

CENTRAL NUCLEAR JOSE CABRERA



José María REUS TERCERO, Doctor Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid. Inició su actividad profesional en 1958 trabajando en diversos proyectos químicos y petroquímicos en Dow Chemical y Técnicas Reunidas, S. A. Se incorporó a Empresarios Agrupados en 1972 al equipo de Dirección de Proyecto de la CN Almaraz. En 1975 pasó a desempeñar la función de Director de este Proyecto. Desde 1982 es Director del Proyecto de Actualización de la CN José Cabrera.



Luis Felipe SETIEN CARRION, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Licenciado en Ciencias Empresariales (ICADE). Ingresa en Empresarios Agrupados en el año 1977. Ha sido Jefe de Obra Civil en la Central Nuclear de Trillo y Jefe de Emplazamiento durante la Actualización de la Central Nuclear José Cabrera.

PARTICIPACION DE EMPRESARIOS AGRUPADOS EN LA ACTUALIZACION DE LA CN JOSE CABRERA

Jose María REUS TERCERO y Luis F. SETIEN CARRION

INTRODUCCION

La participación de EMPRESARIOS AGRUPADOS en la actualización de la CN JOSE CABRERA ha exigido, tanto en el Proyecto como en la Construcción y Pruebas, la adopción de medidas organizativas y soluciones técnicas que se salen de la práctica normal de los Proyectos Nucleares. Al tratarse de la primera vez que se actualizaba una central española en funcionamiento, los trabajos se han desarrollado bajo el signo de la innovación, además de haberse visto sujetos a condicionantes muy estrictos de espacio y tiempo que han convertido el trabajo descrito en este artículo en una tarea singular.

Lo primero que se hizo al iniciar el proyecto de actualización, fue una selección de los criterios a utilizar con el fin de que, aunque fueran más estrictos que los usados en el diseño original, permitieran una coherencia suficiente en el diseño global.

Tras ello, hubo que proceder a un análisis detallado de la información existente en la planta para definir el espacio disponible para implantación de los nuevos elementos. En ocasiones, y como complemento de dicha información sujeta a elevados requisitos de precisión, fue preciso realizar estudios de montaje en obra o proceder a la toma de datos «as-built» por métodos fotogramétricos.

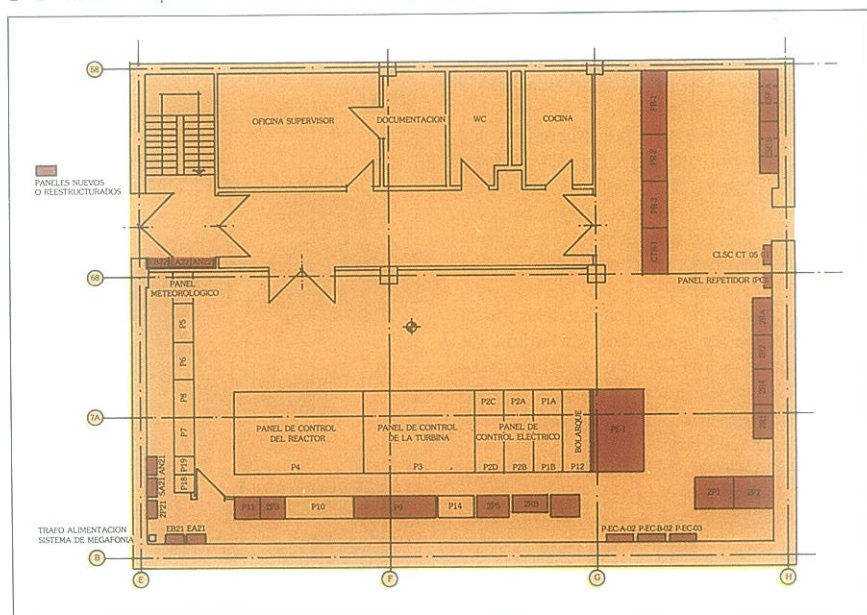
El diseño y la construcción se planearon con el fin de reducir al mínimo los desmontajes y modificaciones de lo existente, analizándose los equipos e instalaciones a montar y desmontar, e integrándolos todos en un único diseño. Parte de

él se tuvo que realizar con información preliminar de los equipos, por la presión de los plazos, lo que implicó la necesidad de realizar posteriormente ciertas modificaciones, cuya aprobación por la ingeniería tuvo que realizarse de forma acelerada. Por la misma urgencia de plazo se decidió entregar equipos y materiales a los contratistas, inmediatamente después de su llegada al almacén, para lo cual se estableció un cuidadoso sistema de control del cierre de contingencias.

La planificación de los trabajos tuvo que ser muy cuidadosa, dada la frecuente coexistencia en una misma área de la obra de trabajos de diferentes especialidades o contratistas, para evitar interferencias, tanto de tipo organizativo como de seguridad en el trabajo.

También requirió especial atención la coordinación de los trabajos de actualización con la operación de la Central en las áreas de Seguridad Industrial, Protección Radiológica y Seguridad e Higiene, con el fin de minimizar el número de controles de personas y materiales necesarios para acceder al lugar de trabajo, y simplificar el cumplimiento de las normas de Protección Radiológica (vestuario apropiado, registro de personas y materiales, control dosimétrico, etc.) en las actividades realizadas dentro de zona controlada y la aplicación, en algún caso, de medidas de descontaminación en objetos y herramientas utilizadas. En algunos casos, hubo dificultades adicionales por la necesidad de realizar trabajos, en sistemas en funcionamiento o en tensión, en fechas compatibles con la operación y, en ocasiones, con tiempo muy limitado.

F I Relación de paneles de sala de control antes y después de la modificación.



Dadas las limitaciones de plazo se establecieron procedimientos expeditivos para la aprobación por la Ingeniería de las modificaciones a los procedimientos de prueba. Como datos concretos, baste señalar que entre julio y septiembre 1985 se realizaron 29 pruebas funcionales eléctricas, 12 mecánicas y 4 de ventilación, además de las pruebas de I&C, PCI, construcción e hidrostáticas y lavado de sistemas.

ORGANIZACION

Para la realización de los trabajos se adoptó un esquema de organización flexible que se fue adaptando a las condiciones que exigían los trabajos.

La Dirección de Proyecto se dotó de personal adicional al inicialmente previsto, con facultades decisorias no habituales en las áreas de ingeniería, compras-activación y construcción y se adoptó una programación flexible, con seguimiento y actualización semanal.

La coordinación fue muy estrecha, tanto interna como con los demás participantes en el proyecto. Al principio del proyecto se celebraban reuniones semanales en Madrid con la asistencia de representantes de todas las organizaciones participantes en el proyecto. Más adelante dichas reuniones se trasladaron al emplazamiento para facilitar la participación de los supervisores y del personal de Explotación.

También se decidió potenciar la planificación de los contratistas, por medio de un control semanal de los programas, y su coordinación, incluyendo la implantación de turnos para evitar interferencias entre los trabajos.

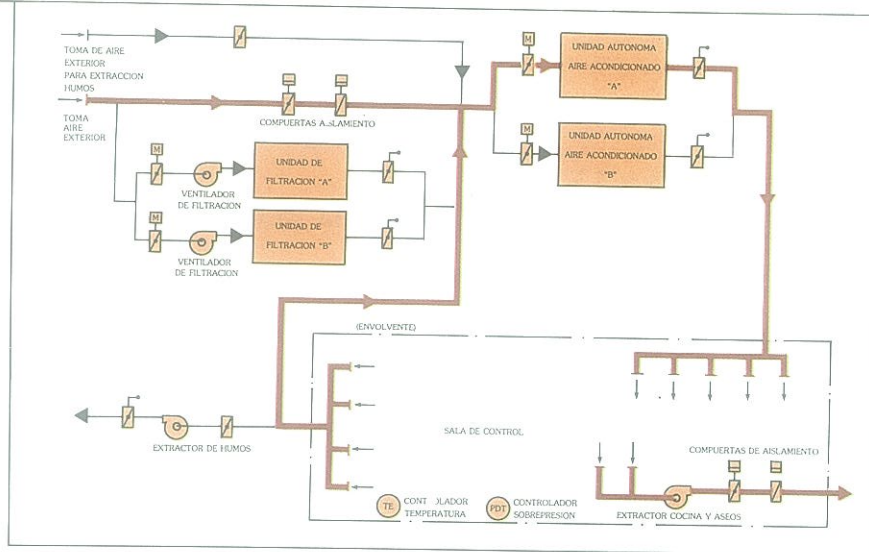
Los diseñadores multiplicaron sus visitas a la Central y se creó en el emplazamiento un grupo de diseño de detalle (isométricos de «conduits», soportes de bandejas, «conduits», «tubing»... etc.), que se ocupaba también de comprobar «in situ» la montabilidad del diseño realizado y de la aprobación preliminar de los cambios.

A los contratistas se les exigió, contractualmente, disponer de una estructura de mandos específica que facilitase la resolución de los problemas de coordinación con Explotación en temas de Seguridad y de Protección Radiológica.

Mediante reuniones periódicas de los supervisores del proyecto con los responsables de Operación y con los contratistas, se obtuvieron los descargos necesarios en las fechas en las que los programas de ejecución tenían previstos los trabajos.

En la gestión de almacenes se implantó un sistema de activación de salida de materiales y equipos con contingencias que requirió una mayor presencia y dedicación del personal de Almacenes y de Garantía de Calidad.

Al aproximarse el fin de los trabajos se trasladó a obra un grupo de personas que habían redactado los procedimientos de Pruebas, lo que permitió aprobar rápidamente cualquier modificación necesaria en



F II Diagrama de flujo de ventilación de la sala de control.

los procedimientos y colaborar con los supervisores en la realización de las pruebas de construcción y en la transferencia de los sistemas al equipo de Pruebas y Puesta en Marcha.

INGENIERIA Y DISEÑO. SOLUCIONES ADOPTADAS

Han sido muchos los aspectos en los que se han realizado trabajos de ingeniería y diseño. Con el fin de abreviar la exposición, nos limitaremos a algunas partes más significativas.

SALA DE CONTROL

La sala de control ha sufrido una transformación completa con objeto de acomodar toda la instrumentación y el control de los nuevos sistemas. Para ello se han instalado equipos totalmente nuevos, entre los que se pueden citar (ver Fig. I) cinco nuevos paneles, uno de salvaguardia y vigilancia postaccidente que sustituye al existente, dos para las unidades de ventilación y filtración, otro panel de control del agua de servicios esenciales, un panel eléctrico, continuación del panel principal de control, para los nuevos sis-

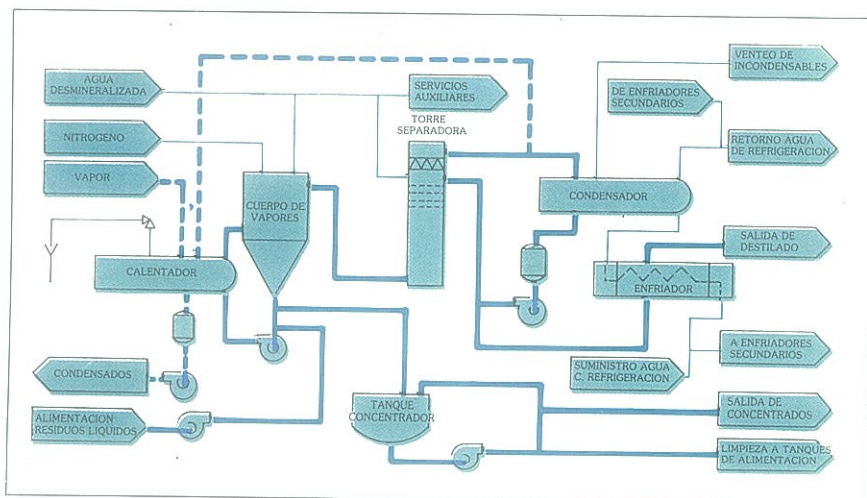
temas eléctricos de emergencia y siete cabinas de relés para lógicos de actuación y separación de señales.

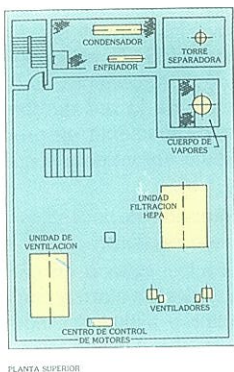
Todos estos paneles y cabinas de control se han diseñado manteniendo las separaciones entre canales y trenes redundantes y teniendo en cuenta las normas, criterios de construcción y requisitos de cualificación contenidos en la normativa más reciente.

También se han instalado cabinas electrónicas de instrumentación, para procesar los lazos de protección y control, correspondientes, tanto a los nuevos sistemas como a los modificados y se han añadido tres cabinas para los canales I, II y III de protección y una cabina para Control.

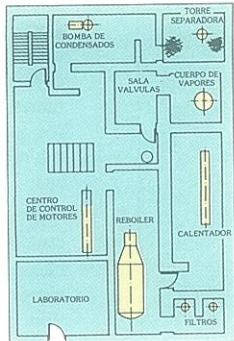
Se ha mejorado de forma sustancial el control de las instalaciones existentes. Para ello ha sido necesario hacer modificaciones importantes en algunos de los paneles existentes desmontando la casi totalidad de la fila posterior de paneles con reutilización de los cables existentes y, en algún caso, manteniendo la estructura existente se sustituyó la chapa frontal del panel para ubicar nueva instrumentación y se equipó nuevamente la estructura añadiendo regletas con bornas, canaletas y equipo auxiliar.

F III Diagrama de proceso del evaporador.

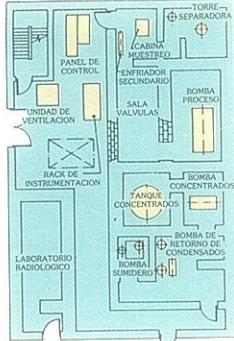




PLANTA SUPERIOR



PLANTA INTERMEDIA



PLANTA BAJA

F IV Edificio del evaporador.

Se realizó la segregación de alimentaciones eléctricas con objeto de conseguir la independencia de equipos redundantes.

Se han suministrado paneles de distribución, tanto de corriente alterna vital como de corriente continua, al objeto de alimentar eléctricamente los paneles de control, cabinas de relés y cabinas de instrumentación electrónica.

También se han mejorado las condiciones ambientales. Además de la mejora de los niveles de iluminación se ha previsto un sistema de ventilación y aire acondicionado totalmente nuevo, aprovechando para ello la terraza del edificio (Fig. II).

Este sistema dispone de dos unidades de filtración, dos de aire acondicionado y ventiladores, cada una del 100 % de capacidad, extractor de humos, red de conductos de impulsión de aire y recirculación, compuertas de aislamiento del recinto de la sala de control, persianas de regulación, tomas de aire exterior etc. Con todo ello se consigue mantener una temperatura comprendida entre 21 y 24 °C en todos los modos de operación, con recirculación interna y reposición de aire exterior.

El sistema de filtración mantiene la integridad de la sala tipo B (Guía Reguladora 1.78) y limita la introducción de gases exteriores nocivos en caso de accidente. El sistema de extracción de humos renueva el aire y evacúa los humos produ-

cidos en caso de incendio en la sala.

Los equipos disponen de alimentación eléctrica de emergencia que garantiza su funcionamiento en caso de pérdida de la alimentación eléctrica exterior. El arranque de la unidad de reserva es totalmente automático si se pierde la unidad en funcionamiento. Los equipos y conductos han sido diseñados en general para soportar el sismo de diseño y se mantendrán operativos en caso de fallo simple.

La instalación de un sistema combinado de detectores iónicos de humos y térmicos situados dentro de los paneles, detecta y da la alarma en caso de iniciarse cualquier incendio.

Para mejorar la seguridad en este caso, se dispone del sistema de extracción de humos ya descrito, de un nuevo falso techo y revestimiento del suelo incombustibles, y se han instalado extintores portátiles locales de CO₂, así como una boca con armario dosificador de espuma AFFF próxima a la sala de control.

EVAPORADOR

La nueva instalación permite el tratamiento de los residuos líquidos de forma mucho más segura para los operadores y personal de mantenimiento, logrando mayores concentraciones y, por tanto, menor volumen de residuos. El trabajo, desde la adjudicación al suministrador hasta la

puesta en marcha, se desarrolló en nueve meses, habiendo colaborado eficazmente el suministrador del equipo, Procesos y Sistemas, S. A.

Descripción del sistema

Los residuos líquidos a tratar se calientan con vapor en un calentador antes de su entrada al evaporador (ver Fig. III). En este evaporador, los residuos se descargan por el fondo a un tanque de concentrados del que se envían al embidonado. Por la parte superior se extraen los vapores que pasan a una torre separadora de la que sale un destilado que puede emplearse de nuevo en el proceso. En la Fig. IV se indica la disposición de los equipos más importantes y el blindaje de las diferentes salas.

Edificio del evaporador y su ventilación

El equipo de evaporación está en un edificio cerrado en cuyo diseño se ha tenido en cuenta, de forma primordial, la protección radiológica de los operadores y personal de mantenimiento, recurriendo a una compartimentación que separa los equipos según su nivel de radiación, facilitándose la operación y el mantenimiento y aislando cualquier posible fuga.

En la Fig. V se muestra el sistema de ventilación del edificio, cuyo diseño cumple los objetivos siguientes:

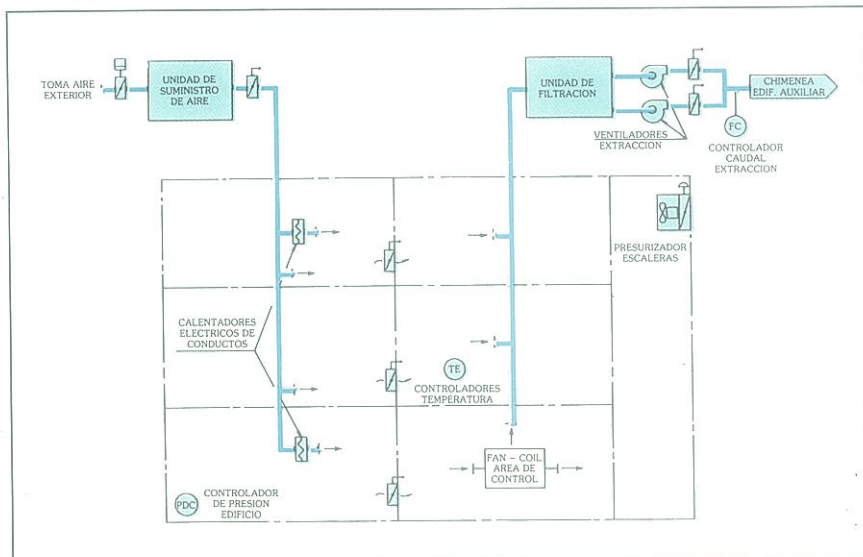
- Uso únicamente de aire exterior; sin recirculación.
- Movimiento del aire de los recintos menos contaminados a los más contaminados, de donde se extrae a la filtración.
- Diseño con presión negativa dentro del edificio para evitar fugas incontroladas al exterior.
- Filtración del aire con prefiltros y filtros de alta eficiencia (HEPA) antes de su descarga al exterior.
- Conexión de la tubería de descarga del aire ya filtrado a la chimenea existente en la Central.
- Capacidad de regulación de temperatura por medio del sistema de ventilación, provisto de calentadores eléctricos y batería de refrigeración enfriada con agua del sistema de componentes.

El edificio dispone también de protección contra incendios, alumbrado, alimentaciones eléctricas separadas y con distribución local etc., interconectados con las instalaciones existentes de modo que produzcan un impacto mínimo en las mismas, y reduciendo, por tanto, el trabajo a realizar.

EDIFICIO ELECTRICO

Debajo de la actual sala de control y sala de distribución de cables existía un taller mecánico de mantenimiento provisto de una entreplanta parcial de oficinas. La necesidad de instalar nuevos equipos eléctricos de clase nuclear 1E, separados en dos trenes independientes, llevó a es-

F V Diagrama de flujo de ventilación del edificio del evaporador.



El
Sistema

NUKON®



Conozca el único sistema que resuelve los tres problemas del aislamiento en el edificio de contención en centrales nucleares.

Sistema de aislamiento para tuberías, soportes y equipos instalados dentro del Edificio de Contención.

1 Control de la temperatura ambiente en el edificio de contención

El aislamiento debe evitar las pérdidas de calor de las tuberías y equipos del Edificio de Contención para que la temperatura ambiente se mantenga dentro de niveles de seguridad y facilite las tareas de mantenimiento.

La capacidad de adaptación de las colchonetas del sistema NUKON hace que estas se ajusten perfectamente a las tuberías, soportes y equipos, evitando así fugas de calor en las uniones. Esto hace del Sistema NUKON el más eficaz para mantener la temperatura de seguridad en el Edificio de Contención

2 Resistencia al manejo

El aislamiento en el Edificio de Contención es desmontado frecuentemente para inspección de válvulas, equipos, soldadura en tuberías, etc. y debe volverse a instalar sin que en estas operaciones resulte dañado o se vea disminuida su eficacia aislante. Además, estas operaciones han de ser realizadas con rapidez, para disminuir los riesgos de radiación y para que la parada resulte lo más breve posible.

Nuestra extensa experiencia nos demuestra que las operaciones de montaje y desmontaje con el sistema NUKON resultan un 40% más rápidas que en el aislamiento rígido, y su particular diseño hace que no resulte dañado, manteniendo su eficacia aislante.

3 Seguridad en caso de accidente

El aislamiento del Edificio de Contención no debe dificultar el sistema de emergencia del enfriamiento del Núcleo, en el caso de accidente de pérdida de refrigerante (LOCA).

Las pruebas llevadas a cabo por "United States Nuclear Regulatory Commission" (USNRC) demuestran que los componentes desprendidos del aislamiento NUKON, en caso de rotura de una línea de alta presión, ocasionan menor resistencia al flujo del refrigerante que va hacia los sumideros, que cualquier otro material desprendido del aislamiento rígido.

Otras ventajas del aislamiento NUKON:

Coste real del Sistema NUKON. El sistema NUKON es diseñado para 40 años de servicio, incluyendo los ciclos de desmontaje y montaje.

Diseño específico para cada Planta. El sistema NUKON es diseñado y fabricado por P.C.I., e instalado por nosotros o por aprobados y cualificados contratistas, a medida y de acuerdo con la configuración de tuberías, accesorios y equipos.

Probado en uso, durante muchos años, con un funcionamiento satisfactorio del Sistema NUKON, en más de 30 Centrales Nucleares en el mundo.

**Performance
Contracting
Inc.**

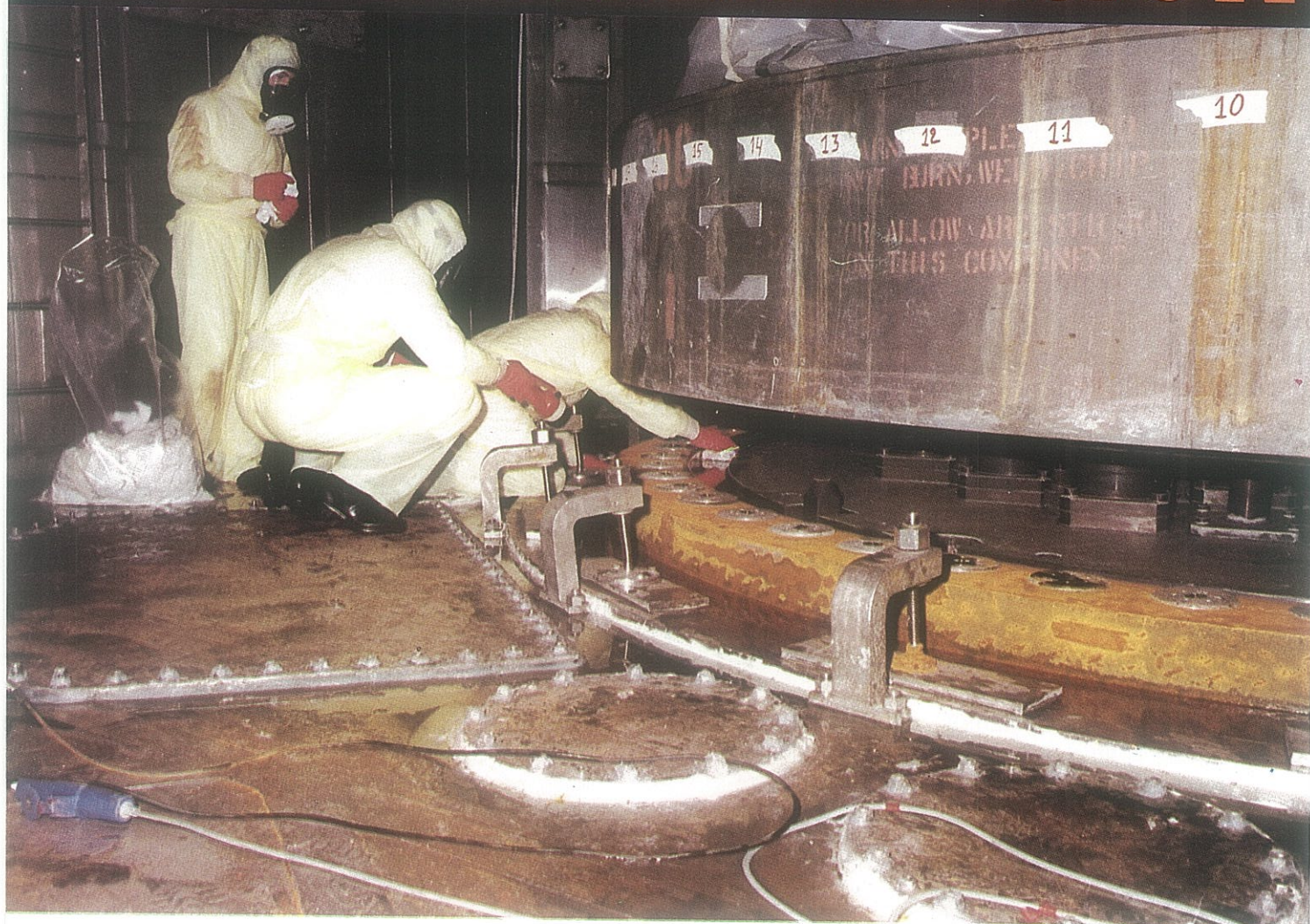
PERFORMANCE CONTRACTING, INC.
Post Office Box 2198
Shawnee Mission, Kansas 66201, USA
Telephone 913-888-8600
Telex 417011



HEMYC INSTALACIONES INDUSTRIALES S. A.
está asociada con **PERFORMANCE CONTRACTING, INC.**
y es representante exclusivo para
el **Sistema NUKON** en España.

HEMYC, S. A.
Avda. Hermanos Bou, 239 Apartado, 600
12.003 CASTELLON
Teléfono: (964) 22 90 11 Telex: 65838 HMYC E

DESCONTAMINACION



LAINSA: Unica Empresa en España que proporciona un Servicio Total Integrado de DESCONTAMINACION DE INSTALACIONES RADIATIVAS.

Actividades específicas de recarga en Centrales Nucleares:

Descontaminación de paredes y suelos de la cavidad del Reactor. Sistemas WEPA e Hidroláser (LD 5).

Descontaminación de bridas, tapa del Reactor

y alojamientos "O Ring".

Tratamiento del agua de la Cavidad.

Descontaminación de la brida de la Vasija del Reactor, etc.

Desmantelamiento y Descontaminación de Instalaciones Radiactivas.

Pruebas Hidrostáticas de Sistemas.

Limpieza Hidrodinámica y Manual Sistemas.

Limpieza y mantenimiento Industria Limpiezas Químicas.



LAINSA

LIMPIEZAS Y ACONDICIONAMIENTOS INDUSTRIALES, S.A.

- Barreras de fuego cerradas con sellado de todos los pasos de cables, tuberías y conductos a través de la barrera.

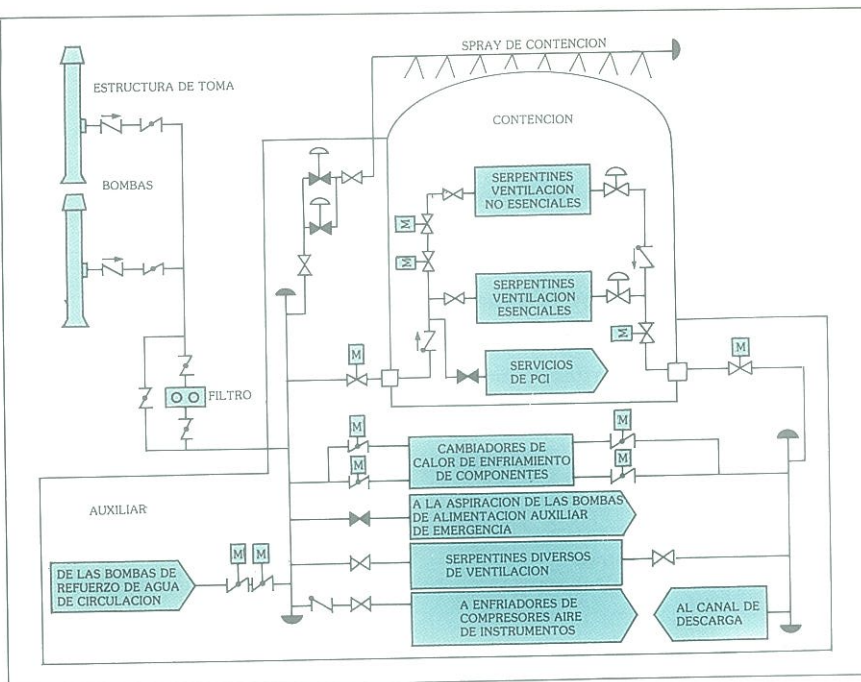
SISTEMA DE AGUA DE SERVICIOS ESENCIALES

Este sistema se ha diseñado considerando todas las hipótesis de carga del código ASME Sección III.

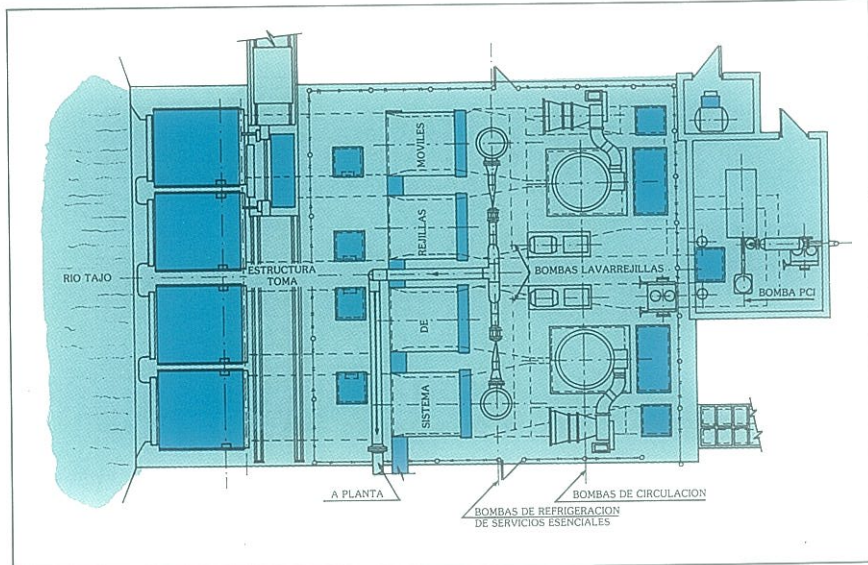
Características principales

El proyecto se ha realizado aprovechando la estructura de toma existente. Las tuberías son aéreas, sobre estructuras soporte de hormigón con posibilidad plena de inspección en servicio. Las conducciones eléctricas van enterradas en tuberías de PVC múltiples, embebidas en hormigón en masa.

El Cálculo hidráulico del sistema de tuberías y equipos nuevos, dio valores que han sido confirmados en la posterior prueba y operación satisfactoria del sistema.

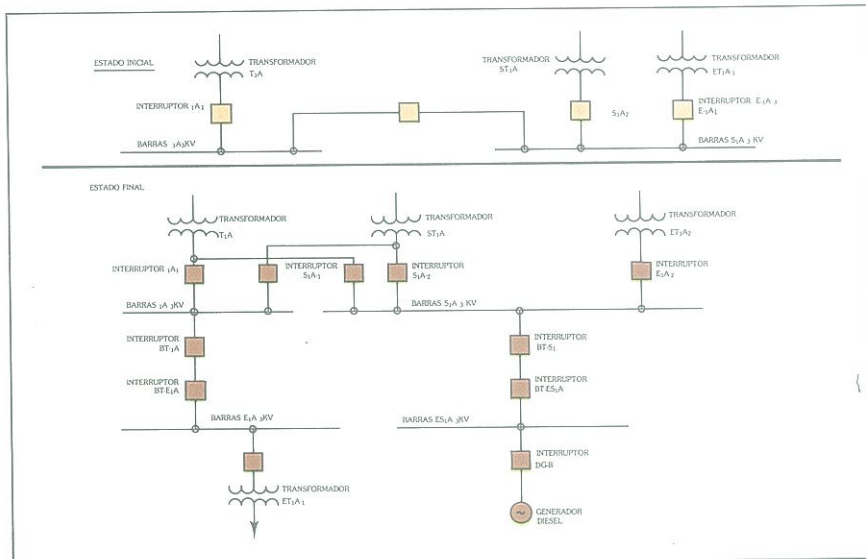


F IX Diagrama de flujo de agua de refrigeración de servicios esenciales.



F X Ubicación de nuevas bombas de servicios esenciales en la estructura de toma existente.

F XI Esquema simplificado de alimentación 3 Kv. Estado inicial.



Descripción del sistema

En la Fig. IX se indica el Diagrama de este sistema que consta de dos bombas verticales del 100 % de capacidad cada una, situadas en la estructura de toma de agua del río Tajo, un filtro doble cesta y los diferentes equipos y servicios que reciben agua de este sistema, como el sistema de aspersión situado en la cúpula de Contención, los Servicios interiores a la Contención, los Intercambiadores de refrigeración de componentes y otros servicios.

El sistema está conectado en serie con el sistema de agua de circulación a través de dos válvulas motorizadas, cuya función es convencional y que permite su aislamiento si se requiere.

La Fig. X muestra la instalación de las bombas y tubería de descarga del sistema de Servicios Esenciales en la toma existente en el río Tajo.

ALIMENTACIONES ELECTRICAS NORMALES Y DE EMERGENCIA DE LA CENTRAL. SEGREGACION DEL SISTEMA ELECTRICO

Características Principales

La CN José Cabrera dispone de una alimentación eléctrica muy variada y con capacidad de transferencia de unas fuentes de alimentación a otras.

Estas características han sido mejoradas por la instalación de un nuevo Generador Diesel que alimenta al tren B y de una línea y transformador de 4.4 MVA que suministra la energía procedente de la Central Hidroeléctrica de Zorita al tren A. El estudio de fiabilidad de este sistema de alimentación mostró que es aún más seguro que el Generador Diesel.

Además se ha segregado el sistema eléctrico de manera que existen dos tre-

nes redundantes para todos los circuitos relacionados con la seguridad.

La segregación de los circuitos de la Central ha sido realizada en todos los niveles de tensión y tipos de circuitos, lo que ha obligado a realizar gran número de cambios en las alimentaciones, circuitos de medida y control etc. Al mismo tiempo se ha mejorado la calidad de las alimentaciones de los circuitos de corriente continua y vital sustituyendo las antiguas baterías por otras nuevas, añadiendo nuevos cargadores, inversores y paneles de alimentación y disponiéndolos de manera que la seguridad de funcionamiento queda ahora aumentada de forma muy importante.

Descripción de los sistemas de alimentación

Las Barras de alimentación a los servicios auxiliares de la Central (3 KV), están constituidas por dos juegos de barras independientes entre sí, TREN A y TREN B. Cada uno de ellos, a su vez, está segregado en dos sistemas interconectados barras 1A/E1A y barras S1A/ES1A con posibilidad de aislamiento ya que disponen de fuentes de alimentación separadas (Ver esquema unifilar simplificado en la Fig. XI).

Esta disposición permite la segregación de los servicios auxiliares en dos niveles: los denominados normales, no relacionados directamente con la seguridad de la Central, alimentados desde las barras 1A (TREN A) y S1A (TREN B), y los de salvaguardia, propiamente dichos, alimentados desde las barras E1A (TREN A) y ES1A (TREN B) de 3 KV.

La alimentación eléctrica de estas cuatro barras de alimentación es como sigue:

Las Barras de 3KV 1A (Normales) del Tren A disponen de dos fuentes de alimentación redundantes. Una proveniente del transformador auxiliar de Grupo T1A y la otra desde el transformador ST1A alimentado desde Zorita Hidráulica y Bolarque a 46 KV.

Las Barras de 3 KV E1A (Salvaguardia) del Tren A clase 1E están interconectadas con las anteriores mediante dos interruptores conectados en serie, desde donde reciben la alimentación en situaciones normales de funcionamiento. Asimismo disponen de una alimentación de emergencia a través de un transformador 48/3 KV (ET1A-1) proveniente de la CH de Zorita con capacidad para alimentar los servicios del Tren A.

Las Barras de 3 KV S1A (Normales) del Tren B, disponen de dos fuentes de alimentación redundantes. Una proveniente del transformador auxiliar ST1A que recibe energía desde la CH de Zorita y la de Bolarque, y la otra desde el transformador Auxiliar de Grupo T1A.

Además, se dispone de una alimentación de apoyo en emergencia proveniente de la CH de Zorita a través del transformador de 48/3 KV, ET1A2.

Las Barras de 3 KV ES1A (Salvaguar-

T I OBRAS DE LA FASE I

PERIODO	TIPO DE TRABAJO	CANTIDAD
Octubre 82 a marzo 83	OBRA CIVIL	
	Hormigón Acero en armaduras Encofrado	6.500 m ³ 410.000 kg 12.000 m ²
Enero 83 a julio 83	MONTAJE ELECTRICO	
	Bandejas Conduits Soportes Tendido de cables Unidades de conexión	1.000 ml 7.500 ml 68.000 kg 43.000 ml 5.600 ud
Febrero 83 a julio 83	MONTAJE MECANICO	
	Conductos de ventilación Tubería (incluyendo PCI) Soportes	27.000 kg 90.000 kg 70.000 kg.

T II OBRAS DE LA FASE II

PERIODO	TIPO DE TRABAJO	CANTIDAD
Febrero 85 a junio 85	DISEÑO DE DETALLE	
	Isométricos de conduit Isométricos de tubing Soportes de bandejas Soportes de conduit Soportes de tubing	1.050 65 550 1.500 460
Marzo 85 a agosto 85	MONTAJE MECANICO	
	Conductos de ventilación Tubería (incluyendo PCI) Soportes	36.500 kg 119.000 kg 65.000 kg
Enero 85 a agosto 85	MONTAJE ELECTRICO	
	Bandejas Conduits Soportes Tendido de cables Unidades de conexión	2.500 ml 10.000 ml 82.000 kg 133.000 ml 21.600 ud

T III ACEPTACION DE CAMBIOS PROPUESTOS POR OBRA

	CIVILES	MECANICAS	ELECTRICOS
Comunicaciones de cambio emitidas	228	400	234
Rechazadas por Ingeniería	9	21	1
Porcentaje de rechazo	4 %	5 %	0,4 %

dia) de Tren B, Clase 1E, interconectadas con las anteriores, mediante dos interruptores conectados en serie, desde donde reciben la alimentación en situaciones normales de funcionamiento. Estas Barras, disponen asimismo de un sistema autónomo de alimentación constituido por un Generador Diesel, clase 1E de 2.750 KVA, con capacidad para alimentar todas las cargas de salvaguardia de Tren B.

Descripción de las transferencias

Dada la posibilidad de disponer de varias fuentes alternativas de alimentación se ha desarrollado un sistema automático de transferencia que permite, de una manera ordenada, la conexión-desconexión de las distintas fuentes de alimentación en caso de producirse cualquier tipo de defecto, tanto interno como externo.

El sistema de transferencia actúa en respuesta a pérdidas de tensión en barras de 3 KV, dando las correspondientes órdenes de abrir o cerrar a los interruptores implicados, y reponiendo la alimentación a barras en el menor tiempo posible. Realizado según una lógica secuencial emite las órdenes correspondientes de cierre con una temporización tal que mantiene en «stand-by» todas las fuentes alternativas a la espera de un posible fallo en la alimentación de la etapa anterior. De esta manera se consigue una utilización total y racional de las distintas fuentes de alimentación.

En todos los casos, las últimas fuentes de alimentación para el Tren A la Central Hidroeléctrica de Zorita y para el Tren B la Central Hidroeléctrica de Zorita y el Generador Diesel, permiten asegurar una alimentación ininterrumpida de todos los equipos que lo requieren.

T IV HORAS GASTADAS POR ESPECIALIDADES

	FASE I	FASE II
Obra civil	325.000	100.000
Montaje Mecánico	163.000	210.000
Montaje Eléctrico y de Instrumentación y Control	147.000	245.000
TOTAL	635.000	555.000

T V PORCENTAJE DE HORAS GASTADAS

	FASE I	FASE II
Planificación, almacenes y suministros	3 %	11 %
Ingeniería de detalle en Obra	23 %	34 %
Pruebas y puesta en marcha	2 %	8 %

T VI INDICES DE ACCIDENTABILIDAD

	FASE I	FASE II
Indice de frecuencia general		
$\frac{\text{N.º total de accidentes}}{\text{N.º horas trabajadas}} \times 10^6$	115	110
Indice de frecuencia con baja		
$\frac{\text{N.º total de accid. con baja}}{\text{N.º horas trabajadas}} \times 10^6$	57	17
Indice de gravedad		
$\frac{\text{N.º jornadas perdidas}}{\text{N.º horas trabajadas}} \times 10^3$	1	0,2

DESARROLLO DE LA CONSTRUCCION, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

Las actividades de construcción en el Emplazamiento para la Actualización de la CN José Cabrera han durado tres años (octubre 82, octubre 85).

A mediados de octubre del año 1982 se comenzó la Obra Civil de la Fase I. En el plazo de cinco meses se concluyeron las obras del edificio diesel, edificio del evaporador, ampliación del edificio auxiliar, remodelación de la sala de control y cimentaciones de RWST y tanque de Gas-Oil, además de otras obras civiles (zanjas, bancadas, bastidores, etc.). En febrero de 1983 se iniciaron los Montajes Mecánicos que finalizaron en julio de 1983, salvo los del Edificio del Evaporador que finalizaron en agosto de 1983. Entre enero y julio de 1983 se procedió al Montaje Eléctrico y de Instrumentación y Control. La Tabla I contiene algunas mediciones relativas a esta fase.

Por último, entre los meses de junio y julio de 1983 realizaron las pruebas y puesta en marcha de los equipos y sistemas implantados durante esta fase, lo que permitió que en agosto de 1983 la Central quedase en disposición de arrancar.

A partir de la puesta en marcha de la Central, y hasta la fecha en la que se produce la nueva parada (febrero de 1985), se mantuvieron en el Emplazamiento algunas organizaciones que prepararon con todo detalle lo que sería la Fase

II. Durante este período subsistieron algunas actividades (fundamentalmente trabajos de Obra Civil y Montajes Mecánicos en áreas exteriores) compatibles con el funcionamiento de la Central.

EMPRESARIOS AGRUPADOS colaboró en la contratación de los trabajos de la Fase II a través de los documentos de petición de Oferta y la posterior evaluación de los ofertantes. Los técnicos incorporados en las áreas de Oficina Técnica y de Ingeniería de Detalle en Obra, comprobaron la montabilidad de los diseños de Ingeniería e iniciaron desde Obra los primeros diseños de soportes y de isométricos de conduit y de tubing.

En enero de 1985 se comenzaron los trabajos de la Fase II. Los trabajos de Obra Civil en esta fase, son trabajos auxiliares para los montajes (apertura y cierre de huecos, zanjás, bancadas, etc.) excepto las impermeabilizaciones de las terrazas de los Edificios, deterioradas por el montaje de los equipos de ventilación y conductos y bandejas para cables que se efectuaron durante ambas fases.

Entre febrero y septiembre de 1985 coexistieron montajes mecánicos, eléctricos y de instrumentación y control y en el último período todos ellos con pruebas.

A pesar de las dificultades que representaron los montajes, especialmente el eléctrico que estaba muy interrelacionado con los sistemas y equipos existentes en la Central, se cumplió el programa de objetivos para la Fase II.

La mayor parte del Montaje Mecánico se realizó entre marzo y junio de 1985, a

excepción de la protección contra incendios (PCI) que comenzó en mayo y acabó en agosto. El montaje eléctrico y de instrumentación y control se desarrolló entre enero y agosto de 1985, y se vió muy favorecido por el diseño en Obra que evitó numerosas interferencias. Ver Tabla II.

Durante el transcurso de la Fase II, la Oficina Técnica de Obra emitió comunicaciones de cambio para solucionar las interferencias o cambios de diseño. Las soluciones propuestas por Obra tuvieron un número muy bajo de rechazos por parte de la Ingeniería en las oficinas centrales, como muestra la Tabla III.

En la Tabla IV se pueden apreciar las horas gastadas en las Fases I y II por especialidades, habiéndose tomado como periodos más significativos: para la Fase I, de noviembre de 1982 a julio de 1983 y para la Fase II, desde febrero de 1985 a septiembre de 1985.

Es de hacer notar que las horas de Supervisión de Construcción, Ingeniería de Detalle, Oficina Técnica y Supervisión de Pruebas, porcentualmente respecto del total se multiplicó por dos en la Fase II respecto de la I, lo cual es un índice del esfuerzo que hubo de hacerse en las áreas de Organización y Coordinación.

Como reflejo de la dinámica que se exigió a la Organización para adaptarse a las condiciones que los trabajos demandaban, la Tabla V incluye el porcentaje de horas gastadas, respecto al total, por determinadas secciones en cada una de las Fases.

Si a las horas empleadas en los trabajos de actualización de la Central Nuclear José Cabrera agregamos las realizadas en actividades simultáneas a la actualización, como son las de Explotación, mantenimiento y recarga, el número de horas trabajadas en el período supera los dos millones.

En relación con las actividades de Seguridad e Higiene, y a pesar de que por las características de los trabajos ya expuestas el riesgo de accidentes fue superior al que se produce en trabajos menos condicionados, es de destacar que no se produjo ningún accidente mortal, siendo los índices de accidentabilidad obtenidos los mostrados en la Tabla VI.

CONCLUSION

Tras la realización de las actividades descritas antes, y otras muchas omitidas por brevedad, cabe extraer dos conclusiones: la primera es la aptitud desarrollada para resolver nuevos problemas planteados dentro de un entorno con restricciones de movilidad y plazo con sujeción a una normativa establecida sólo parcialmente. La segunda se refiere a la confianza que proporciona el haber comprobado, en un caso real extensamente analizado, la validez esencial de diseños de hace dos décadas que, vistos desde la perspectiva de la reglamentación actual, son capaces de formar parte eficaz de diseños plenamente aceptables en la actualidad.