

CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE RIO TERCERO - CORDOBA

1977

Introducción

La energía hidráulica y el petróleo constituyen aún las principales fuentes de abastecimiento de energía en la República Argentina.

El aprovechamiento de los recursos hidráulicos se está intensificando: la entrada en servicio de la Central hidráulica de El Chocón - Cerros Colorados en el sur, las obras que se están realizando en Salto Grande (Entre Ríos), Futaleufú, etc. y los estudios de Yacaré - Apipé —por citar los más impor-

tantes— son prueba elocuente de ello. Sin embargo cabe destacar que la explotación de estos recursos tiene una finalidad combinada: la producción de energía eléctrica y la utilización agrícola para riego, control de inundación y provisión de agua potable a centros urbanos.

La crisis energética de estos últimos años ha favorecido el estudio y desarrollo de nuevas fuentes energéticas: la geotérmica, la solar y la nuclear.

La República Argentina es líder en La

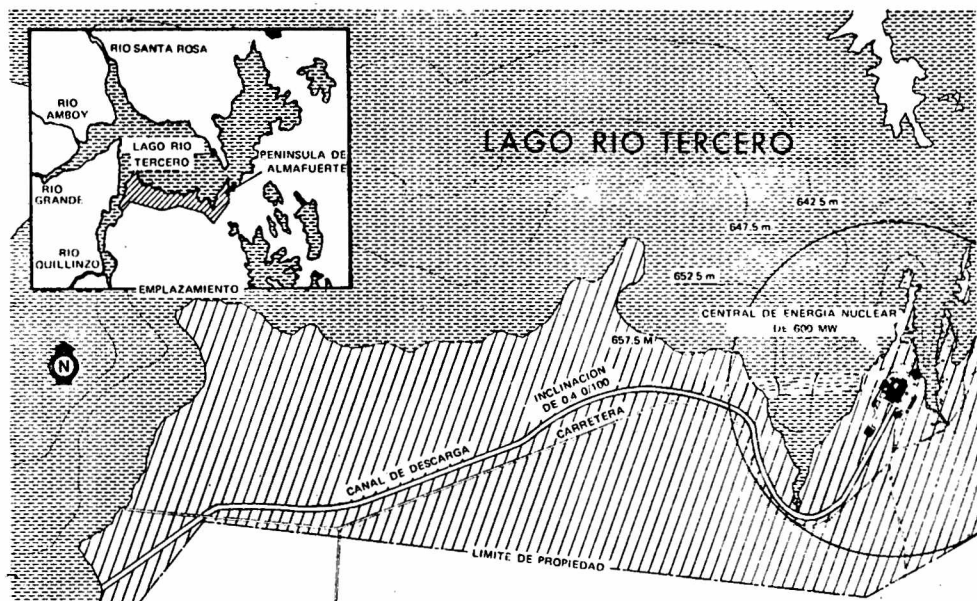
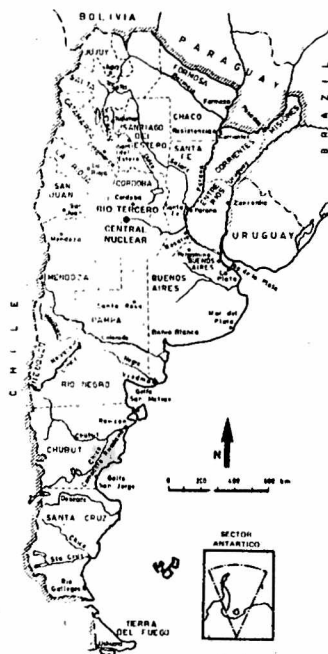


FIGURA 1. PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE LA CENTRAL.



linoamérica en materia de energía nuclear con la puesta en servicio en 1974 de la Central Nuclear en Atucha, con una potencia de proyecto de 300 MW eléctricos, que suministra energía al sistema interconectado Litoral-Gran Buenos Aires. En la actualidad esta potencia ha sido superada con amplitud.

A iniciativa de la Empresa Provincial de Energía de Córdoba, en 1967 la C.N.E.A. * encaró la realización de un estudio de factibilidad para la instalación de una Central Nuclear en la ciudad provincia. Sobre la base de estos estudios y de otros complementarios realizados en conjunto con la Secretaría de Estado de Energía, se llegó a la conclusión de que el sistema eléctrico de la provincia de Córdoba debía ser interconectado con el sistema del Gran Buenos Aires-Litoral y que la central a instalarse tendría que ser de una potencia del orden de los 600 MW.

Nuestro país cuenta con importantes reservas uraníferas que permiten la explotación comercial de las centrales programadas. Los yacimientos más importantes son los de Malargüe (Mendoza), Don Otto (Salta), Cosquín (Córdoba) y Sierra Pintada (Mendoza).

LA CENTRAL

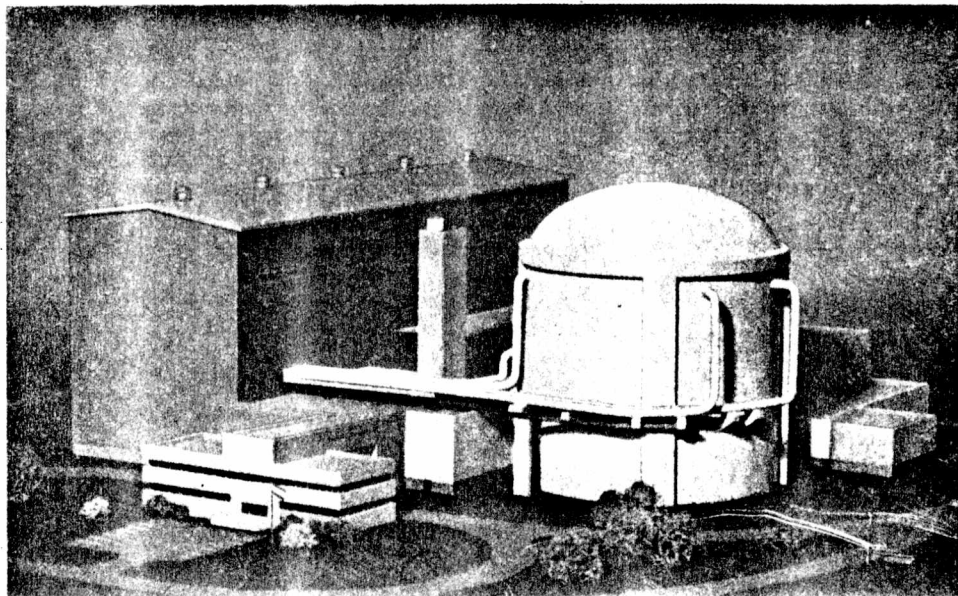
La C.N.E.A. preparó la documentación

* Comisión Nacional de Energía Atómica.

necesaria para el llamado a concurso de ofertas para la construcción de la central. La política aplicada en la confección de las especificaciones fue la de realizar la obra con una máxima participación de la ingeniería e industrias argentinas.

De las ocho ofertas recibidas, correspondientes a seis empresas (Alemania Federal, Canadá, EE. UU., Italia y Japón), las que reflejaron las técnicas más modernas alcanzadas no solamente en la parte nuclear sino también en la convencional, fue seleccionado el Consorcio Atomic Energy of Canada Limited e Italmimpianti Società Italiana Impianti p.a. La Central en Embalse, al igual que la de Atucha, utilizará uranio natural como combustible, decisión que fuera adoptada por el Gobierno Nacional basado en recomendaciones de la C.N.E.A.

La participación nacional en la central será del orden del 50 %, estando constituida por suministros electromecánicos, obras civiles, montaje, ingeniería, fabricación de elementos combustibles, transportes, seguros y servicios diversos. Se ha previsto que aproximadamente un 30 % de los suministros electromecánicos de gran complejidad tecnológica sea de origen local, en tanto que la totalidad de la obra civil está siendo provista por empresas nacionales.



FOTOGRAFIA DE MAQUETA.

SITUACION DE LA CENTRAL

La Central está ubicada a orillas de la costa sur del Embalse del Río Tercero (Provincia de Córdoba), en una pequeña península conocida con el nombre de Península Almafuerde. Dicho embalse, alimentado principalmente por cuatro ríos (el Río Grande, el Quillínz, el Santa Rosa y el Río la Cruz) será el que provea el agua de procesos y de enfriamiento del condensador del turbo-generador.

CARACTERISTICAS DE GENERACION DE LA CENTRAL

La fuente de energía será un reactor tipo CANDU-PHW (Canadá Deuterium Uranium) con elementos combustibles de uranio natural, refrigerado y moderado con agua pesada, el cual cederá 2.103 MW térmicos. El rendimiento térmico de la Central será de aproximadamente un 28,5 % por lo que se generarán unos 644 MW eléctricos, de los cuales 44 consumirá la propia estación, es decir que se suministrará a la red 600 MW (e).

El vapor generado (caudal aproximado 3.120 t/h, presión aproximada 46,2 Kg/cm², temperatura aproximada 258 °C) accionará una turbina que, girando a 1.500 r.p.m., moverá un generador de 3 fases, 50 Hz, de una potencia nominal de 763.530 KVA, 22.000 voltios con

un factor de retraso de potencia de 0,85.

En el cuadro que sigue se dan algunos datos técnicos correspondientes al anteproyecto:

DEFINICIONES DEL ANTEPROYECTO

Generales:

Producción bruta de energía eléctrica: 644 MWe.

Consumo propio de la central: 44 MWe. Producción neta: 600 MWe

Tipo de reactor: Tubos de presión horizontal.

Combustible: UO₂ natural.

Moderador: Agua pesada.

Refrigerante: Agua pesada.

Flujo de refrigerante: 3.09 x 10⁶ l/h.

Temperatura de entrada: 252 °C.

Temperatura de salida: 299 °C.

Total de agua pesada: 490 t.

Turbina:

Revoluciones por minuto: 1.500.

Etapas de alta: 1.

Etapas de baja: 3.

Vapor (presión): 42.2 Kg/cm².

Vapor (temperatura): 252.3 °C.

Generador:

Tensión de salida: 22 KV.

Fases: 3.

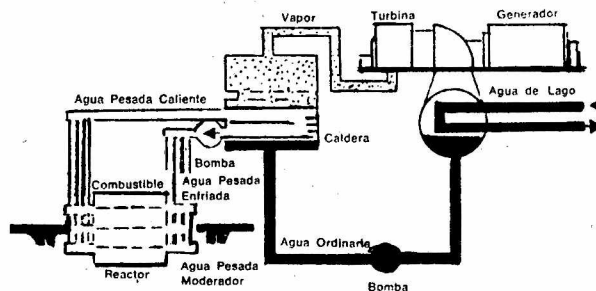


FIGURA 2. - SISTEMA CANDU - PHW.

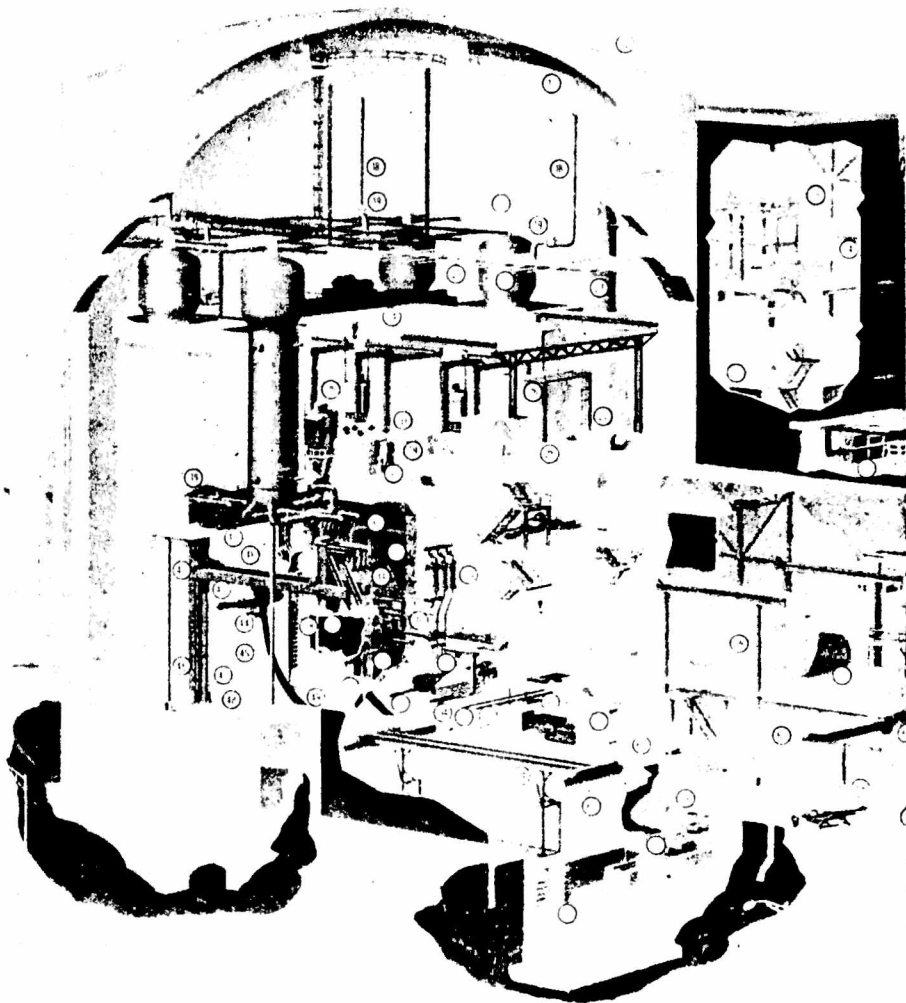
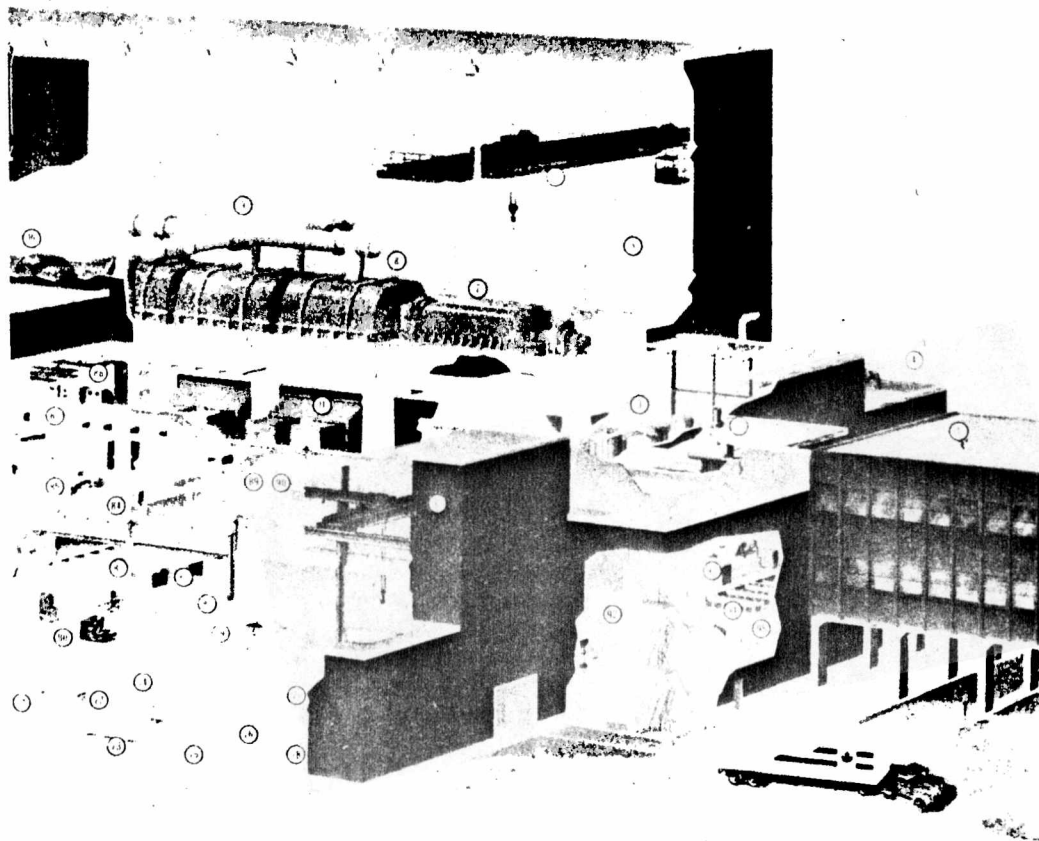


FIGURA 3. - CORTE EN PERSPECTIVA DE LA CENTRAL

- | | | |
|---|---|---|
| 1. EDIFICIO DE ADMINISTRACION | 17. TANQUE PARA AGUA DE ROCIADO | 31. PLATAFORMA DE LOS MECANISMOS DE REACTIVIDAD |
| 2. SALA DE LA CALDERA AUXILIAR | 18. CAROS PARA ROCIADO | 32. TUBOS DE SOPORTE DE LOS MECANISMOS DE REACTIVIDAD |
| 3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA | 19. VALVULAS DE ROCIADO | 33. CALANDRIA |
| 4. SALA DE DIESELS | 20. ROCIADORES | 34. INYECTORES DE VENENO |
| 5. EDIFICIO DE LA TURBINA | 21. TUBOS DE VAPOR | 35. DEPOSITOS DE VENENO |
| 6. PUENTE GRUA DEL EDIFICIO DE LA TURBINA | 22. GENERADORES DE VAPOR | 36. CAMARAS IONICAS |
| 7. ALTERNADOR | 23. PRESURIZADOR | 37. TUBOS DE PRESION |
| 8. CUERPO BAJO PRESION | 24. PUENTE GRUA | 38. CONEXIONES EXTREMAS |
| 9. TUBERIA DE VAPOR BAJO PRESION | 25. BOMBAS PRINCIPALES DEL SISTEMA PRIMARIO | 39. COLECTORES |
| 10. CUERPO ALTA PRESION | 26. CONDENSADOR DEL AGUA DE DESAGOTE | 40. CARERIAS |
| 11. CONDENSADOR | 27. REFRIGERADOR DEL AGUA DE DESAGOTE | 41. PUENTE DE LA MAQUINA DE CARGA |
| 12. SALA DE ACUMULADORES | 28. ABERTURA | 42. COLUMNA DE SOPORTE DEL PUENTE |
| 13. DEPOSITOS DE AGUA DE ALIMENTACION | 29. RECINTO DE LA CALANDRIA | 43. MAQUINA DE CARGA |
| 14. TANQUE DE ALMACENAMIENTO | 30. TUBERIAS DE DESCOMPRESION | |
| 15. DEGASIFICADOR | | |
| 16. EDIFICIO DEL REACTOR | | |



- 44. CATENARIA
- 45. CÁRERIAS EXTREMAS
- 46. COLUMNA DE SOPORTE DEL GENERADOR DE VAPOR
- 47. RECINTO PARA LA MAQUINA DE CARGA
- 48. PUERTA DE BLINDAJE DEL RECINTO DE LA MAQUINA DE CARGA
- 49. ENFRIAMIENTO DE LAS CONEXIONES EXTREMAS
- 50. RIELES PARA LA MAQUINA DE CARGA
- 51. TUBO DE ADMISION DEL MODERADOR
- 52. MECANISMO DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE NUEVO
- 53. COMPUERTA PARA EL COMBUSTIBLE NUEVO
- 54. PUERTA DE SERVICIO PARA LA MAQUINA DE CARGA
- 55. INSTALACION PARA PRUEBA
- 56. COMPUERTA DE COMBUSTIBLE USADO
- 57. ELEVADOR DEL COMBUSTIBLE USADO
- 58. ENTRADA AL AREA DE COMBUSTIBLE USADO
- 59. ESCLUSA DE ENTRADA

- 60. HALL DE GRUAS
- 61. PUENTE GRUA
- 62. ZONA DE EXPEDICION DEL COMBUSTIBLE USADO
- 63. AREA DE MANEJO DEL COMBUSTIBLE USADO
- 64. GRUA PORTICO DE LA PILETA PARA COMBUSTIBLE USADO
- 65. PILETA DE ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE USADO
- 66. CANASTAS DE TRASLADO DEL COMBUSTIBLE USADO
- 67. CARRITO PARA EL COMBUSTIBLE USADO
- 68. ESTANTERIA PARA EL COMBUSTIBLE USADO
- 69. AREA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA DE CARGA
- 70. SALA DE DESCONTAMINACION
- 71. DEPOSITO DE MATERIALES ACTIVOS
- 72. SALA DE MONITRAJE
- 73. SALA DE LAVADO MANUAL
- 74. CABINA DE MONITRAJE

- 75. DEPOSITO
- 76. SALA DE LAVADO
- 77. SALA DE SECADO
- 78. ALMACENAMIENTO DE MATERIAL DE RADIO PROTECCION
- 79. ASCENSOR
- 80. ALMACENAJE DE COMBUSTIBLE NUEVO
- 81. PAÑOL
- 82. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
- 83. TANQUES DE DESECHOS RADIOACTIVOS
- 84. OFICINA
- 85. SALA DE CONTROL
- 86. EQUIPO PARA LA SALA DE CONTROL
- 87. SALA DE COMPUTADORAS
- 88. SALA DE EQUIPAMIENTO
- 89. OFICINAS
- 90. VESTUARIOS
- 91. ZONA DE SERVICIO
- 92. TALLER MECANICO
- 93. TALLER ELECTRICO
- 94. DEPOSITOS
- 95. TALLER DE MANTENIMIENTO GENERAL

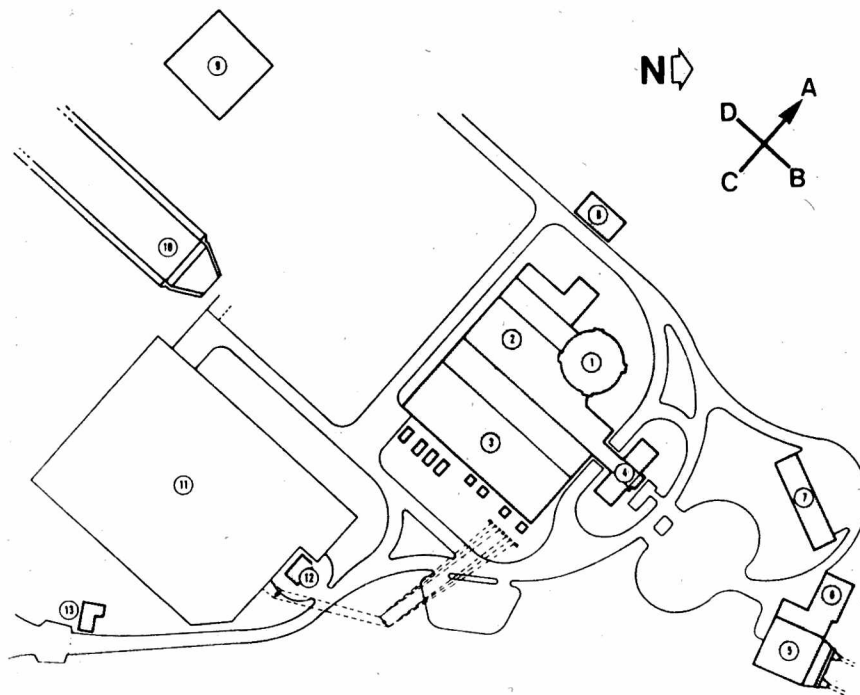


FIGURA 4. PLANTA DE CONJUNTO DE LA CENTRAL.

- | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------|
| 1. EDIFICIO DEL REACTOR | 6. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA | 10. CANAL DE DESCARGA |
| 2. EDIFICIO DE SERVICIOS | 7. GARAJE | 11. PLAYA DE MANIOBRA |
| 3. EDIFICIO DE LA TURBINA | 8. GENERADOR DE RESERVA | 12. ESTACION DE CONTROL |
| 4. EDIFICIO DE ADMINISTRACION | 9. ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO | 13. ENTRADA PRINCIPAL |
| 5. CASA DE BOMBAS | | |

Frecuencia: 50 H.
Factor de potencia: 0.85.
Eficiencia: 98,69 %.

Condensadores:

Presión: 0,052 Kg/cm².
Temperatura: 33,2 °C.
Temperatura entrada refrig.: 18 °C.
Temperatura salida refrig.: 25 °C.
Flujo de refrigerante: 164.000 m³/h.
Cantidad de bombas: 3.

EDIFICIOS - USOS - DISTRIBUCION

A los efectos de la adecuación del sitio obtenido y dada su particular topografía fue necesario realizar un movimiento de suelos de aproximadamente 650.000 m³ que comprendió desmonte y terraplenamiento del área.

Se efectuaron distintas obras de apoyos tales, como, tendido de la línea de alimentación eléctrica al obrador de 66.000 V, obra que ejecutó la Empresa Provincial de Energía de Córdoba. Además, como complemento del obrador, se habilitaron la enfermería y portería

provisorias, se construyó un campamento obrero compuesto de ocho pabellones con capacidad para 1.000 operarios, 2 comedores para obreros, uno para capataces y empleados y 32 viviendas para personal casado. El obrador propiamente dicho está constituido por edificios para oficinas de C.N.E.A., contratistas y depósitos varios, talleres de mantenimiento de equipos, de carpintería, herrería y de doblado de fierros, báscula de pesaje y tres plantas hormigoneras. Estas obras exigieron tendidos de redes de servicios tales como energía eléctrica, agua potable y de incendio, desagües cloacales, plantas de potabilización de agua y de purificación de líquidos cloacales, red telefónica interna, etc.

La Central, cuya construcción demandará 77 meses de labor, (fecha entrada en vigencia contrato: 11/4/74) presentará una superficie cubierta de alrededor de 40.000 m², que requerirán aproximadamente unos 150.000 m³ de hor-

migón y movimientos de tierra del orden del millón y medio de m³. De estos últimos ya se han realizado algo más de la mitad, correspondiendo el resto al movimiento de suelos para la determinación del canal de descarga. La superficie total del terreno de la obra es de unas 250 hectáreas incluido dicho canal.

Como trabajos complementarios se prevé la unión de la ruta N° 36 con el acceso a la central, la adecuación de puentes y rutas para posibilitar el traslado terrestre de cargas desde los puertos del Litoral, la instalación de líneas telefónicas externas y de télex y la construcción de un barrio para vivienda del personal de operación de la Central.

La figura 4 muestra la distribución de edificios de la Central: el edificio del reactor (1), anexo al cual se observa el edificio de servicios (2) y el edificio de turbina (3). Próximo a éste se encuentra el edificio de administración (4). La casa de bombas y el edificio pa-

ra tratamiento de agua se señalan con (5) y (6). Con (7) se indica una construcción que se utilizará para garaje. En el edificio (8) se instalará un equipo diesel de emergencia. El sector (9) se utilizará como depósito de residuos activos. Con (10) se señala la traza del canal de descarga. Con (11) y (12) se indican la playa de maniobras y la sala de comando respectivamente.

Finalmente con (13) se indica la ubicación de la portería.

EDIFICIO DEL REACTOR

El edificio del reactor alberga el reactor nuclear, los sistemas de manipulación del combustible, el sistema de termotransmisión primaria —incluyendo generadores de vapor— y el sistema moderador, al igual que los sistemas auxiliares y de seguridad conexos. Consta este edificio de una estructura de contención y de estructuras internas.

Estructura de contención

Se encuentra prevista esta estructura con la finalidad de limitar la posible emanación de productos de fisión hacia el ambiente circundante, en caso de cualquier accidente del reactor o de los sistemas asociados. Al mismo tiempo, esta estructura proporciona una coraza protectora operativa alrededor del edificio del reactor.

La estructura de contención es un edificio de hormigón postensado, de forma cilíndrica, que se levanta sobre un cimientado de base plana y que remata en un techo abovedado. Las dimensiones principales de este edificio son las siguientes:

Diámetro interior	41,5 m
Espesor del muro (mínimo)	1,10 m
Altura de la parte cilíndrica	45,7 m
Altura de la cúpula hasta el coronamiento	5,66 m
Espesor del coronamiento	0,60 m
Espesor de la base	2,00 m

El hormigonado de la pared perimetral del edificio del reactor demandó 19 días de labor continua, trabajándose las 24 horas del día en turnos rotativos.

La estructura de contención ha sido diseñada para una situación accidental de una presión interna de 1,27 Kg/cm²; y, excepción hecha del soporte de la losa de base, está estructuralmente separada de los sistemas estructurales interiores, situación que proporciona flexibilidad a la construcción general de los edificios y produce una independencia estructural entre el muro de contención y las otras estructuras. Para las uniones de este muro se ha previsto una solución tal que reduzca al mínimo las posibilidades de filtración.

Bajo la cúpula exterior se ha dispuesto una segunda cúpula que, conjuntamente con la muralla exterior, constituye un depósito que puede permitir el almace-

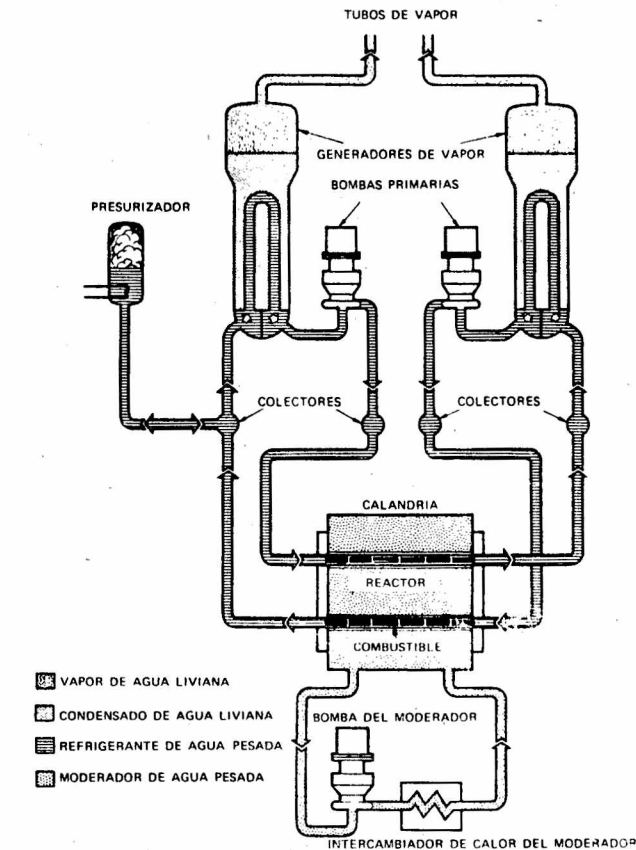


FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO DEL REACTOR CANDU.

namiento de agua para el lavado de emergencia del recinto de contención y para enfriamiento de emergencia del núcleo.

Un sistema de recubrimiento plástico va aplicado a las superficies interiores del cilindro, de la cúpula y de la losa de base con el objeto de reducir la filtración a través del hormigón.

Todas las penetraciones de la estructura de la contención están provistas de revestimientos de acero diseñados para evitar la filtración. Las cañerías y tubos que pasan a través de las penetraciones son consideradas como extensiones de la contención y están diseñadas como tales.

El acceso operacional hacia el edificio del reactor se hace por medio de esclusas a presión de aire previstas de modo que la integridad del sistema de

contención sea mantenida en forma permanente. Se han dispuesto dos esclusas de aire: la de los equipos, ubicada en el costado del edificio adyacente al edificio de servicio, y la esclusa de salida de emergencia, ubicada en el costado opuesto del edificio.

Las dimensiones de la esclusa de aire de los equipos permiten el paso de todo equipo dentro del edificio, con excepción del tanque de compresión del sistema de termotransmisión primaria y los generadores de vapor, los cuales requieren disposiciones especiales para su traslado. Dentro de cada puerta del equipo hay una puerta más pequeña para acceso del personal durante el funcionamiento.

La esclusa de aire de la salida de emergencia ha sido diseñada fundamentalmente para servir de salida de emer-

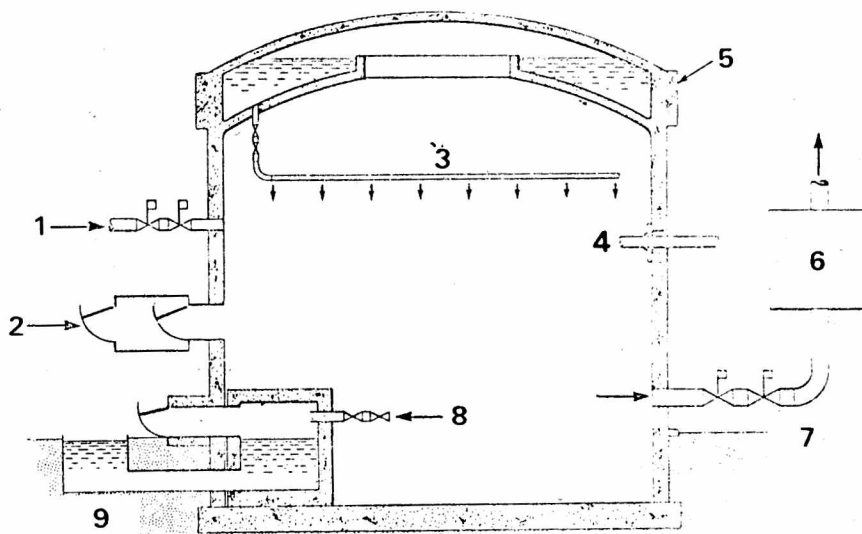


FIGURA 6. SISTEMA DE CONTENCIÓN.

1. SUMINISTRO DE AIRE DE VENTILACION
2. ESCLUSA DE AIRE DE ACCESO AL EDIFICIO
3. SISTEMA DE ROCIADO

4. PENETRACION DE SERVICIO (TÍPICA)
5. ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN
6. SISTEMA DE DESCARGA DE AIRE FILTRADO

7. ESCAPE DEL AIRE DE VENTILACION
8. COMBUSTIBLE GASTADO
9. SISTEMA DE DESCARGA DE COMBUSTIBLE GASTADO

gencia del personal del edificio del reactor.

Todas las puertas de la esclusa están provistas de dobles dispositivos de estanqueidad para proporcionar un elevado grado de seguridad. Se abren hacia afuera del edificio del reactor y funcionan neumáticamente en secuencia interconectada. Se dispone así de lo necesario para iniciar, por medio de un conmutador de botón, la compensación de la presión, la desobturación, el despernado y la abertura, seguidos por un cierre automático, empernado y obturación hermética, seguidos por el reajuste de válvula de obturación. Esta secuencia, que puede realizarse en forma manual en caso de falla de aire o de corriente eléctrica, está intercomunicada desde cada terminal con las esclusas de aire.

Estructuras internas del edificio del reactor

La estructura interna consta de una estructura de hormigón armado independiente de la estructura de contención, excepto el apoyo sobre la losa de cimentación. La estructura interna sostiene el equipo nuclear y proporciona protección contra la radiación entre determinadas áreas.

El edificio del reactor se encuentra dividido en dos áreas:

a) La denominada "inaccesible" por estar normalmente cerrada durante el funcionamiento de la central, pero a la que se puede acceder cuando se ha parado la central. Esta área comprende la sala del generador de vapor, las bóvedas de la máquina de recambio de combustible y las áreas del equipo moderador.

b) La denominada "accesible" y que comprende las restantes áreas del edificio del reactor, donde se puede trabajar durante el funcionamiento normal de la central.

Equipamiento del edificio del reactor

En la figura 6 puede observarse el reactor, la máquina de recambio del combustible, las bombas de circulación del sistema primario, los generadores de vapor, el sistema de agua de rociado, el sistema de combustible nuevo y el sistema de manipuleo de combustible gastado.

En la figura siguiente 7 se muestra el reactor en forma separada. Este está constituido por la "calandria" contenida en una estructura de hormigón revestida de acero que se llena con agua liviana para suministrar blindaje y mantener la cubierta de la calandria a una temperatura constante.

La calandria consiste en un recipiente

cilíndrico horizontal de 7.6 m de largo por 5.94 m de diámetro, constituido por una sola pared de acero inoxidable austenítico. La función principal es contener el moderador de agua pesada y el reflector y proveer el soporte adecuado a los distintos componentes interiores de las unidades de control de reactividad. En ambos extremos la carcasa de la calandria va soldada a dos placas circulares. El espacio entre ambas placas se rellena con bolillas de acero que proveen de blindaje para permitir el acceso durante las paradas.

La calandria es cruzada horizontalmente por un total de 380 tubos que forman una disposición de red circular. Estos tubos se fabrican con una aleación de zirconio conocida comercialmente como zircaloy. En forma concéntrica a estos tubos se ubican otros, los tubos de presión, que conforman los canales de combustible. Entre ambos tubos se insertan separadores toroidales y se hace circular una corriente de anhídrido carbónico como aislante y detector de fallas. El espacio comprendido entre la carcasa y los tubos de la calandria se llena con agua pesada, utilizado como medio moderador.

Por los canales de combustible se introduce en un sentido el uranio, haciéndose circular en el otro sentido el agua pesada refrigerante.

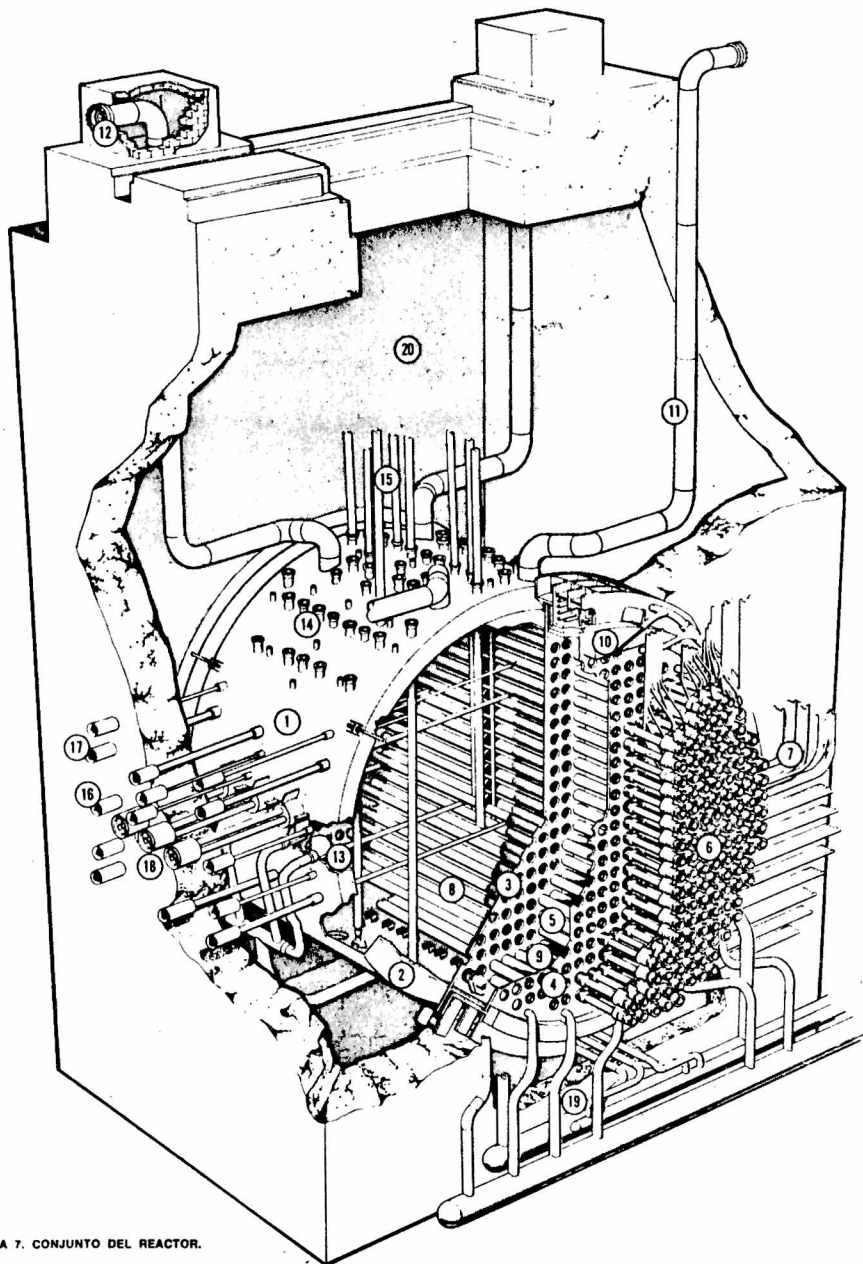
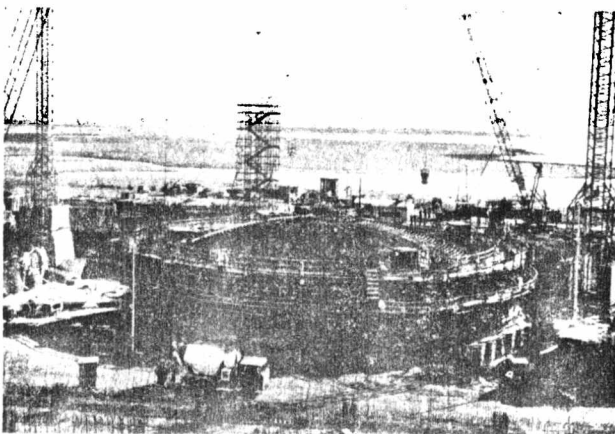
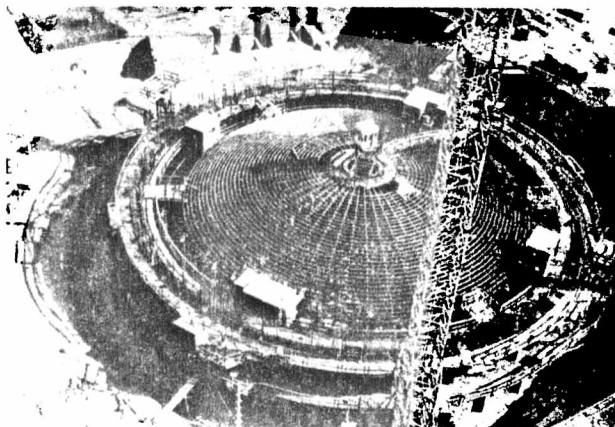
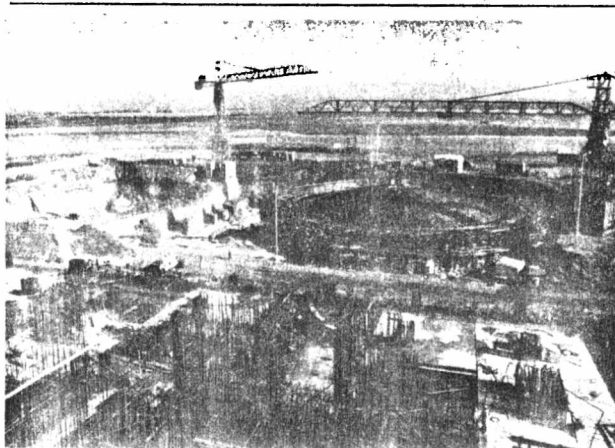


FIGURA 7. CONJUNTO DEL REACTOR.

- | | | |
|--|---|---|
| 1. CALANDRIA | 10. CONEXIONES EXTREMAS | 19. DERRAME DEL MODERADOR |
| 2. CARCASA DE LA CALANDRIA | 11. CAROS DE ALIMENTACION | 20. CARERIAS DE ALIVIO DE PRESION |
| 3. TUBOS DE CALANDRIA | 12. SALIDA DEL MODERADOR | 21. DISCOS DE RUPTURA |
| 4. ANILLO DE ANCLAJE | 13. ENTRADA DEL MODERADOR | 22. BOQUILLAS DE LAS BARRAS DE CONTROL DE REACTIVIDAD |
| 5. PLACA TUBO LADO MAQUINA DE RECAMBIO | 14. INYECCION DE VENENOS Y MONITOR DE FLUJO | 23. PUERTA VISORA |
| 6. CONJUNTO DE TUBOS DE LOS BLINDAJES EXTREMOS | 15. CAMARA IONICA | 24. BARRA DE PARADA |
| 7. CARERIAS DE REFRIGERACION DE LOS BLINDAJES EXTREMOS | 16. ELEMENTO DE RESTRICCION CONTRA TERREMOTOS | 25. BARRA AJUSTADORA |
| 8. COLADOR | 17. PARED DEL RECINTO | 26. BARRA DE CONTROL ABSORBEDORA |
| 9. BOLILLAS DE ACERO DE BLINDAJE | 18. CARERIAS DE REFRIGERACION DEL RECINTO | 27. BARRA DE CONTROL ZONAL |
| | | 28. MONITOR DE FLUJO VERTICAL |



Hay otros tubos que cruzan horizontalmente la calandria que son los tubos guía para los detectores de flujo y tubos de boquillas del sistema de rada por inyección de venenos liqui

Otro conjunto de tubos cruzan la calandria verticalmente: son los conjuntos control de zona y los tubos de guía para los absorbedores de parada, ajustadores, absorbedores de control y detectores de flujo.

Combustible

El combustible que utiliza el reactor es uranio natural. El uranio natural se encuentra presente en forma de pastillas cilíndricas y compactas y sinterizadas de dióxido de uranio. Veintinueve de estas pastillas se envainan herméticamente en tubos de zircaloy para conformar un elemento combustible. Treinta y siete de estos elementos se soldan a dos placas terminales para formar un manjón cilíndrico, de un diámetro de 10 cm por 50 cm de longitud. Cada uno de estos manojos contiene 18.51 Kg de uranio y tiene una permanencia promedio de un año dentro del núcleo.

Cada canal combustible contiene 12 de estos manojos. A su vez todo el núcleo almacena 4.360 manojos combustibles con un contenido total de 84 de uranio.

Sistema de transporte de calor primario

El sistema de transporte de calor primario incluye esencialmente las bombas de circulación, los colectores, tubos de entrada y salida de cada canal combustible, el flanco principal de los generadores de vapor y un presurizador. Este sistema hace circular agua pesada a presión a través de los canales de combustible para eliminar el calor producido durante la fisión nuclear. En el colector de salida del reactor el agua pesada se encuentra a una presión de 102 Kg/cm² y una temperatura de 310°C, circulando a una velocidad de 9 m/seg. El refrigerante cede su calor al agua liviana en los generadores de vapor, que a menor presión y temperatura hierve hasta producir el vapor que mueve el generador de turbina.

EDIFICIO DE SERVICIOS

Se divide en dos áreas principales: nave auxiliar del reactor y el ala de se

FOTO 1. EN PRIMER PLANO, BASE DEL EDIFICIO DE TURBINA Y A LA IZQUIERDA, EXCAVACION PARA EL EDIFICIO DE SERVICIOS. AL FONDO, VISTA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE PARA EL HORMIGONADO DE LA PARED PERIMETRAL DEL REACTOR (ABRIL DE 1976).

FOTOS 2 Y 3. TAREAS DE HORMIGONADO DE LA PARED PERIMETRAL DEL EDIFICIO DEL REACTOR POR MEDIO DE ENCOFRADO DESLIZANTE (JUNIO DE 1976).

vicio. La nave auxiliar del reactor contiene los equipos asociados directamente con la operación del reactor y que se pueden colocar convenientemente fuera del mismo. El ala de servicio alberga el material de naturaleza general que facilita sus servicios a la planta en su conjunto.

Este edificio está provisto de grandes puertas para permitir el paso de suministros y equipos directamente al y desde el exterior. Su estructura resistente es de hormigón armado y contiene la zona de piletas para almacenamiento del combustible usado, el área de mantenimiento y de contaminación, la sala de comando de la Central, el sistema de manipuleo del depósito de elementos combustibles nuevos y usados, el acceso a la zona controlada y al interior de la estructura de contención (exclusa de comunicación con el edificio del reactor) y los tanques de almacenamiento y desgasificación del agua de los generadores.

Las instalaciones dentro del edificio de servicio han sido proyectadas en base a la seguridad y eficacia en la operación de la central, en función de las circulaciones, zonas de irradiación, encaminamiento de servicios, manejo de materiales y consideraciones estructurales.

RECINTO PARA EL COMBUSTIBLE NUCLEAR AGOTADO

Se encuentran situados estos recintos cerca del edificio del reactor a fin de reducir al mínimo la distancia de transporte del combustible agotado. El complejo del recinto para el combustible agotado está dividido en tres áreas separadas de este modo:

1. Nave para la carga de recipientes y transferencia de combustible.
2. Nave para el almacenamiento principal.
3. Nave para el combustible defectuoso (inspección y almacenamiento).

Estas áreas se hallan completamente separadas, con puertas herméticas y muros divisorios que posibilitan la separación atmosférica.

El área de almacenamiento tiene suficiente capacidad como para acumular durante 10 años el combustible usado y para almacenar en forma transitoria el combustible para un núcleo completo del reactor.

La nave de carga de recipientes y para transferencia de combustible y la nave para el combustible defectuoso se encuentran situadas en el extremo sur de la nave principal de almacenamiento. El combustible usado se recibe en la nave de transferencia del combustible a través del túnel por donde se conduce el material agotado. En este sector cualquier combustible defectuoso cargado en el edificio del reactor, se transfiere

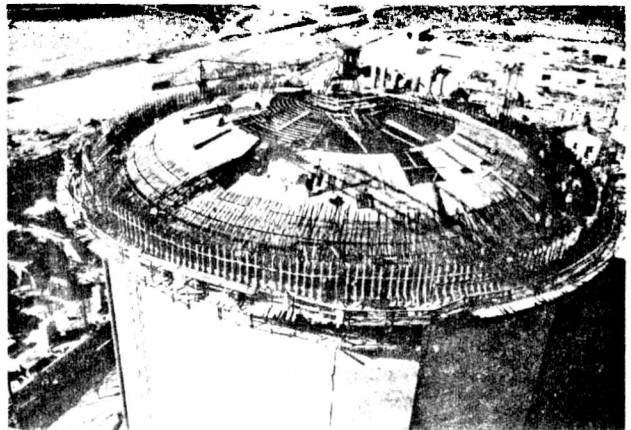
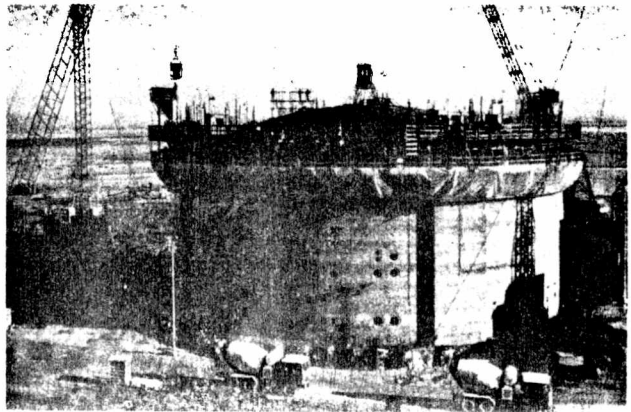
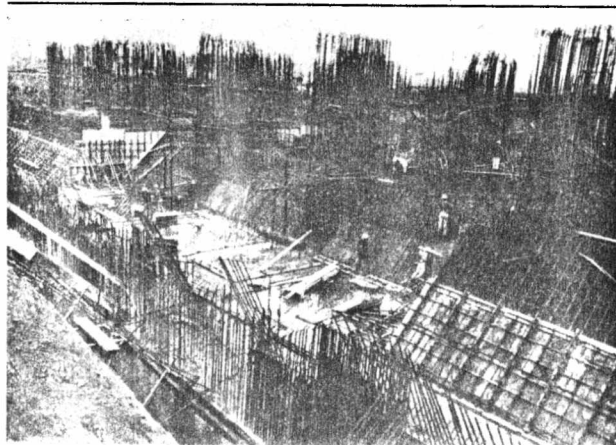


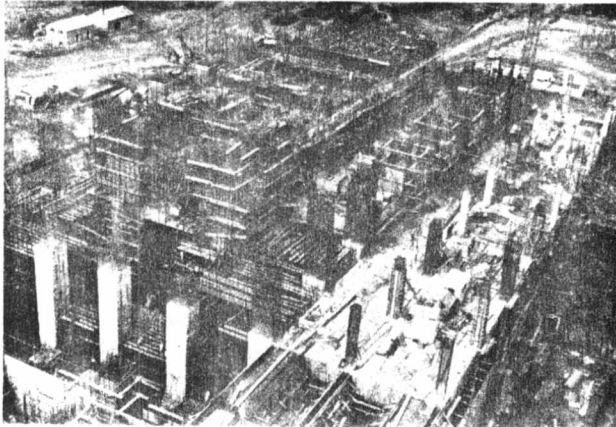
FOTO 4. HORMIGONADO DE LA PARED PERIMETRAL DEL EDIFICIO DEL REACTOR (JUNIO DE 1976).

FOTO 5. TRABAJOS DE PREPARACION DE ENCOFRADO Y DE COLOCACION DE ARMADURAS PARA EJECUCION DE DOMO INFERIOR.

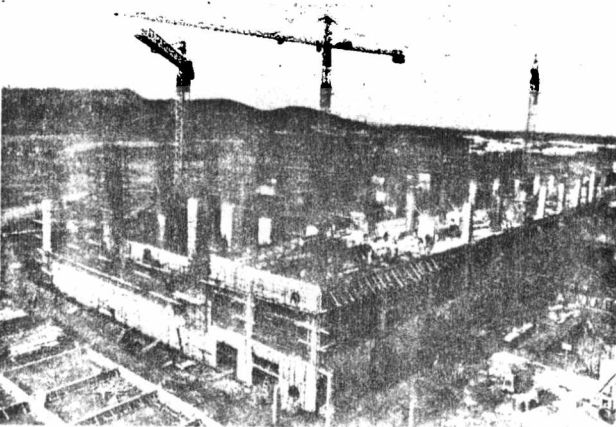
FOTO 6. ESTADO DEL EDIFICIO DEL REACTOR AL 11 DE JULIO DE 1976. EL SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOPTADO POSIBILITO EL HORMIGONADO DE LA PARED PERIMETRAL DE DICHO EDIFICIO EN EL LAPSO DE 19 DIAS.



7.



8.



9.

a la nave correspondiente. Todo otro combustible se transfiere a la nave principal para almacenamiento.

EDIFICIO DE TURBINA

Es una imponente nave con una planta rectangular de 110 m x 56 m, elevada 41 m sobre el nivel del terreno. Su fundación y estructura son de hormigón armado, previéndose cerramientos metálicos tipo "pared cortina". Este edificio contendrá además del turbogruppo, todos los equipos auxiliares y estará dotado de un puente grúa de 300 toneladas de capacidad que se utilizará para el montaje y mantenimiento de la instalación.

El vapor se suministrará desde el edificio del reactor al turbogenerador por medio de cuatro tuberías. En éstas se halla instalado un total de 16 válvulas de seguridad y cuatro válvulas de descarga de vapor atmosférico. Las tuberías entran en el edificio de turbina junto al cilindro de turbina de alta presión.

La turbina es una unidad compuesta en tándem, directamente conectada al generador. Consiste en un cilindro de doble flujo a alta presión seguido de separadores exteriores de humedad, recalentadores de vapor vivo y tres cilindros de doble flujo a baja presión. La unidad es una máquina de eje único, con una velocidad de 1.500 rpm y una producción bruta de 648 MW. Los consumos de vapor son: 3.120 t/h al cilindro de alta presión y 246 t/h al recalentador de vapor.

El generador de 3 fases de 50 Hz tiene una potencia nominal de 763.530 KVA y 22.000 voltios. El bobinado del estator está realizado con conductores huecos de cobre por los cuales circula agua de refrigeración a baja presión. El rotor se enfría por una corriente de hidrógeno.

El arranque del turbogruppo hasta su sincronización se efectúa desde la sala de control. Los instrumentos de la turbina visan condiciones tales como la vibración de rodamientos y excentricidad, permitiendo así al operador efectuar las correcciones necesarias si se excediesen los límites permisibles.

El sistema de agua de circulación del condensador está compuesto por 3 bombas del tipo vertical de 5.440 HP para un caudal total de 45.5 m³/seg y toman el agua del lago a través de 2 conductos de 3.100 m de diámetro nominal y la descargan al canal por dos conductos de 2.800 m de diámetro nominal.

FOTO 7. EDIFICIO DE TURBINA. ARMADURA PARA CABALLETE DE APOYO DEL TURBOGENERADOR.

FOTOS 8 Y 9. ESTADO DEL EDIFICIO DE TURBINAS EN MAYO DE 1977.

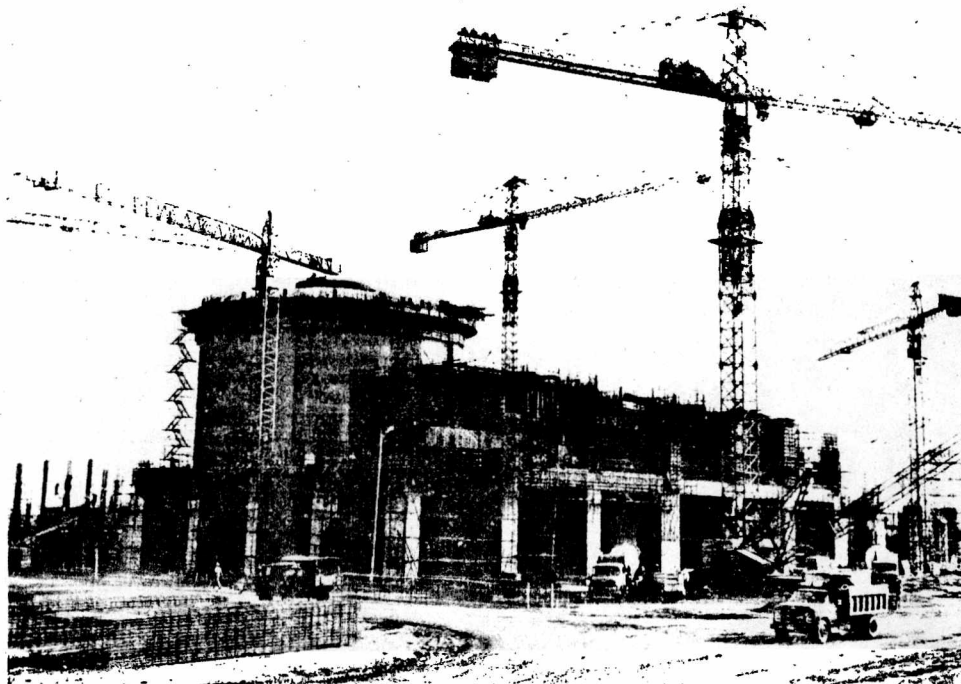


FOTO 10. VISTA DE LOS EDIFICIOS DEL REACTOR Y DE TURBINA. A LA IZQUIERDA SE APRECIAN LAS COLUMNAS DEL EDIFICIO DE SERVICIOS.

OBRAS PARA EL SISTEMA DE AGUAS DE REFRIGERACION

Estas obras consisten en:

- a) Bocas de captación
- b) Cañerías hasta la casa de bombas
- c) Casa de bombas
- d) Cañerías hasta el condensador
- e) Cañerías de salida
- f) Canal de descarga
- g) Obras de descarga.

El agua para refrigeración del condensador de la turbina será captada y conducida a la casa de bombas por dos conductos de hormigón armado de 3,1 m de diámetro, en la cual estarán alojadas las unidades de bombeo y filtrado, pasando de allí el agua a los sistemas de distribución y alimentación.

Las cañerías de salida provenientes de los condensadores descargarán el agua de refrigeración en un canal de descarga que tendrá un ancho de fondo de 34 m y uno superior de 44 m con una altura de 2,5 m. Su longitud será de aproximadamente 6 Km, la pendiente 0,4

0/00, el tirante 1,88 m y el caudal 50 m³/seg.

Las paredes y fondo del canal serán impermeabilizados.

Las obras de descarga de las aguas del canal consistirán en un muro almenado que deberá mantener constante la velocidad de agua en el último tramo del canal para evitar su destrucción por erosión, una pileta de disipación de energía y una rampa final por la cual el agua regresará al lago.

AREA DE CONFINAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS ACTIVOS

Es un área de aproximadamente 50 x 50 m, cercada, que dispone de espacio suficiente para la construcción de la cantidad necesaria de fosos y trincheras a fin de contener todos los desperdicios sólidos durante la vida útil de la central. Los fosos para desperdicios se construirán en hormigón armado y serán recubiertos interiormente con chapas de acero.

EDIFICIO PARA GENERADORES DIESEL Y CALDERA DE EMERGENCIA

Este edificio será realizado con estructura resistente, paredes exteriores y muros divisorios de hormigón armado.

El "sector diesel" estará compuesto por tres locales, en dos de los cuales se instalarán los generadores, dejándose el central como depósito. Cada uno de estos tres locales contará con un norriuel con capacidad de elevación de 20 toneladas.

El "sector caldera de emergencia" consiste en un cobertizo con una sola pared en correspondencia con el sector diesel y será construido en hormigón armado.

EDIFICIO DE ADMINISTRACION

Con estructura en hormigón armado, el cerramiento exterior de este edificio será del tipo muro cortina, estando realizado mediante paneles de doble pared para disminuir al máximo las car-

gas térmicas del sistema de aire acondicionado.

Interiormente tendrá tabiques modulares divisorios desmontables formados por estructuras de aluminio, zonas vidriadas y ciegas.

PABELLON PORTERIA

El pabellón para portería incluirá la entrada principal a la Central. Su estructura resistente será de hormigón armado y los muros perimetrales, de ladrillo a la vista con junta tomada.

GARAJE

Este edificio estará destinado a guardar, mantener y abastecer vehículos en uso para la Central en operación.

EDIFICIO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Contará con un local que albergará las instalaciones para el tratamiento del agua y de un cobertizo para alojar los tanques de soda y ácido y las correspondientes pilas de seguridad capaces de albergar el contenido de éstos en caso de emergencia.

SISTEMAS ELECTRICOS

La energía eléctrica es producida por una unidad generadora de 763 MVA, de los cuales 600 MW son entregados a la red auxiliar (línea de arranque) de transformadores monofásicos (uno de reserva) en conexión trifásica, siendo el resto empleado para el consumo propio de la Central.

La energía para el consumo propio es tomada desde las barras del generador por medio de dos transformadores de 22/6,6 KV y 33 MVA, los cuales alimentan los grandes motores de la planta. En caso de falta de energía en los bornes del generador, los servicios de consumo propio pueden alimentarse desde una red auxiliar (línea de arranque) de 132 KV.

Los sistemas de consumo propio se dividen en sistemas auxiliares afectados al funcionamiento normal de la planta, sistemas esenciales para la parada segura de la planta, instrumentación y control.

Los primeros son fundamentalmente los grandes motores de los servicios de turbina y reactor, los cuales se alimentan por medio de las barras principales de 6,6 KV totalmente redundantes. En caso de salida de servicio de alguna de estas dos barras, la central puede seguir funcionando a aproximadamente el 60 % de su potencia.

Las cargas esenciales para la parada segura de la planta son principalmente motores de circuitos encargados de la eliminación del calor residual del reac-

tor. Estos sistemas normalmente se alimentan de las barras principales antes mencionadas, pero en caso de falta de energía la carga es asumida por cuatro generadores diesel, los cuales en el término de dos minutos toman la totalidad de la carga de su sistema. De los cuatro generadores diesel dos resultan suficientes para asumir la carga, actuando los dos restantes como reserva. Se trata de dos barras de 6,6 KV 100 % redundantes y dos de 380 V con redundancia del 100 % por mitades de barra y doble alimentación cada mitad.

Cabe mencionar a continuación los sistemas ininterrumpidos que deben mantener su disponibilidad en todo momento, inclusive cuando fallan los anteriores. De estos sistemas se alimenta toda la instrumentación, la cual brinda la información completa del estado de la planta y los sistemas de control que ordenan las acciones de operación. También se conectan a estos sistemas algunas cargas motorizadas de los sistemas esenciales.

Los sistemas ininterrumpibles se alimentan a través de las barras alimentadas por las diesel o por medio de baterías a través de inversores en caso de falta de energía en dichas barras.

El consumo total de la planta es de aproximadamente 59 MW.

ESTADO DE LA OBRA (al 27/4/77)

OBRA CIVIL

Movimiento de tierra

Se han movido 646.781 m³ de suelo discriminados en:

excavaciones: 340.124 m³
terraplenes: 306.781 m³

Obrador y Campamento Obrero

Terminadas la totalidad de las instalaciones.

Edificio de Turbina y Nave Auxiliar

Para el edificio se prevé la utilización de un total de 41.000 m³ de hormigón armado. A la fecha se han colado aproximadamente 28.536 m³ utilizando 4.358 t de acero para armaduras. De la cantidad anterior, 12.688 m³ de hormigón y 1.995 t de acero se usaron en la base de fundación del edificio.

Edificio del Reactor

Se estima que se colarán en total unos 24.360 m³ de hormigón incluyendo la base de fundación, estructura de contención y estructuras interiores.

A la fecha se han colado 14.577 m³ de hormigón utilizando 1.408 t de acero para armaduras. Las cantidades anteriores incluyen los 6.834 m³ de hormigón y 765 t de acero que se utilizaron en la pared perimetral de contención.

Edificio de Servicios

Para el edificio se prevé 11.450 m³ de hormigón armado. A la fecha se han colado 1.778 m³ de hormigón utilizando 68 toneladas de acero para armaduras.

Canal de Descarga

Siendo el total a excavar de 600.000 m³ a la fecha se registran 250.000 m³ ya excavados.

Edificio de Administración

Ha comenzado la ejecución de bases de fundación.

Otros trabajos

—Se han realizado sondeos en correspondencia con las tuberías de toma y casa de bombas para estudio de suelos.

—Se ha construido un dique de cierre para la construcción de la casa de bombas y se han comenzado las excavaciones para su fundación.

—Se han colocado a la fecha 6.503 m lineales de cercos (aproximadamente un 25 % del total).

Como resumen de la obra civil podemos decir que se ha realizado hasta la fecha aproximadamente el 40 % de la misma

COMPONENTES ELECTROMECHANICOS

Los distintos componentes que integrarán los sistemas de la Central están en etapa de fabricación. Los principales son:

En Canadá:

Conjunto de calandria, tubos de presión, máquina de recambio de combustible, elementos combustibles, generadores de vapor, bombas de circulación del sistema primario, intercambiadores de calor del moderador.

En Italia:

Turbina y alternador, bombas para agua de refrigeración de condensadores, bombas para agua de servicios, transformadores principales.

En Argentina:

Bombas del moderador, bombas de eliminación del calor residual, puentes-quina de 70 y de 380 t, plataforma de mecanismos de reactividad, planta de tratamiento de agua, tuberías para la obra de toma, etc.

Además la industria nacional ha provisto todos los materiales para las obras civiles, incluyendo los elementos metálicos empotrados para los distintos edificios.