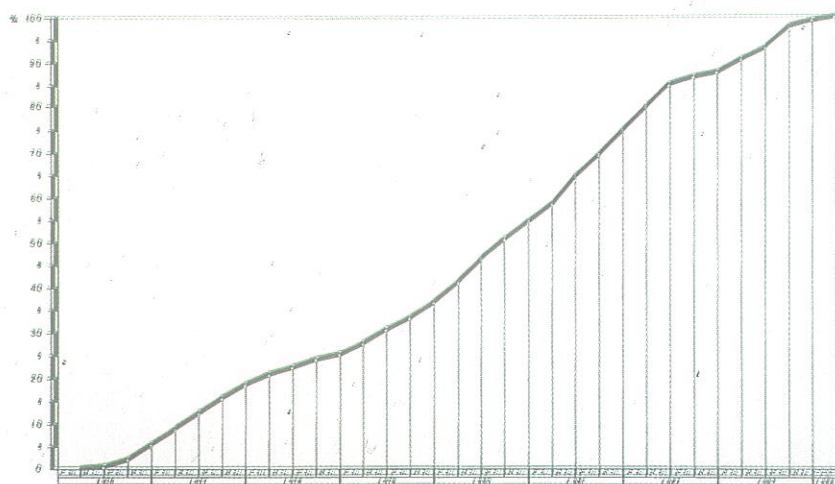
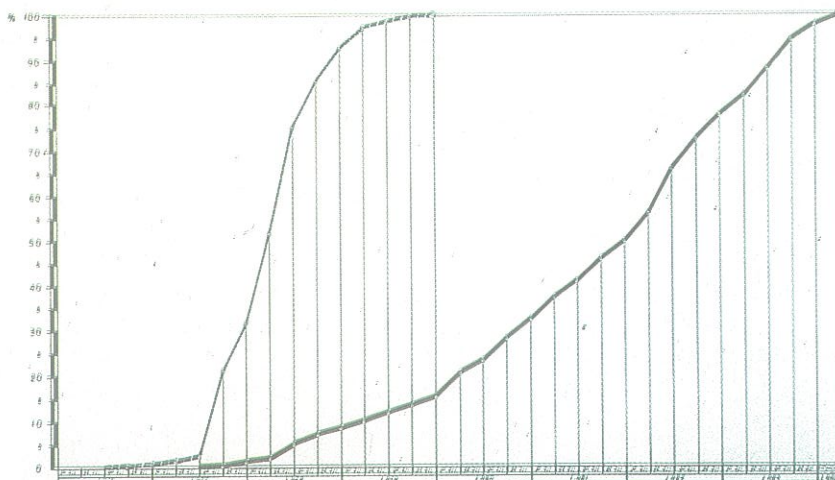
Se montaron 3.299 564 kg. como estructura principal, 198.615 kg. en escaleras y plataformas, 6.554 m. de barandillas, 5.932 m² de rejillas y 2.795 peldaños, contabilizando un total de horas/hombre directas invertidas de 485.496.

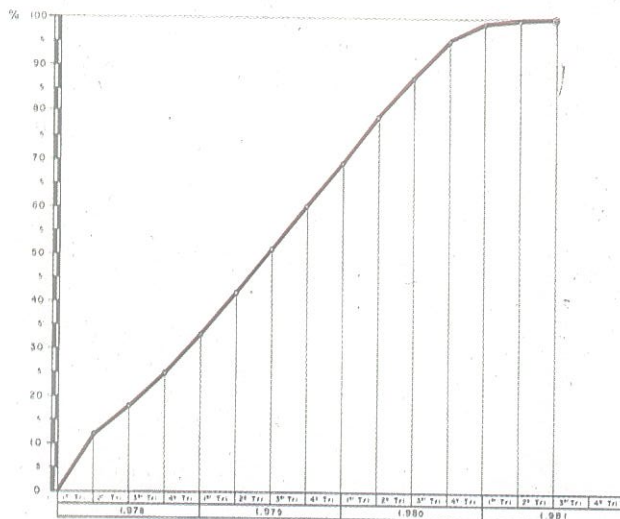
Este montaje se vio seriamente afectado por la aparición de nuevas cargas que obligaron a reevaluar y modificar toda la estructura del edificio del Reactor en el año 1981, estando ya finalizado su montaje.

CONTENCION METALICA (Fig. 27)

Comenzó el montaje del edificio de Contención en el segundo trimestre del año 1976, finalizando en el primer trimestre del año 1982, debido a que se decidió no cerrar la cúpula metálica con el fin de conseguir una ventilación más eficiente de este edificio. Posteriormente, se continuó con el montaje de placas de refuerzo para el anclaje de soportes de los distintos elementos.

Los datos de montaje contabilizados fueron: 2.005.943 kg. de virolas metálicas circulares; 317.397 kg. de perfilería para rigidización; 83 brackets para apoyo de estructuras, con 74.669 kg.; 82 placas de inserción para «paso por contención», con 182.206 kg., y 3.750





placas de refuerzo en el montaje de elementos adosados a la Contención.

El total de horas/hombre directas empleadas fue de 634.231.

EQUIPOS MECANICOS (Fig. 28)

Comenzó el montaje de equipos en el segundo trimestre de 1977, finalizando el mismo hacia el tercer trimestre de 1982. Durante este período se comenzaron a implantar las diversas modificaciones y mejoras impuestas por las Ingenierías, para finalizarlas a comienzos del año en curso.

Se totalizaron 893 equipos, utilizando para su implantación 629.208 horas/hombre.

TURBINA, GENERADOR Y EQUIPOS ASOCIADOS (Fig. 29)

Como datos más relevantes podemos citar los siguientes:

Generador	325 tm.
Rotor	200 tm.
Carcasa más pesada del TG	70 tm.
Rotor más pesado del TG	173 tm.
Separadores de humedad	202 tm.
Condensador principal	360 tm.
Núm. de tubos en el condensador	30.536 Admiralty 1.952 Acero al carbono

El número de horas/hombre directas empleadas fue de 359.239.

INTERNOS DEL REACTOR (Fig. 30)

Montaje totalmente independiente, en cuanto a condicionamientos entre montajes del resto de la planta, se llevó a cabo desde el segundo trimestre de 1978 hasta el final del mismo trimestre, en el año 1982, con una utilización de 108.968 horas/hombre. Este montaje se vio afectado por la implantación de algún cambio de diseño originado, como consecuencia, de experiencias sufridas en otras Centrales ya en operación.

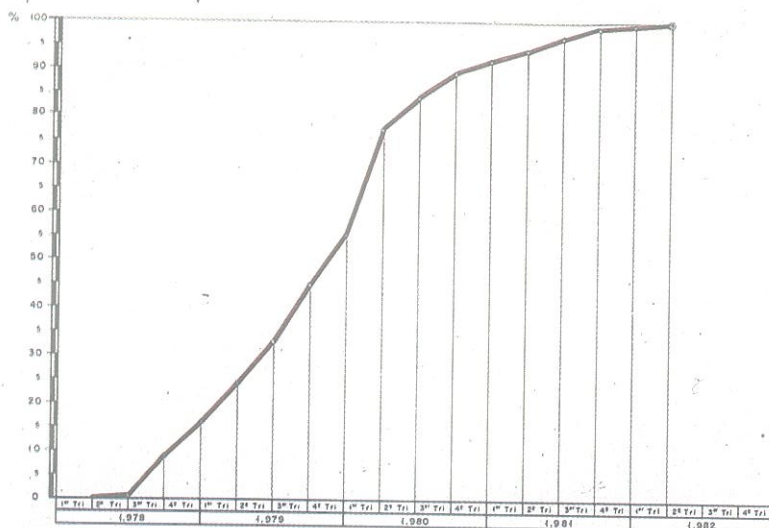
RECUBRIMIENTO Y PINTURA DE PARAMENTOS, TUBERIAS Y EQUIPOS (Fig. 31)

Resultó ser una de las fases de montaje más extensas en duración debido a la gran cantidad de remates y condiciones especiales para la realización de sus trabajos. Tuvo su comienzo en el cuarto trimestre de 1978, y los datos más significativos obtenidos desde entonces han sido:

- 35.629 m. de tuberías mayores de 3" de diámetro.
- 38.094 m. de tuberías menores de 3" de diámetro.
- 588 Equipos.
- 3.299.564 kg. de vigería para la estructura principal.

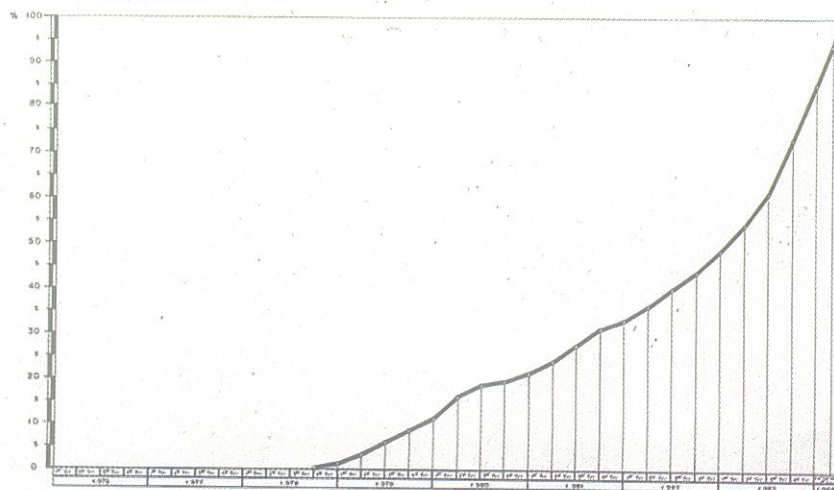
F XXX

INTERNOS REACTOR



F XXXI

RECUBRIMIENTO Y PINTURA DE PARAMENTOS, TUBERIAS Y EQUIPOS



- 6.554 m. de barandilla.
- 83.337 Uds. de bandas metálicas embebidas.
- 16.807 m² de contención metálica.
- 99.926 m² de techos y paramentos.
- 38.420 m² de suelos.

Cabe destacar dos formas de actuación con el fin de que estos trabajos tuviesen el mínimo impacto, por su ejecución, sobre otros montajes:

- El recubrimiento de paramentos y techos para conseguir un ambiente de limpieza en el montaje de equipos y cuadros eléctricos, y por la dificultad que entrañaría la ejecución de este recubrimiento, una vez montados los distintos elementos, por tener que utilizar el chorreado con arena para el hormigón.
- En los suelos, una vez efectuado el hormigonado de reglaje, se procedió a su tratamiento con barniz para curación rápida y eliminación de sales de superficie, para proceder a su posterior recubrimiento con mortero epoxi, eliminando la posibilidad de contaminación de dicha superficie, permitiendo mayor rapidez en la aplicación. Con el tratamiento de este barniz se eliminó la necesidad de utilizar el chorro de arena para la preparación de superficies.

Una vez aplicado este barniz, el mortero epoxi podría aplicarse en un período de tiempo comprendido entre los tres días y los seis meses.

MONTAJE DE TUBERIAS (Figs. 32 y 33)

Sin lugar a dudas el montaje más complejo de todos los realizados en esta Central. Comenzó en 1979, con las tuberías mayores de 3" de diámetro, y se puede dar por finalizado en el tercer trimestre del año 1983. A partir de esa fecha se continuó con modificaciones temporales para pruebas, remates y mejoras.

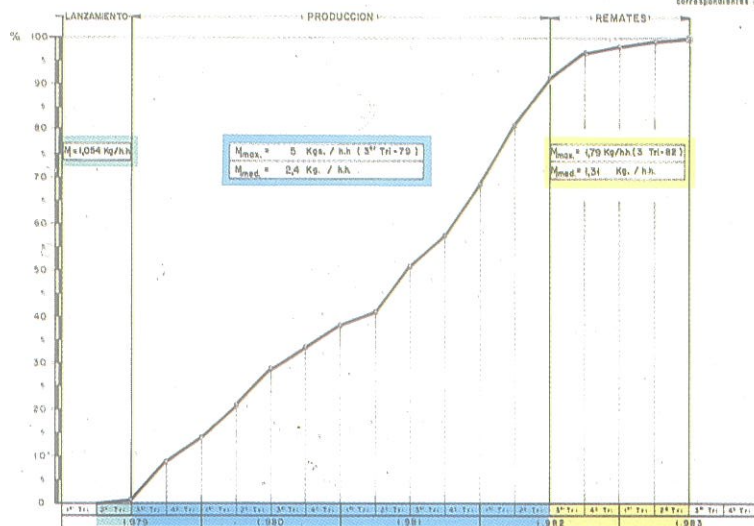
La fase de lanzamiento tiene un mayor rendimiento en soldadura que la fase de producción, debido a que en la fase inicial se realizaron soldaduras de los tramos de mayor espesor sin llevar a cabo su soportado definitivo, razón que tiene gran impacto en la relación kg. totales/horas empleadas.

En la fase de remates el alto nivel del rendimiento máximo, respecto del rendimiento medio, aparece debido a las modificaciones que, por dilataciones, se realizaron en el sistema de Vapor Principal y by-pass de turbina, y que han supuesto un gran volumen de soldadura aportada y, en consecuencia, de kg. de tubería.

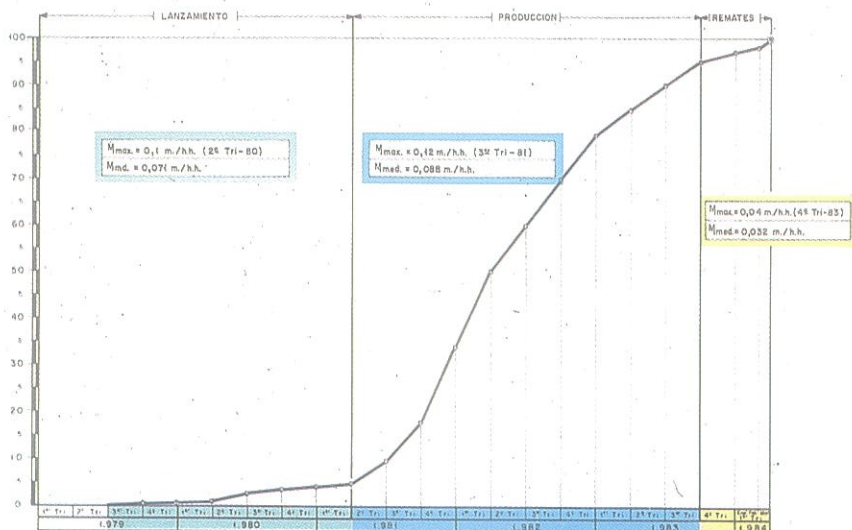
El total de horas/hombre directas empleadas fue de 2.323.568 y los datos más relevantes son:

- 10.270 Uds. de tramos con un equivalente a 4.837.411 kg.

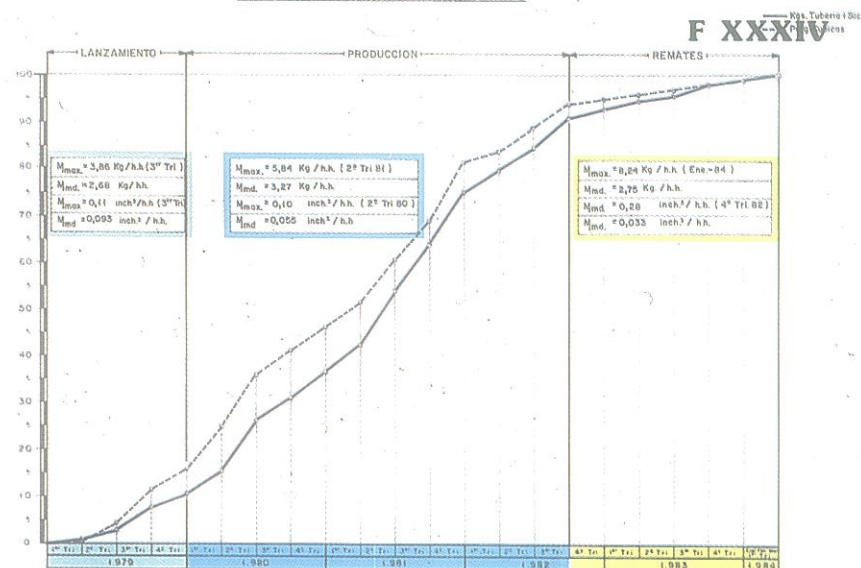
MONTAJE DE H.V.A.C. (GENERAL)

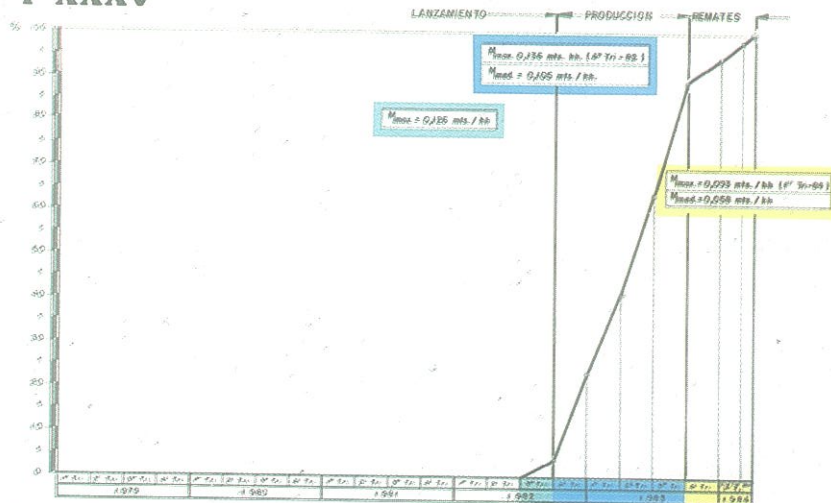


MONTAJE DE TUBERIA MENOR (GENERAL)



MONTAJE DE TUBERIAS (GENERAL)





- 12.863 Uds de soldadura con un equivalente a 99.900 pulgadas cúbicas.
- 2.500 Uds. de válvulas.
- 9.588 Uds. de soportes mayores.

Hay que resaltar los tiempos de ejecución conseguidos en las actividades correspondientes al edificio del Reactor. Así, por ejemplo, el Sistema de Recirculación (tuberías de 26" de diámetro Sch.100) se comenzó el izado y presentación de tramos al principio del año 1981, finalizando la última soldadura el 4 de junio de ese mismo año.

Las tuberías de Vapor Principal (20" de diámetro Sch. 160) se comenzaron a introducir a mediados de febrero de 1981, finalizando sus soldaduras el 30 de junio. Cabe destacar, por lo complicado de su geometría, el tiempo récord invertido en la introducción, posicionamiento y presentación de las 16 líneas de descarga para las válvulas de seguridad (27-07-81 al 01-09-81), con el fin de liberar la zona del Pozo Seco para el comienzo del montaje del resto de tuberías.

Respecto de las tuberías menores de 3" de diámetro, se comenzó en el año 1979 por el edificio de Combustible, debido a la necesidad existente de almacenar el primer núcleo de combustible que llegaría comenzado el año 1980. A partir del segundo trimestre de este año es cuando en realidad se puede considerar el comienzo del montaje.

Se emplearon 1.120.893 horas/hombre directas y los datos más significativos son:

- 12.236 Uds. de isométricos con un equivalente de 61.220 m.

En el montaje de tuberías menores en el edificio del Reactor, y debido a que en ese momento el resto de los montajes se encontraban en un avanzado estado de ejecución, con el elevado porcentaje lógico de interferencias, tanto en diseño como en montaje, hay que destacar el esfuerzo realizado para conseguir la finalización de este montaje en treinta y seis semanas (23-12-82 al 01-09-83), lo que supuso una media de 40 isométricos/semana, equivalentes a 200 m/semana de tubería, soldada, soportada y aceptada.

MONTAJE DE HVAC (AIRE ACONDICIONADO) (Fig. 34).

No se han considerado en el total de kg. el montaje de equipos y, sin embargo, si se ha hecho en el total de horas/hombre por lo que, de alguna forma, el rendimiento se ha visto afectado. La fase de lanzamiento, al igual que en las tuberías menores, se vio afectada por la elevada asignación de medios, que se hizo para el edificio de Combustible.

Se utilizaron un total de 372.082 horas/hombre, siendo los datos de montaje más significativos los siguientes:

- 556.954 kg. de conductos.
- 280.666 kg. de soportes (equivalen a 3.885 Uds.).
- 391 Dampers.
- 596 Rejillas.
- 48 Difusores.
- 22 Ventiladores.
- 200 Fan-coils.
- 403 Puertas.

AISLAMIENTO (Fig. 35)

Comenzaron estos trabajos en el tercer trimestre de 1982, con el aislamiento convencional; finalizaron el primer trimestre de 1984, con el aislamiento reflectivo.

Se emplearon 275.011 horas/hombre para aislar los 14.796 m. de tubería mayor, 9.438 m. de tubería menor y los 128 equipos.

SELLADOS (Fig. 36)

Con una trayectoria paralela a la ejecución del aislamiento, comenzó en el segundo trimestre de 1982.

Se invirtieron 43.300 horas/hombre y los datos de este montaje fueron:

- 2.110 Penetraciones eléctricas.
- 2.125 Penetraciones mecánicas.
- 102 Collarines biológicos.
- 265 Protecciones pasivas.
- 344 Cortafuegos.

RESTO DE MONTAJES

Para el resto de las fases realizadas por el Grupo de Montajes Mecánicos, sólo reflejaremos el período de ejecución y las horas/hombre directas empleadas:

Tubería embebida (cuarto trimestre 1975 al tercer trimestre 1979)	121.523 h/h.
Accionamiento barras de control y estructuras soportes(segundo trimestre 1980 al segundo trimestre 1983) .	130.473 h/h.
Sistema contraincendios (tercer trimestre 1981 al tercer trimestre 1982)	63.638 h/h.
Decapado de tuberías (*) y electropulido (**)	101.400 h/h.
Ensamblaje tanques exteriores	8.600 h/h.
Montaje de puertas	14.000 h/h.
Modificaciones temporales para pruebas	39.224 h/h.
Recubrimiento de piscinas del edificio Combustible	26.831 h/h.

(*) El decapado de tuberías y soportes es un tratamiento químico consistente en un baño de sosa para eliminar lacas, grasas y esmaltes. A continuación se introducen los elementos a decapar en un baño con disolución de ácido sulfúrico, donde permanecen el tiempo necesario para la limpieza de sus superficies. Posteriormente éstas sufren los lavados: uno con disolución de hidróxido amónico para su neutralización y otro con agua desmineralizada a alta presión y un secado con aire caliente. Por último, se les aplica una protección exterior a base de Fosin 2C con 40 micras de película seca y se tapan los tubos con cierres herméticos, habiéndose introducido antes en su interior unas bolsas de silicagel para combatir el depósito de humedad.

(**) El electropulido de las piscinas de almacenamiento en los edificios del Reactor y de Combustible consistió en un tratamiento de los liners del recubrimiento de dichas piscinas en base a un proceso de pulido mecánico y el electropulido.

