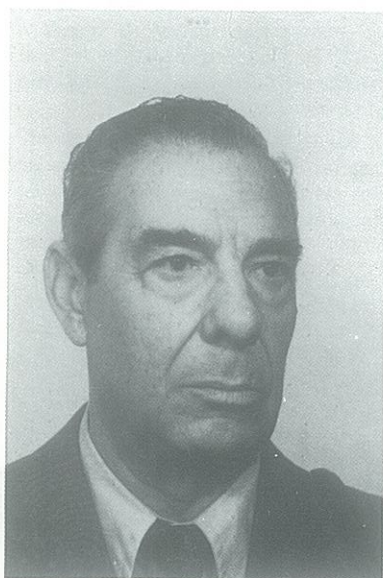


ENSAYOS REALIZADOS EN EL EDIFICIO DE CONTENCION DEL GRUPO I DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ASCO

Alberto VIVES ESCUDER

El conjunto del trabajo realizado por Alberto Vives expone, en forma resumida, los dos Ensayos realizados en el Edificio de Contención del Grupo I de la C. N. Ascó, fundamentales para la puesta en marcha y funcionamiento de la Central. En este número publicamos la parte que hace referencia al primero de los dos ensayos y completaremos su edición íntegra en un próximo número



Alberto VIVES ESCUDER, Ingeniero Civil. Hasta 1974 fue Profesor de Construcción en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile y Director del Centro de la Vivienda y Construcción de la Universidad de Chile.

Actualmente es Ingeniero del Grupo Civil de la Dirección de Obra de la Central Nuclear de Ascó. Coordinador del Sistema Postensado, de la Prueba de Integridad Estructural, y del Programa de Vigilancia del Sistema Postensado del Edificio de Contención.

FUNCION DE EDIFICIO

El edificio de contención alberga en su interior el Reactor Nuclear y sus componentes adyacentes, tres generadores de vapor, el presurizador, la bomba principal del circuito primario de refrigeración, todo el sistema de tuberías a alta presión, piscina de carga de combustible y gran cantidad de equipo auxiliar (figura 1).

La función más importante del edificio es la protección biológica, en caso de un hipotético accidente nuclear, y evitar la salida de partículas radioactivas al exterior, y además debe hacer frente a las siguientes situaciones:

- Soportar la presión máxima y el gradiente de temperatura en el caso de accidente LOCA (Loss of Coolant Accident).
- Soportar las solicitaciones externas, como sismos, fuerza del viento, impactos, etc.
- Permitir en forma estanca el paso de la multitud de penetraciones y las entradas de personal y equipo.
- Soportar la grúa polar (giratoria) empotrada en sus muros para la entrada y manejo de los equipos pesados (capacidad 400 Tm.).
- Absorber las deformaciones y proporcionar soporte a la piel metálica interna de estanqueidad (Liner-Plate de 6,5 mm. de espesor).
- Absorber todas las solicitudes consecuencia de las etapas de construcción.

(Gran abertura para la entrada de equipo, operación de la grúa polar antes de terminar el edificio, etc.)

- La sollicitación constante del Pretensado.

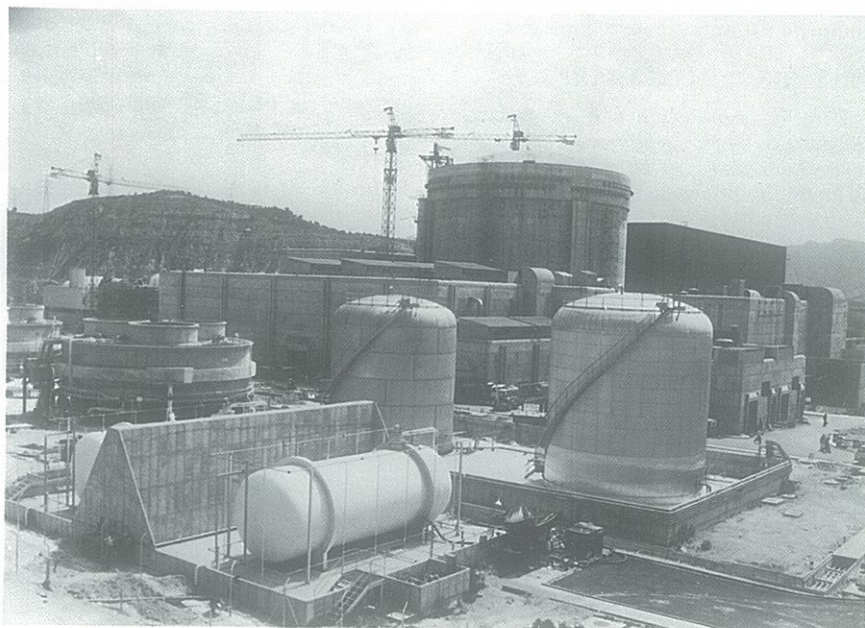
El sistema estructural y componentes del edificio de contención y, por tanto, el sistema postensado están incluidos en la Clase Nuclear I, y desde el punto de vista de su importancia con relación a la seguridad, están comprendidos en la Clase Sísmica 1, cuya definición es:

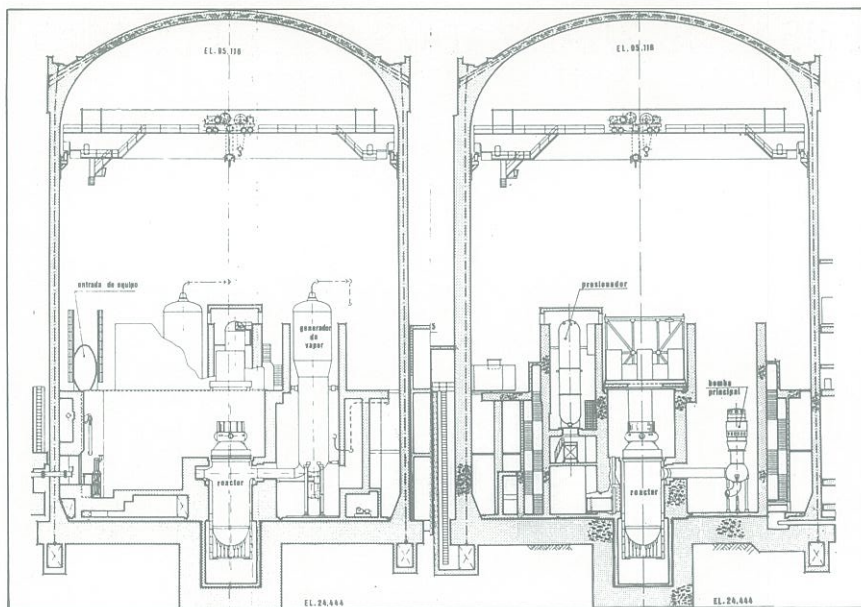
CLASE SISMICA 1

Todas las estructuras, sistemas y componentes que son importantes para la Seguridad y que deberán mantenerse funcionando durante y después de Parada Segura de Terremoto (SSE) están clasificados en Clase Sísmica 1. Estas características de la central son necesarias para garantizar:

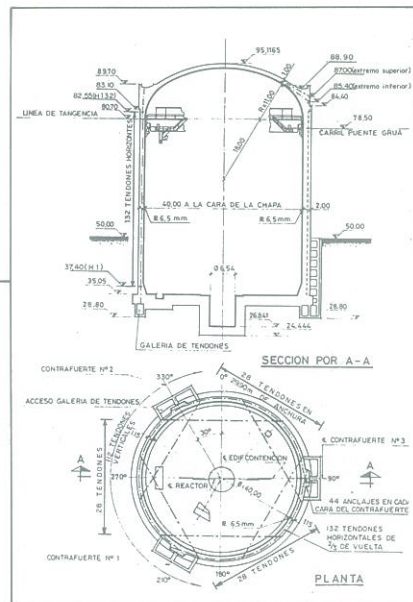
1. La integridad del límite de presión del refrigerante del reactor.
2. La capacidad de parar el reactor y mantenerlo en condición de parada segura.
3. La capacidad de impedir y mitigar las consecuencias de accidentes, los cuales podrían acabar en potenciales exposiciones a la radiación en el exterior de la contención.

El edificio de contención y los edificios principales.





F I Dos secciones diametrales del edificio de contención.



F II Sección del edificio de contención, mostrando el sistema postensado.

ESTRUCTURAS DE CLASE SISMICA 1

Para estructuras de Clase Sísmica 1 se definen dos condiciones de actividad sísmica. Las Condiciones Sísmicas Básicas de Funcionamiento (OBE) que es la intensidad máxima del terremoto que, razonablemente, podría esperarse durante la vida prevista de la Central, y se define como teniendo una aceleración máxima de 0,07 gr. horizontal y 2/3 de 0,07 gr. vertical en este emplazamiento.

La Parada Segura para Terremoto (SSE) es la máxima intensidad del más intenso movimiento de tierras que podría producirse y está definida como teniendo una aceleración máxima de 0,13 gr. horizontal y 2/3 de 0,13 gr. vertical en este emplazamiento.

Solicitaciones y bases de cálculo

La estructura de la contención, incluidos accesos, penetraciones y cualquier sistema necesario de evacuación de calor, está diseñado para que se acomode sin exceder el índice de fugas, a las temperaturas y presiones que originaría la energía liberada por el mayor accidente hipotético de pérdida del refrigerante.

El diseño está basado en los criterios, que suponen la rotura de la mayor tubería del RCS (Sistema de Recirculación del Refrigerante del Reactor) junto con una parada parcial de la redundancia del Sistema de las salvaguardias tecnológicas.

Las máximas presiones y temperaturas supuestas para el diseño son 3,6 kg/cm² efectivos y 137,2° C. El proyecto del edificio de contención incluye un 20 % de margen de diseño por encima de la presión máxima calculada.

La Contención, incluidos accesos y penetraciones, está diseñada para afrontar

una presión efectiva de 3,80 kg/cm², con sus efectos térmicos asociados, sin exceder el índice de fugas de diseño.

Tensiones del Sistema de Tendones

La tensión del tendón en el punto de anclaje no excederá las siguientes tensiones admisibles durante el tesado y el anclaje:

- Tensión de tracción durante el tesado, no sobrepasará la mayor de 0,80 f_{pu} * ó 0,95 f_{py} **.
- Tensión de tracción al anclaje del tendón 0,75 f_{pu} .
- Tensión media de tracción del tendón después del anclaje 0,70 f_{pu} .
- El tesado efectivo estará basado en la fuerza de 0,70 f_{pu} menos todas las pérdidas hasta el instante que se considere. La suficiencia del sistema del anclaje estará basada en ensayos.
- La comprensión en el hormigón bajo la placa de apoyo del tendón no excederá de:

$$0,6 f_{cl} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

A fin de afrontar estas altas solicitaciones se ha utilizado hormigón de alta resistencia (Resistencia mínima a los 90 días a compresión 286 kg/cm²).

FORMA Y DIMENSIONES DEL EDIFICIO DE CONTENCION

El edificio de contención del reactor que se muestra en la fotografía y figura 2 es un cilindro vertical recto de hormigón pretensado con una losa de cimentación de hormigón armado plana, con una cavidad para el reactor. La cubierta es una cúpula tórica esférica de hormigón pretensado, con un anillo de refuerzo de

hormigón armado, más arriba del arranque de la cúpula y que sirve de anclaje a los tendones de la cúpula. La losa de cimentación tiene una cavidad para el reactor. Bajo la base está habilitada una galería anular, con tres accesos, para la instalación e inspección de los anclajes inferiores de los tendones verticales de los muros. Por la parte exterior del manto cilíndrico hay tres contrafuertes, separados 120°, habilitados para el anclaje de los tendones horizontales.

Todo el paramento interior tiene un blindaje protector de chapa de acero de 6,5 mm. de espesor, soldado, rigidizado con perfiles metálicos y fijado a través de ellos al hormigón. Este blindaje sirve de barrera antifugas y proporciona una estanqueidad rigurosa frente a cualquier hipotético accidente que pudiera ocurrir.

En el manto cilíndrico hay aberturas con compuertas estancas para entradas de equipo y personal y gran cantidad de penetraciones, para el paso de los ductos eléctricos, mecánicos, etc.

Las dimensiones principales son las siguientes.

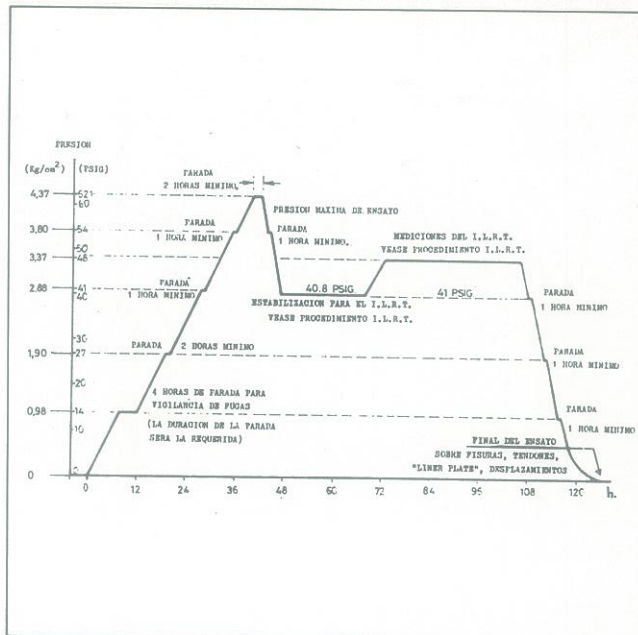
- Diámetro interior cilindro 40,00 m.
- Espesor de los muros 1,15 m.
- Espesor de la base 2,75 m.
- Espesor de la cúpula en la parte esférica 1,00 m.
- Canto del anillo superior 6,60 m.
- Altura del muro cilíndrico hasta anillo 48,00 m.
- Altura total, desde la parte superior de la base, hasta la cúspide de la cúpula 60,05 m.
- Volumen int. aproximado 60.000 m³.
- Volumen de hormigón del edificio.
- Armadura total.

POSTENSADO

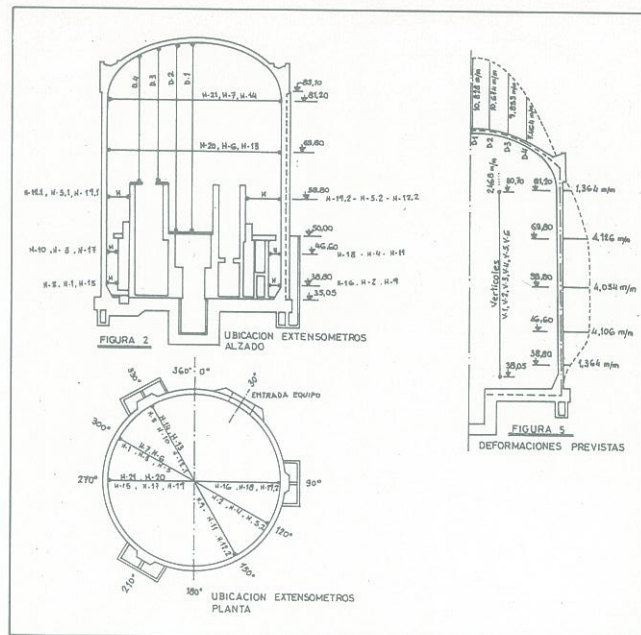
Solamente es postensado el manto cilíndrico y la cúpula, consistente en tres

* f_{pu} = Tensión última.

** f_{py} = Tensión al límite de elasticidad.



F III Diagrama del Programa General del SIT e ILRT.



F IV

sistemas de tendones que se describen a continuación (figura 2):

— Manto cilíndrico que tiene dos sistemas. Sistema vertical, consistente en 112 tendones, que van desde el techo de la galería de tendones, debajo de la base de fundación cota, hasta la cara superior de la galería de tendones cota. Estos tendones tienen que proporcionar una fuerza de compresión al hormigón (normal al tendón), de 470 Tm/m., después de descontadas todas las pérdidas y hasta el final de los cuarenta años.

Sistema horizontal, compuesto de 132 tendones que abarcan 240° de tal manera que tres de ellos completan dos anillos completos; cubren el manto cilíndrico desde la losa de fundación hasta debajo de la viga anillo. Estos tendones tienen que proporcionar una fuerza de compresión al hormigón (normal al tendón) de 930 Tm/m., después de descontadas todas las pérdidas y hasta el final de los cuarenta años.

— Cúpula. El sistema de la cúpula está compuesto por tres haces, orientados 120°, cada uno con respecto al otro. Cada haz tiene 28 tendones, que en conjunto forman 84 tendones, que deben proporcionar una compresión al hormigón (normal al tendón) de 460 Tm/m., después de considerar todas las pérdidas y hasta el final de los cuarenta años.

Para la comprobación de la calidad y resistencia del edificio y verificar el comportamiento a través del tiempo, se han realizado ya las siguientes pruebas fundamentales:

- En octubre de 1981 se realizó la Prueba de Integridad Estructural (SIT).
- En noviembre-diciembre de 1982 se realizó la primera prueba correspondiente al Programa de Vigilancia del Sistema Postensado.

A continuación se describirán en forma somera estos dos ensayos.

ENSAYO DE LA INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE CONTENCIÓN DEL GRUPO I

Este ensayo comporta una serie de actividades que empiezan con la toma de contacto del problema y terminan con el informe final de los resultados de la prueba.

Estas actividades, en general, constan de dos etapas:

1.ª etapa: PREPARACION DE LA PRUEBA, que es la actividad más importante, ya que de ella dependerá el buen desarrollo del ensayo.

2.ª etapa: REALIZACION DEL ENSAYO, en el que la actividad principal es la correcta toma y registro de datos durante la realización.

Desde el inicio de la 1.ª etapa hasta el final de la 2.ª transcurrieron algo más de dos años de intensa e ininterrumpida actividad.

Los mínimos requerimientos del ensayo están definidos en «USNRC» «Regulatory Guide 1.18» y en el artículo CC-6000 del Código ASME Sec. III.

Teniendo en cuenta estos requerimientos y las condiciones particulares del proyecto se emitieron, el Procedimiento General y Planos, cuyo contenido resumido es el siguiente:

- El objetivo del ensayo es demostrar que cuando el edificio es presionado a 115 % de la presión de diseño, las deformaciones de la estructura y las fisuras en la superficie exterior del hormigón, están dentro de los límites aceptables. Se vigilarán también los extremos de algunos tendones previamente definidos.
- El criterio de aceptación es de que la estructura resista la presión interna de 1.15 de la presión de diseño y que la respuesta medida esté dentro de los límites previstos por el cálculo. Se registrarán las fisuras que excedan de

0,25 mm. de abertura y su evolución durante el ensayo. Si alguna de las fisuras crece por más de 1 mm. se parará la presurización, hasta ver la evaluación de esta respuesta y no se continuará hasta determinar que la presionización es segura.

Se definen los equipos del ensayo, consistentes en medidores de deformaciones que se componen de un alambre invar tenso y con elementos captadores de transformación. Hay un sistema de adquisición de datos. Las fisuras se medirán con un comparador óptico. Las variaciones de curvatura de la chapa de revestimiento interior se medirán con indicadores de profundidad. Las temperaturas se medirán con termómetros especiales en cada caso.

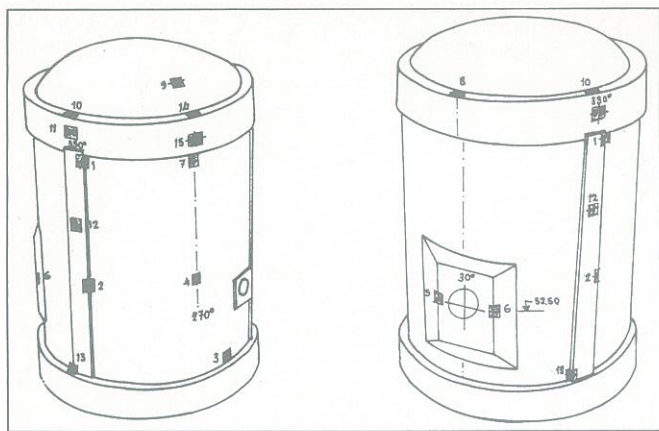
La presión neumática a inyectar en el interior del edificio se hará de acuerdo al programa representado en la figura 3.

Todos los datos requeridos se registrarán en los distintos niveles que se indican en el programa.

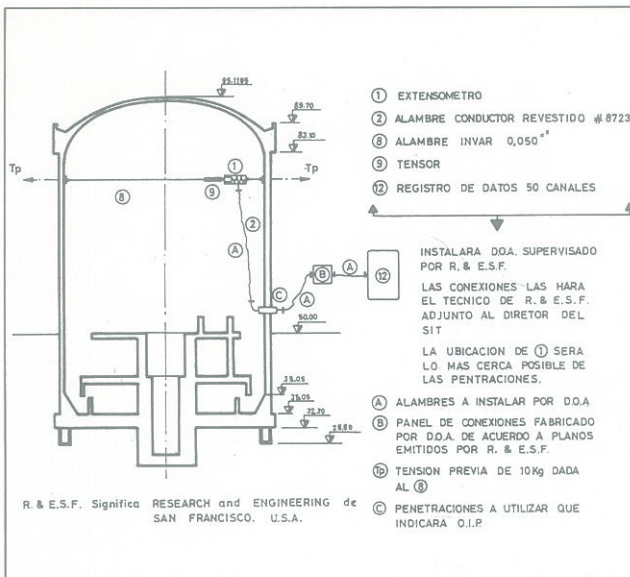
Se define el personal necesario y sus responsabilidades para la realización del ensayo que consiste en el siguiente:

- Un Director y su Alterno.
- Un Coordinador y su Alterno (que recayó en el que presenta este trabajo).
- Dos Operadores de los equipos del sistema de adquisición de datos.
- Diez Inspectores de fisuras y de anclajes de tendones y cinco suplentes.
- Personal auxiliar de montaje de operación y de conservación.

Después de este procedimiento general, la Ingeniería de Proyecto emitió el Procedimiento del Ensayo, los planos de instalación de los equipos de medición (figura 4) y las zonas cuadrículadas para



F V Esquema de la ubicación de las cuadrículas exteriores



F VI

observar el comportamiento del paramento de hormigón durante la subida y descenso de la presión.

En posesión de estos documentos la Ingeniería Civil (IC) de la Dirección de Obra (DOA) inició la preparación del ensayo que comprendió las dos fases siguientes:

1.ª fase: Comprobar en obra la posibilidad de colocar en el edificio los equipos de medición previstos, detectando las interferencias que se encontrarán y su corrección definitiva, esta fase se realizó entre un año y año y medio antes del ensayo.

2.ª fase: Lista de materiales y equipos necesarios para el ensayo. Un año antes se hizo la prospección del mercado nacional y se pidieron cotizaciones al extranjero para el material y equipo importado.

Esta antelación en el inicio de las gestiones y actividades, permitió que los materiales estuvieran en obra dos meses antes del inicio de la prueba, lo que hizo posible realizar el montaje sin cambiar la fecha de inicio del ensayo.

Después de los estudios previos de factibilidad de colocación del equipo, se procedió a la adquisición de ellos y a la emisión del procedimiento definitivo y el programa de desarrollo del ensayo. En esta emisión se definieron los desplazamientos calculados y el criterio cuantificado de aceptación. Se definió ya con exactitud la ubicación de los extensómetros y los términos de la autorización escrita del Ministerio de Industria y Energía-Subdirección General de Energía Nuclear. Se emiten los formularios de registro de datos, así como sus tolerancias. Se fijan las condiciones climáticas ambientales que permitirán el ensayo. Se determina el personal necesario fijando sus atribuciones y funciones a desarrollar. Se indican las actividades que deben ser realizadas y verificadas durante el intervalo de tiempo de veinticuatro horas antes y hasta veinticuatro horas después del ensayo.

Los equipos utilizados se pueden clasificar de la siguiente forma:

Equipo para dar presión, consistente en cinco compresores, para hacer que en treinta y seis horas los 60.000 m³ del aire interior alcancen la presión 4,37 kg/cm².

Equipos de medición y complementos:

De procedencia nacional son: Un transformador de aislamiento, un transformador de regulación, un panel de regletas de conexión de los conductores de los extensómetros, lengüetas de conexión y microscopios para medir fisuras. De importación USA son: 50 extensómetros y equipo de calibración, cuatro regletas de acero inoxidable, 1.000 m. de hilo invar, dos fuentes de alimentación, un equipo de adquisición de datos y dos diales micrométricos especiales.

Equipos de soporte de extensómetros, se fabricaron en obra.

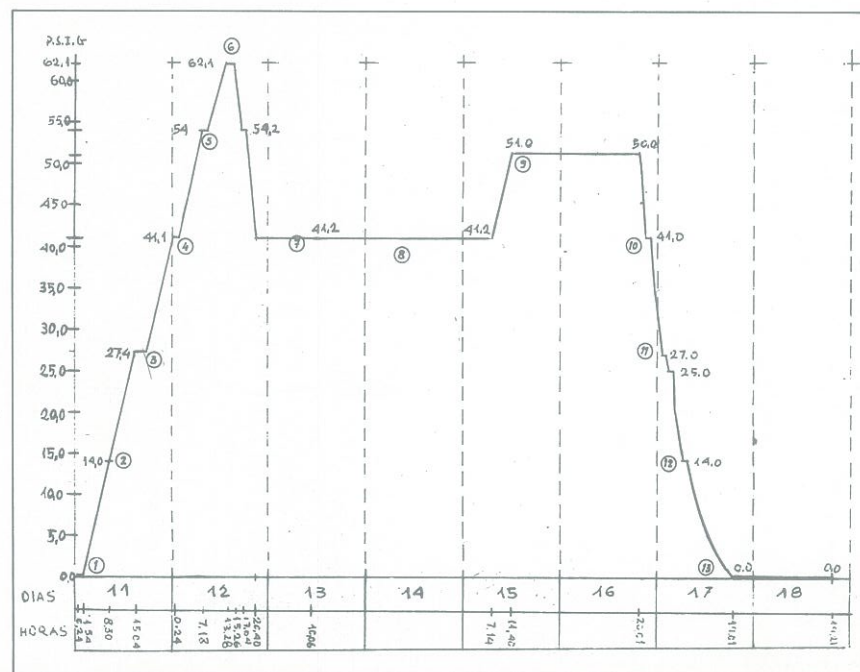
Equipos auxiliares: Se usaron las plataformas del pretensado y se montaron los andamios y escaleras para acceder a todas las zonas de inspección. Se dispu-

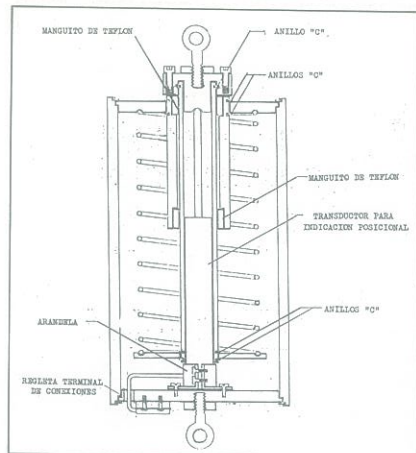
so una red de iluminación para las inspecciones nocturnas.

En el interior se montaron los siguientes equipos, y se prepararon las zonas de inspección.

- Cuarenta y siete extensómetros en las siguientes posiciones y conectados al centro de toma de datos repartidos (figura 4) en:
 - Veinticuatro horizontales en sentido radial situados en cinco niveles distintos.
 - Doce horizontales alrededor de la entrada de equipo en dos diámetros octogonales verticales y horizontales.
 - Cuatro verticales en un plano diametral para medir la deformación de la cúpula.
 - Seis verticales en la pared cilíndrica.
 - Dos de referencia de calibración.
- Cuatro regletas de acero inoxidable de 1,50 m. de largo colocadas según

F VII Ciclo de Presión





F VIII Sección de un extensómetro

una cuerda, para medir las deformaciones del Liner.

- Cuatro zonas de 1,5 a 1,50 cuadriladas para observar el comportamiento de la pintura de la chapa.

En el exterior se montó y se preparó lo siguiente:

Tres extensómetros de las mismas características de los anteriores en las siguientes posiciones:

Uno en un diámetro horizontal de la entrada de equipo.

Uno en un diámetro vertical de la entrada de equipo.

Uno de referencia de calibración.

Quince zonas cuadriladas para la observación de fisuras, con sus correspondientes accesos e iluminación (figura 5).

Estos trabajos de colocación duraron cinco semanas con los siete días laborales.

Se preparó un programa detallado de actividades que se revisaba semanalmente.

Las actividades de montaje y trazados del exterior y los b) y c) del interior no presentaban ningún inconveniente y podían realizarse en cualquier momento por no haber interferencias con otros trabajos que no eran del SIT.

La colocación de los extensómetros interiores (figura 6) presentaban los siguientes inconvenientes:

- Los cuatro verticales para la cúpula requerían un andamio sobre la grúa polar a fin de poder llegar a la cúpula, pero había que mantener la grúa inmovilizada mientras se realizaba la soldadura de los soportes y colocación del invar.
- Los horizontales de la cota más alta (punto de la tangencia de la cúpula) y los verticales de la pared cilíndrica, debían utilizar para la colocación de los soportes la grúa polar en distintas posiciones.
- Los extensómetros horizontales situados en los dos niveles por sobre la cota 58, debían de instalarse desde andamios móviles colgados de la pasarela situada debajo del carril de la grúa polar.
- Los tres extensómetros situados sobre la entrada de equipo, requerían que

se cerrara la lenteja de la entrada, para poder realizar la instalación.

Todos los extensómetros debían colocarse en lugares accesibles en cualquier momento, tanto para conectarlos, calibrarlos o cambiarlos si fuese preciso.

En la pared exterior del edificio de contención y en la zona de penetraciones se construyó una caseta provisional que albergaba el Equipo de Adquisición de datos DAS.

Las mediciones y observaciones que se realizaron fueron las siguientes:

Desplazamientos verticales en seis posiciones: Desplazamientos de la cúpula en cuatro posiciones situadas en el plano vertical 270° - 90° . Desplazamientos horizontales situados en tres planos diametrales y en cinco elevaciones diferentes y 12 desplazamientos alrededor de la entrada de equipo (ver figura 4). Las deformaciones de curvatura del revestimiento metálico se midieron en cuatro ubicaciones y en nueve puntos cada una. Se observaron en cuatro ubicaciones y sobre una cuadrícula, los efectos sobre la superficie del revestimiento metálico.

Para observar el exterior se marcaron sobre el paramento de hormigón 15 cuadrículas de aproximadamente 7×7 cuadrados de 30 cm. repartidos por el muro y la cúpula. Siete de estas cuadrículas coinciden con anclajes de tendones (figura 5).

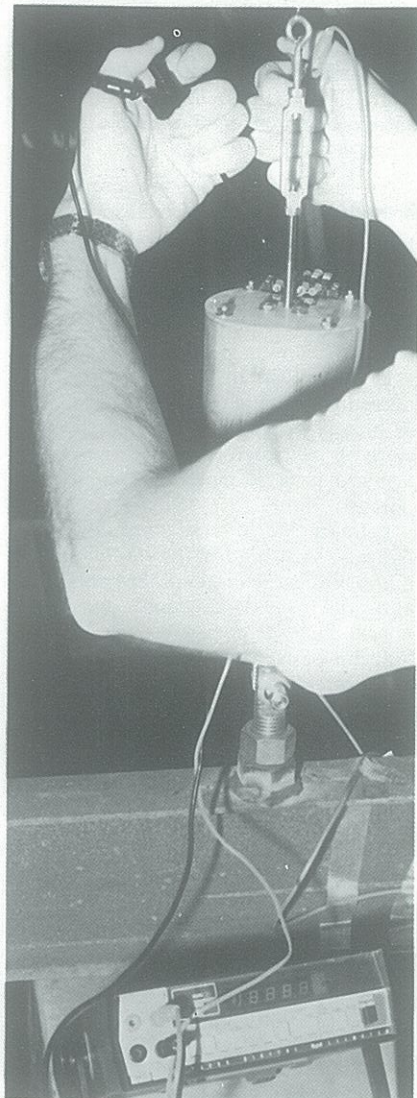
La frecuencia de las mediciones fue la siguiente:

Las deformaciones se tomaron como sigue: a intervalos de tres horas en las veinticuatro horas previas al inicio de la presionización; a cada incremento de $0,354 \text{ kg/cm}^2$ (5 p.s.i.) durante todo el proceso de presionización; al principio, al fin y a intervalos de una hora durante las paradas a presión constante, y al finalizar la despresionización (figura 7). La configuración de las fisuras en el hormigón y en los anclajes de los tendones se hicieron a los siguientes niveles de presión: a la presión cero y dentro de las veinticuatro horas antes del inicio de la presionización; en la parada a 1.86 kg/cm^2 (27 p.s.i.) a la parada del máximo de presionización $4,289 \text{ kg/cm}^2$

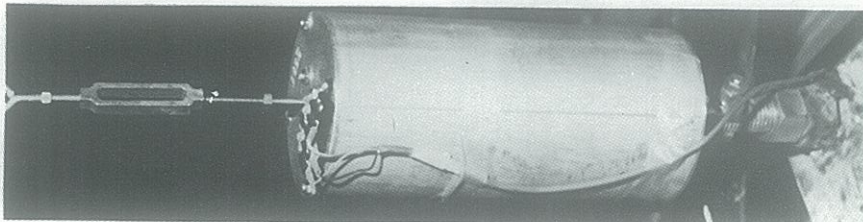
(62,1 p.s.i.) y no después de las veinticuatro horas siguientes del final de la presionización.

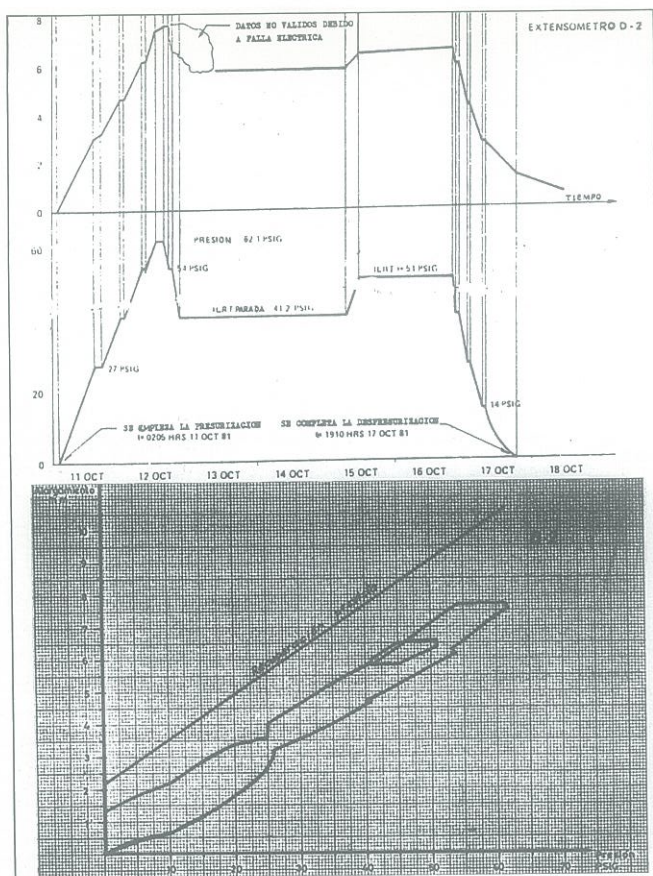
Las mediciones y observaciones en la chapa de revestimiento se hicieron no antes de las veinticuatro horas previas al inicio, y otra vez no después de las veinticuatro horas siguientes del final de la presionización.

Calibración de un extensómetro colocado.

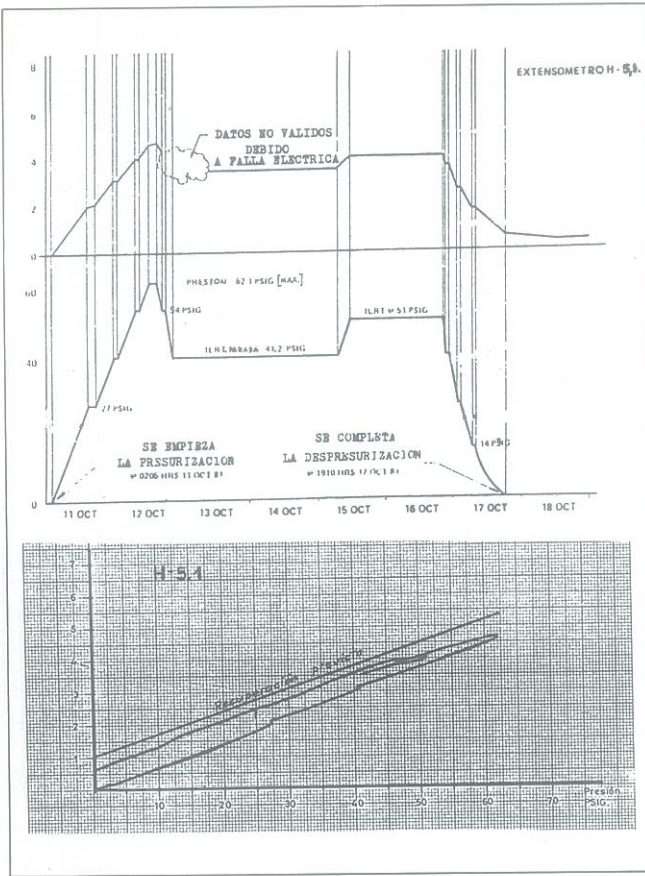


Extensómetro colocado





F IX Gráficos del comportamiento de extensómetro de la cúpula D. 2.



F XI Gráficos del comportamiento del extensómetro horizontal H-51.

REALIZACION

El ensayo del SIT se hizo en conjunto con el ILRT (Ensayo Integrado de la Relación de Fugas), colocando este grupo la instrumentación de temperatura y presión, y la operación con los compresores. El ensayo duró siete días completos. En la bajada de presión el ensayo se prolongó dos días más por conveniencias del ILRT.

DESARROLLO DE ENSAYO

El ensayo se desarrolló siguiendo la relación presión-tiempo que se indica en el gráfico (figura 7). En este gráfico los números dentro de un círculo indican el escalon en el cual debía realizarse alguna actividad de medición.

El edificio fue presionizado neumáticamente hasta la presión máxima de 62,1 PSIG (4,37 kg/cm²), la cual es 1,15 veces la presión de diseño, que fue

especificada para asegurarse de que la estructura tiene suficiente reserva de resistencia. La presión fue mantenida constante al menos una hora en los 27; 41 y 54 PSIG, durante la subida de presión, y los 54, 41, 27 y 14 PSIG durante el descenso de la presión.

Los cambios dimensionales del edificio se midieron con extensómetros de alambre tenso, colocados entre dos puntos de la parte interior de las paredes externas del edificio o entre un punto de esta pared a una estructura interna. Los extensómetros que pueden verse en el esquema (figura 8) y fotografía consisten en un resorte, de respuesta lineal a la sollicitación, conectado a un alambre

tenso invar de 0,05" (1,27 mm.). El detector del movimiento lineal es un transformador diferencial de variación lineal (LVDT) que tiene incorporado un conjunto compacto electrónico para surtir corriente continua de entrada y proporcionar una señal de salida de corriente continua. Los transductores del movimiento lineal fueron alambres a través de las penetraciones eléctricas a un sistema digital de adquisición de datos y a un suministro regulado de corriente continua.

Los transductores fueron calibrados antes del ensayo para certificar la relación del voltaje de salida con la constante del resorte. Se hizo una calibra-

T I Deformaciones máximas en sentido horizontal.

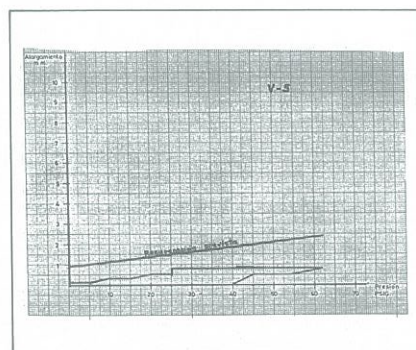
Deformaciones a 62'1 psig. de la Pared en el sentido radial o diámetro.

Elev.	Azimut						Promedio radial Deformacion	Previstas Deformacion
	300° Pared	120° Pared	330° Contra fuerte	150° Pared	270° Pared	90° Contra fuerte		
38.8 m	1.3	1.4	1.1	1.6	1.1	1.0	1.2	1.4
46.6 m	3.9	3.8	2.2	4.6	4.2	2.5	3.5	4.1
58.8 m	4.7	(a)	3.2	5.5	4.2	(a)	4.4	4.1
69.8 m (b)	8.1		(a)		6.5		3.6	4.2
81.2 m (b)	(a)		(a)		2.1		1.0	1.5

(a) Extensómetro con mal funcionamiento. Sin validez el Registro de Datos.

(b) Extensómetros comprendiendo todo el diámetro.

F X Gráfico del comportamiento del extensómetro vertical V-5.

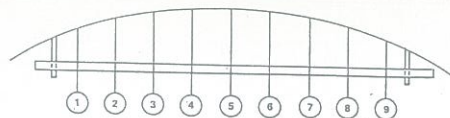


DEFORMACIONES RESIDUALES DEL EDIFICIO DE CONTENCIÓN

Extensómetro Nº	a 62'1 psig; (corregidos)	DEFORMACIONES					RESIDUAL	% Recupe ración
		a 54 psig; (sin corrección)		Dife- rencia	Medida Corregida			
		Subiendo	Bajando					
H-1	1.3	.8 mm	1.0	.2	.1	-1.0	100	
H-2	1.4	1.2	1.3	.1	0	-1.0	100	
H-3	3.9	3.1	3.4	.3	.4	.1	97	
H-4	3.8	3.2	3.6	.4	.1	-1.0	100	
H-5.1	4.7	4.0	4.3	.3	.4	.1	98	
H-6	4.05	4.9	6.4	1.5	.6	-9.0	100	
H-8	1.1	.8	1.1	.3	.3	0	100	
H-9	1.6	1.4	1.5	.1	.1	0	100	
H-10	2.2	1.8	2.1	.3	.4	.1	95	
H-11	4.6	3.8	4.1	.3	.2	-1.0	100	
H-12.1	3.2	2.1	2.6	.5	.4	-1.0	100	
H-12.2	3.5	3.9	4.6	.7	.2	-3.0	100	
H-13	1.1	.9	1.1	.2	.3	.1	91	
H-16	1.0	.9	1.0	.1	.2	.1	90	
H-17	4.2	3.5	3.7	.2	.3	.1	98	
H-18	2.3	2.1	2.3	.2	.2	0	100	
H-19.1	4.2	3.6	3.9	.3	.5	.2	95	
H-20	3.25	3.7	5.4	1.7	3.8	2.1	*	
H-21	1.05	1.2	1.6	.4	0	-1.0	100	
D-1	8.1	5.8	7.2	1.4	.2	-1.2	100	
D-2	8.7	6.3	7.7	1.4	.6	-1.0	100	
D-3	8.7	6.0	7.3	1.3	.5	-1.0	100	
D-4	7.1	4.9	5.8	.9	.4	-3.0	100	
E-1	4.2	3.5	3.8	.3	.3	0	100	
E-2	2.9	2.4	2.8	.4	.3	-1.0	100	
E-3	2.4	1.7	2.1	.4	.3	-1.0	100	
E-4	1.8	1.1	1.7	.6	.3	-1.0	100	
E-5	2.2	1.4	2.0	.6	.3	-1.0	100	
E-6	2.2	1.1	2.0	.9	.3	-1.0	100	
E-7	1.7	1.2	2.3	.3	0	-3.0	100	
E-8	1.8	1.2	1.6	.4	.3	-1.0	100	
E-9	1.8	1.3	1.4	.1	.1	0	100	
E-10	1.5	1.2	1.3	.1	.1	0	100	
E-11	1.6	1.3	1.4	.1	.2	.1	94	
E-12	1.2	1.0	1.2	.2	.1	-1.0	100	
Hach-H	1.7	1.1	1.3	.2	.1	-1.0	100	
Hach-V	0	0	0	0	0	0	100	

* Deformación de la Chapa de Revestimiento. Deformación Residual No Significativa.

Los datos de los extensómetros con mal funcionamiento no están incluidos.



UBICACION 1		ELEVACION 50,50 M									
		Temperatura		Firma		Lecturas de					
Fase		Int.	Ext.	Firma		1	2	3	4	5	6
1	10.10.81 15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	2.21	4.92	6.05	6.29	7.51	7.93
13	11.10.81 15.38	15.38	15.38	15.38	15.38	2.26	4.91	6.07	6.26	7.52	7.92

UBICACION 2		ELEVACION 50,50 M									
		Temperatura		Firma		Lecturas de					
Fase		Int.	Ext.	Firma		1	2	3	4	5	6
1	10.10.81 16.03	16.03	16.03	16.03	16.03	2.20	5.41	6.70	7.79	7.99	8.06
13	11.10.81 16.04	16.04	16.04	16.04	16.04	2.20	5.40	6.70	7.79	7.99	8.06

UBICACION 3		ELEVACION 50,50 M									
		Temperatura		Firma		Lecturas de					
Fase		Int.	Ext.	Firma		1	2	3	4	5	6
1	10.10.81 15.52	15.52	15.52	15.52	15.52	2.20	5.41	6.70	7.79	7.99	8.06
13	11.10.81 16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	2.20	5.40	6.70	7.79	7.99	8.06

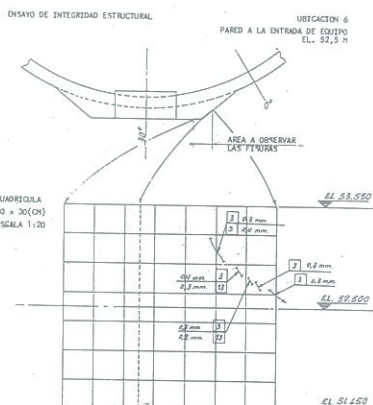
UBICACION 4		ELEVACION 50,50 M									
		Temperatura		Firma		Lecturas de					
Fase		Int.	Ext.	Firma		1	2	3	4	5	6
1	10.10.81 15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	2.20	5.40	6.70	7.79	7.99	8.06
13	11.10.81 15.47	15.47	15.47	15.47	15.47	2.20	5.40	6.70	7.79	7.99	8.06

HOJA DE DATOS DE LOS DESPLAZAMIENTOS HACIA EL INTERIOR

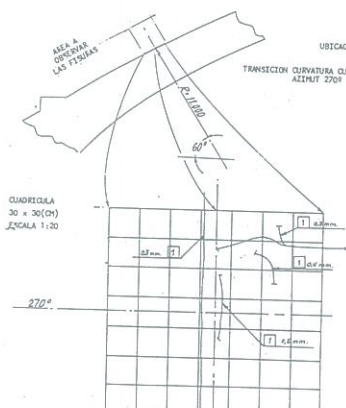
T II Deformaciones residuales del edificio de contención.

F XIII Cuadro resumen del examen de la Chapa de Revestimiento Interior.

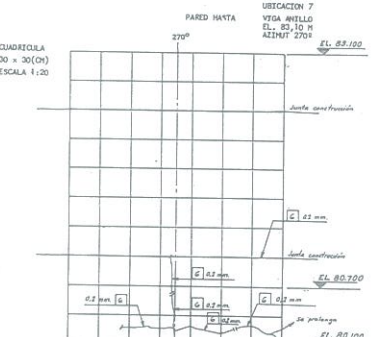
F XII Gráficos de la observación de las cuadrículas exteriores



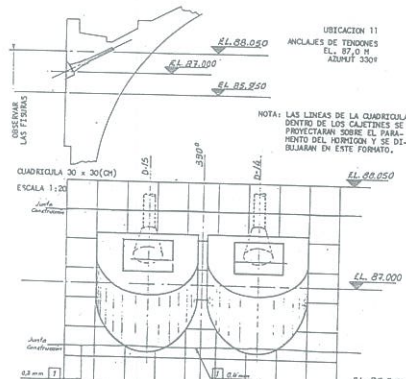
Extensómetro	Presión	Fecha	Hora	Temperatura	Firma	Observaciones
1	0 psig	10.10.81	11.00	15.37	15.37	No hay flujos
11	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
2	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
3	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
4	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
5	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
6	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
7	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
8	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
9	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
10	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
11	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
12	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
13	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
14	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
15	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación



Extensómetro	Presión	Fecha	Hora	Temperatura	Firma	Observaciones
1	0 psig	10.10.81	11.00	15.37	15.37	No hay flujos
11	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
2	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
3	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
4	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
5	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
6	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
7	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
8	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
9	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
10	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
11	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
12	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
13	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
14	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
15	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación



Extensómetro	Presión	Fecha	Hora	Temperatura	Firma	Observaciones
1	0 psig	10.10.81	11.00	15.37	15.37	No hay flujos
11	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
2	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
3	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
4	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
5	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
6	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
7	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
8	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
9	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
10	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
11	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
12	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
13	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
14	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
15	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación



Extensómetro	Presión	Fecha	Hora	Temperatura	Firma	Observaciones
1	0 psig	10.10.81	11.00	15.37	15.37	No hay flujos
11	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
2	0 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
3	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
4	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
5	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
6	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
7	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
8	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
9	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
10	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
11	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
12	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
13	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
14	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación
15	10 psig	10.10.81	16.00	16.03	16.03	Sin variación

ción después de montados los transductores para ajustar el factor de compensación de la rigidez del invar que dependía del largo del alambre. También se calibró todo el sistema de adquisición de datos (ilustración).

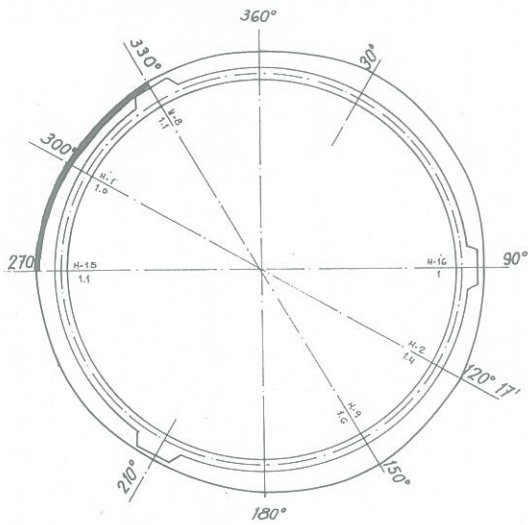
Los cambios dimensionales fueron registrados, antes del inicio de la presión, a incrementos y decrementos de 5 p.s.i.g. (0,35 kg/cm²) durante el ciclo de presión, al principio y al final, y a intervalos de una hora durante todos los periodos de parada, hasta la completa despresión. Se tomaron además datos cada tres horas durante las veinticuatro horas previas al inicio del ensayo a fin de comprobar la estabilidad de los alambres invar y los extensómetros. En cada etapa de toma de datos se tomaron tres conjuntos de datos a fin de obtener una pista para identificar señales parásitas causadas por transientes eléctricos.

Los inspectores hicieron turnos continuos de trabajo de doce horas, para cubrir las veinticuatro horas del día, en la toma de datos o hacer frente a cualquier contingencia. Entre el coordinador y su alterno y un equipo de seis Ingenieros del Grupo Civil se cubrió todo el día a fin de asumir la responsabilidad de la toma de decisiones, que en algún momento fueron importantes. Durante todo el desarrollo estuvieron presentes Inspectores de la Junta de Energía Nuclear, así como la Dirección de Garantía de Calidad en Obra. El Director o su alterno y su equipo de operadores de los equipos de adquisición de datos y transmisión y percepción de datos del ordenador estuvieron presentes las veinticuatro horas.

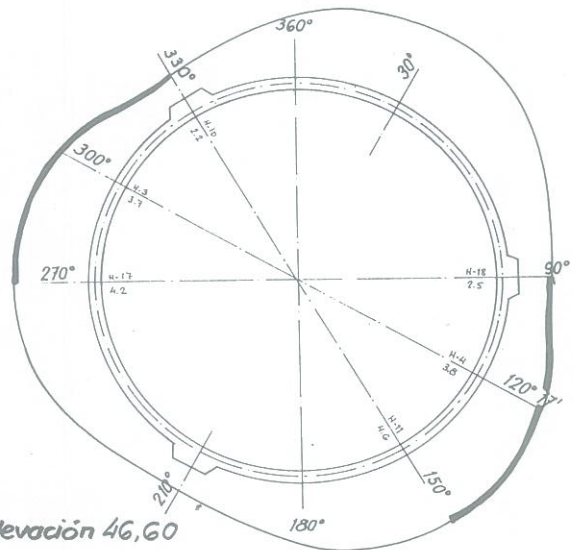
REGISTRO DE DATOS

Se efectuó la toma y registro de los siguientes datos:

Deformaciones máximas a 62,1 p.s.i.g. (4,37 kg/cm²).

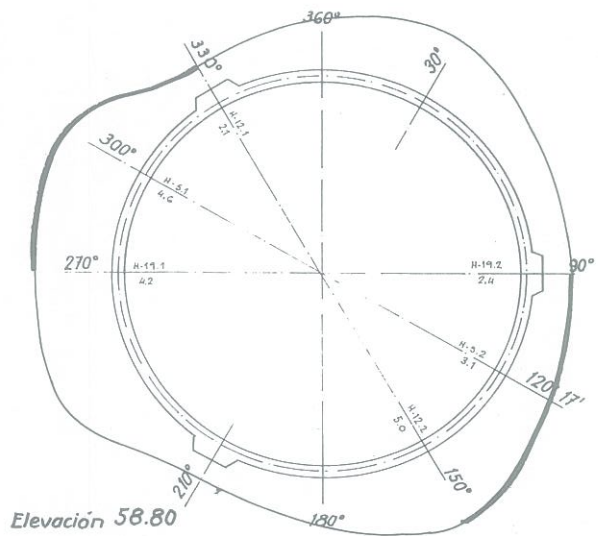
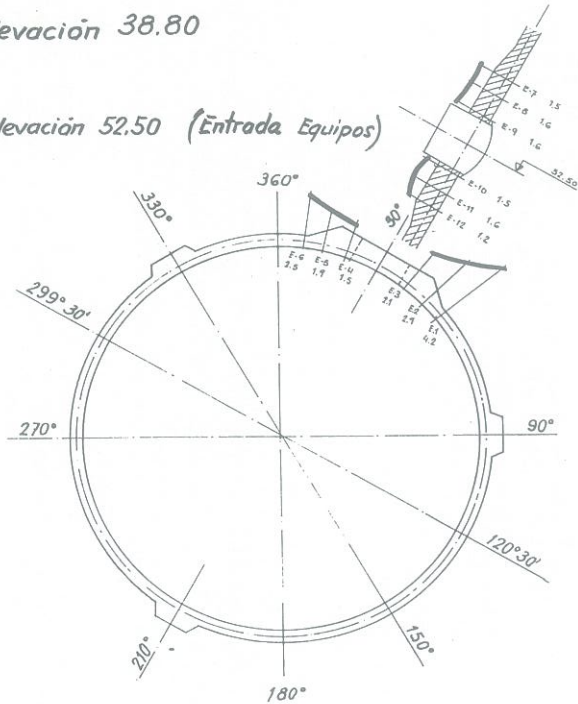


Elevación 38.80

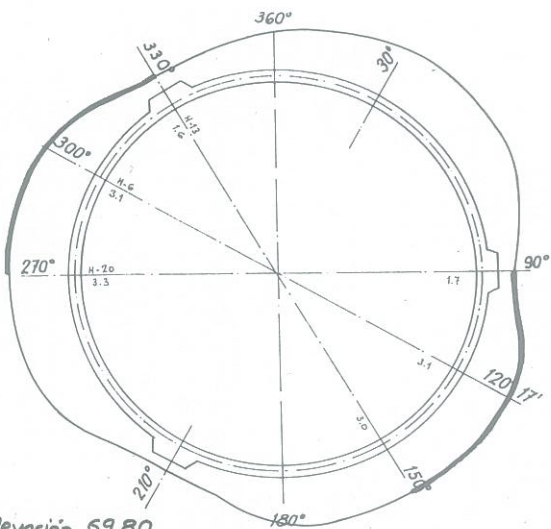


Elevación 46.60

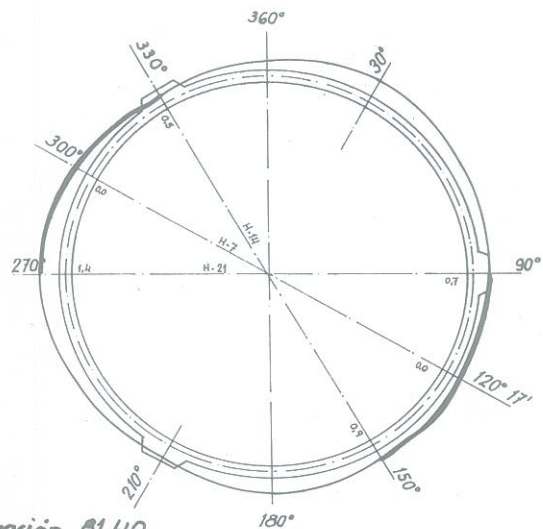
Elevación 52.50 (Entrada Equipos)



Elevación 58.80



Elevación 69.80



Elevación 81.40

Datos antes de iniciar la presionización del edificio

- Datos de los transductores a presión O y durante las veinticuatro horas antes del inicio.
- Registro de fisuras de las 15 zonas exteriores cuadriculadas dentro de las veinticuatro horas antes del inicio.
- Registro del estado de deformación de la chapa de revestimiento interior en las zonas dentro de las veinticuatro horas antes del inicio.
- Registro del estado de la superficie de la chapa de revestimiento interior en las cuatro zonas dentro las veinticuatro horas antes del inicio.

Datos durante el período de presionización del edificio

- Datos de los transductores a las distintas etapas de presión especificadas en el programa.
- Registro de fisuras de las 15 zonas cuadriculadas, en las etapas de presión indicadas en el programa.

Datos después de finalizar la presionización del edificio dentro de las veinticuatro horas siguientes a la llegada a cero

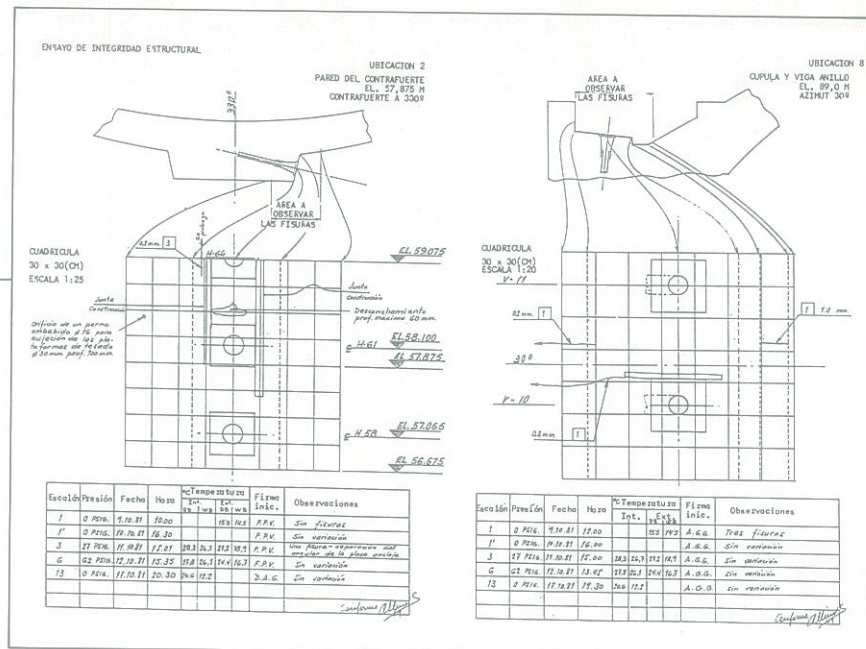
- Datos de los transductores o presión O, y a cada hora durante las veinticuatro horas siguientes de despresionado.
- Registro de fisuras de las 15 zonas exteriores cuadriculadas dentro las veinticuatro horas después de haber llegado a 0 (p.s.i.g.).
- Registro del estado remanente de deformación de la chapa y revestimiento interior en las cuatro zonas dentro de las veinticuatro horas de haber llegado a 0 (p.s.i.g.).
- Registro del estado superficial de la chapa de revestimiento de las cuatro zonas dentro de las veinticuatro horas de haber llegado a 0 (p.s.i.g.).

Datos de los transductores

Se obtenían a través del sistema de datos (DAS) que proporcionan los siguientes:

Estos datos junto con las presiones y temperaturas se almacenaban en el Centro de Computación de Barcelona.

Este centro proporcionaba la combinación de datos que se pedía, para



F XI Gráficos de la observación de las cuadrículas exteriores.

nuestros propósitos nos proporcionaban los siguientes:

RESUMEN DE DATOS TRANSDUCTOR NUM.

Fecha	Hora	Presión (PSIG)	Desplazamientos (mm.)	Lectura (voltios)	TEMPERATURAS ° F			
					INTERNAS		AMBIENTE	
					Bulbo seco	Bulbo húmedo	Bulbo seco	Bulbo húmedo

RESULTADO DEL ENSAYO

La estructura del edificio de contención respondió a la sollicitación de la presión interna de la forma que estaba prevista y se esperaba. Las deformaciones variaron linealmente en función de la presión y mostraron esencialmente una completa recuperación veinticuatro horas después del ensayo.

Las fisuras en la superficie del hormigón fueron mínimas, su incremento no superó las tres décimas de milímetro y esto solamente en muy pocas zonas.

Las figuras 9, 10 y 11 y las tablas 1 y 2, muestran las deformaciones registradas, las previstas y su recuperación en el descenso de la presión.

Los resultados de la inspección de las fisuras en las 15 zonas de la superficie del hormigón que algunas de ellas se muestran en las correspondientes fichas de registro (figuras 11, 12 y 13). Se puede ver que alrededor de las placas de anclaje de los tendones no se produjo ninguna fisura. Además se hizo un examen de fisuras en las zonas de las placas de anclaje de la galería de tendones verticales. No aparece ningún aumento sin propagación de las pequeñas fisuras existentes (0,2 mm.).

El examen de la chapa de revestimiento interior se realizó midiendo la deformación de los cuatro sectores y una inspección de la superficie en cuatro zonas. Los resultados son satisfactorios (figura 13).

Se incluyen unos gráficos (figura 14) en los que se muestra la deformación de los muros radialmente a las elevaciones en que se habían colocado extensómetros en el trozo del contorno marcado más fuerte, corresponde a los puntos medidos, y el resto es extrapolado por simetría. Puede verse el efecto restrictivo de los contrafuertes.