VIII JORNADAS DE GEOTECNIA SOBRE:

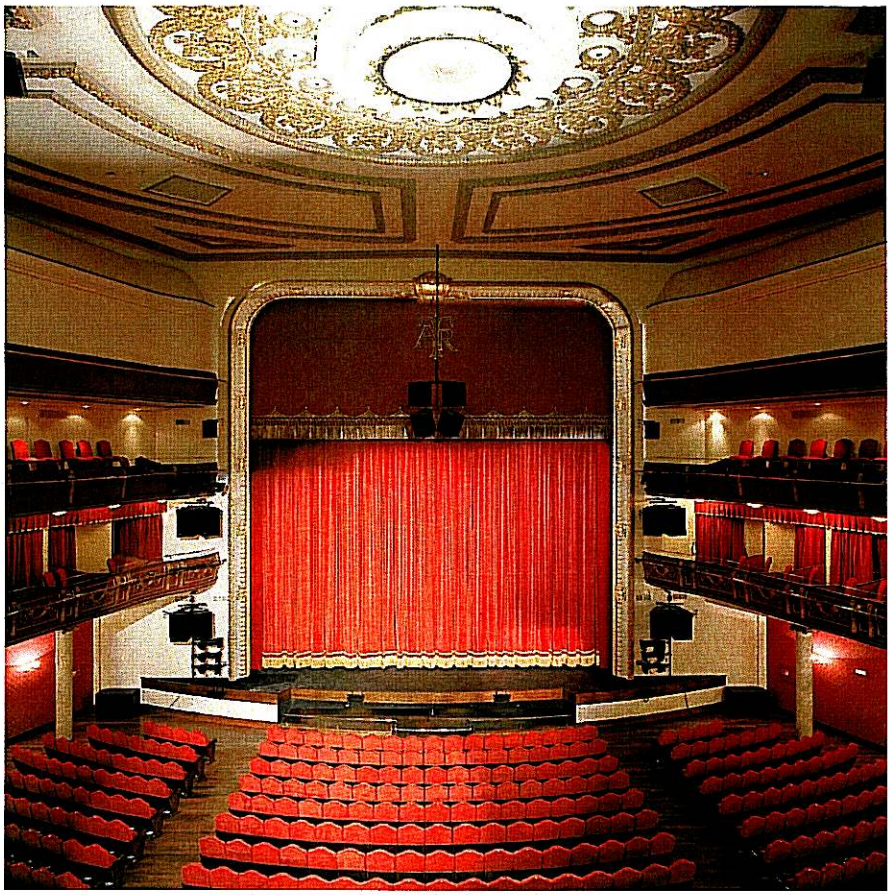
CIMENTACIONES ESPECIALES,

PASADO Y PRESENTE

18-19 de Febrero de 2.010

ORGANIZA: ÁREA DE INGENIERÍA DEL TERRENO

UNIVERSIDAD DE BURGOS



NUEVO TEATRO ALCALÁ

UNA REHABILITACIÓN SINGULAR

MADRID

Juan Carlos Novarece Puente
Ingeniero de Minas
Site, S.A.

ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN

2- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

2-1. El proyecto de rehabilitación

2-2. El proyecto de estructura y cimentación

3- MARCO GEOLÓGICO

4- DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN

5- DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

5-1. Descripción de los micropilotes

5-2. Diseño de los micropilotes

6- PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

6-1. Procedimiento de ejecución de los micropilotes

6-2. Perforación

6-3. Colocación de la armadura

6-4. Inyección

6-5. Procedimiento de excavación y transferencia de cargas

7- CONTROL DE EJECUCIÓN Y RESULTADOS

8- CONCLUSIONES

9- BIBLIOGRAFÍA

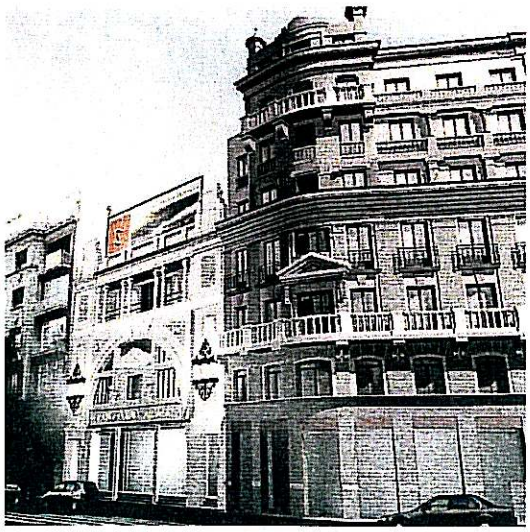
1- INTRODUCCIÓN

La remodelación y rehabilitación del Teatro Alcalá, situado en el chaflán de las calles Antonio Acuña, Alcalá y Jorge Juan de la ciudad de Madrid se proyectó en el año 1992 para adaptarlo a las exigencias y comodidades del teatro moderno, preservando la fachada de tipo "palacio urbano" con pórtico de columnas griegas, la planta en forma de herradura y la estructura del antiguo teatro-cine.

La antigua enorme sala, con patio de butacas y 3 pisos de palcos, debía dar lugar a nuevos acabados, nuevos y mejores servicios de oficinas, vestuarios y cafeterías, comodidad, calidad acústica y visibilidad para los públicos más exigentes, con aumento de la superficie del escenario. Además de crear una sala de ensayos, un nuevo auditorio subterráneo y un depósito enterrado de agua de protección de incendios, se debía conseguir con la rehabilitación un discreto esplendor al antiguo "Teatro Alcalá-Palace", sin intentos de cambio de su apariencia exterior para convertirlo en un teatro moderno, ochenta años después de su inauguración inicial.

La rehabilitación del Nuevo Teatro Alcalá se llevó a cabo entre los años 1998 y 2000, por la Empresa Moguerza Construcciones, S.A. con proyecto de DAU Arquitectos, y el asesoramiento técnico de Otep Internacional, S.A., para Promociones Alsaro, S.A. de Alejandro Romay, en la que Site, S.A. ejecutó la totalidad de los trabajos de cimentación y recalces con micropilotes.

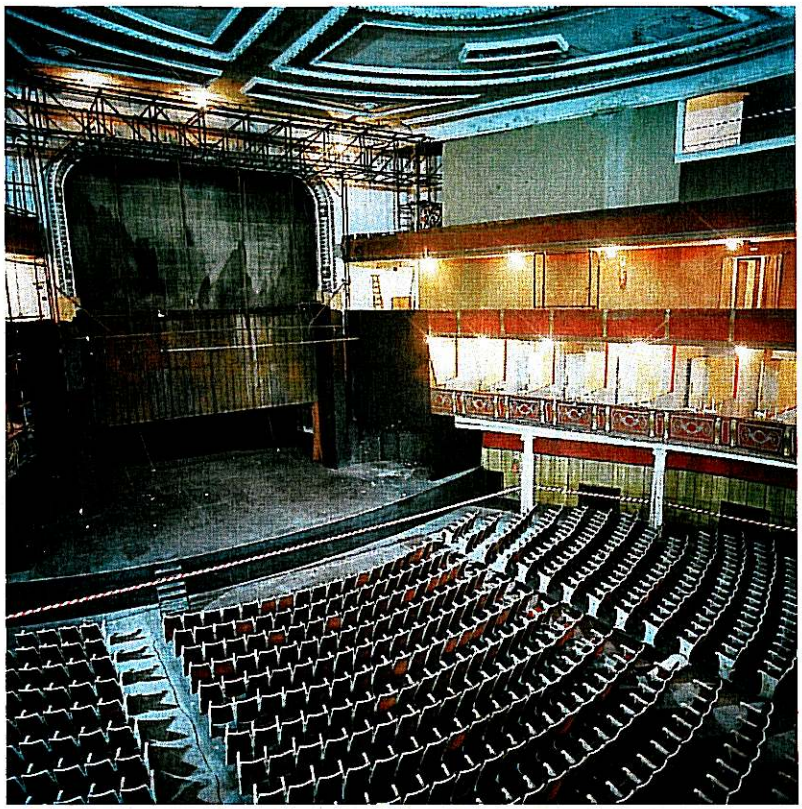
Croquis Fachada



Composición esquina
Alcalá y Jorge Juan. Madrid

2- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El planteamiento general ha sido el de recuperar y reconstruir un teatro de hoy con la fachada del proyecto original, dotando al edificio de accesos, circulación y funcionamiento en condiciones de seguridad, y con las instalaciones técnicas avanzadas para representaciones teatrales y musicales.

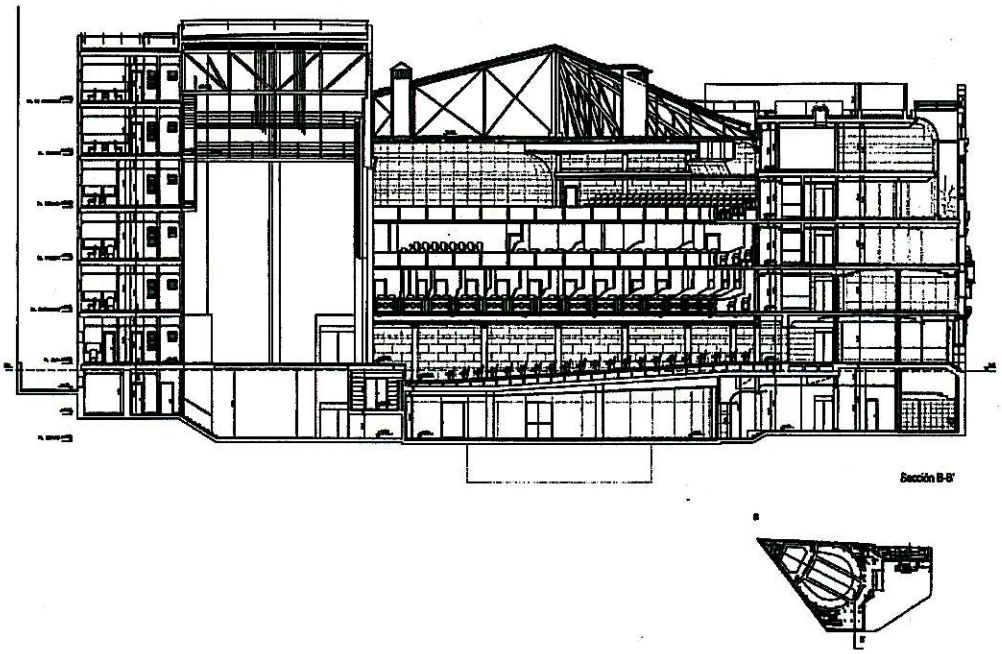


Vista antigua sala Teatro Alcalá

2- 1. El proyecto de rehabilitación:

Para el nuevo teatro la rehabilitación incluía, entre otras las siguientes consignas:

- Se mantiene el acceso principal con un nuevo vestíbulo de distribución, con restauración y reconstrucción de la fachada.
- Se mantiene y refuerza la salida de emergencias que permite el acceso al escenario e instalaciones.
- Se mantienen las escaleras y se incorpora un ascensor.
- Se amplía el escenario en altura y profundidad, con un foso en profundidad para nuevas instalaciones técnicas.
- Se crea una planta sótano para albergar una sala polivalente para 310 personas, áreas técnicas y de control.
- Se crea una planta superior adicional con espacio diáfano y nueva cubierta para ensayos y cuarto de control general.
- Se crean las instalaciones contra-incendio con un aljibe bajo la sala polivalente del sótano de 200 m3.

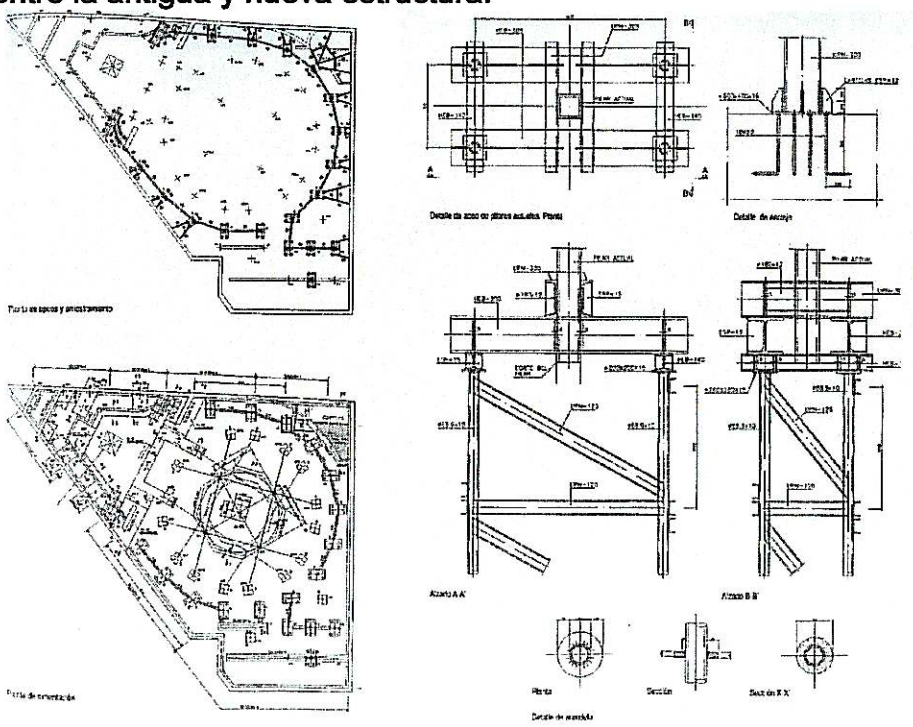


Proyecto nuevo edificio

2-2. El proyecto de estructura y cimentación:

El proyecto de estructura se dividió en dos actuaciones, las zonas que se mantienen, y las que tienen reformas o ampliaciones estructurales, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se controlaron y comprobaron las estructuras existentes definiendo los refuerzos estructurales.
- Se dimensionó a partir de las nuevas cargas, los nudos y conexiones, entre la antigua y nueva estructura.



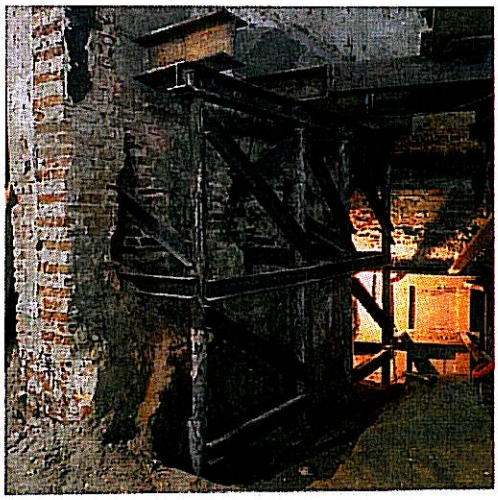
Planta de cimentación y sistema de recalce de pilares

- Se eliminaron muros portantes para hacer espacios diáfanos.
- Se desplazó el escenario hacia el patio de butacas con un gran pórtico de hormigón armado que sostiene las cubiertas y arriostra los muros laterales, con nuevo techo más elevado y profundización de sótano.
- La reforma obligó a bajar el nivel de apoyo de las cimentaciones existentes, con recalce de los muros perimetrales y prolongación de los pilares centrales con nuevos apoyos a cotas inferiores.

El proyecto de cimentación se centró en dos tipos de recalce:

- De los muros de carga perimetrales, mediante "bataches" excavados manualmente y hormigonados in situ de 2 x 3 metros.

Muro central recalzado para continuar

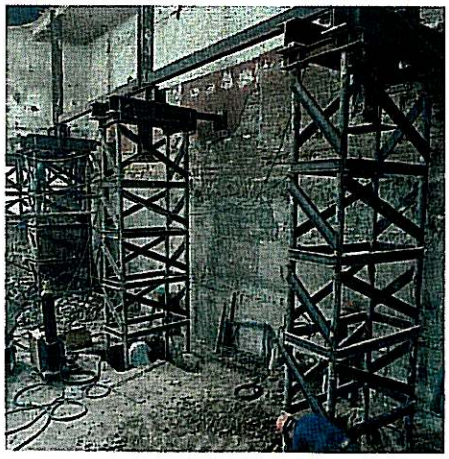


Recalce de muro y su arriostramiento

- De los pilares interiores, rodeando cada zapata con micropilotes, que sirve de estructura provisional debidamente arriostrada, para sujetar la zapata y las tierras durante la excavación hasta el nuevo encepado apoyado sobre el empotramiento de los micropilotes, que permite la prolongación del pilar. Igual procedimiento para muros centrales.

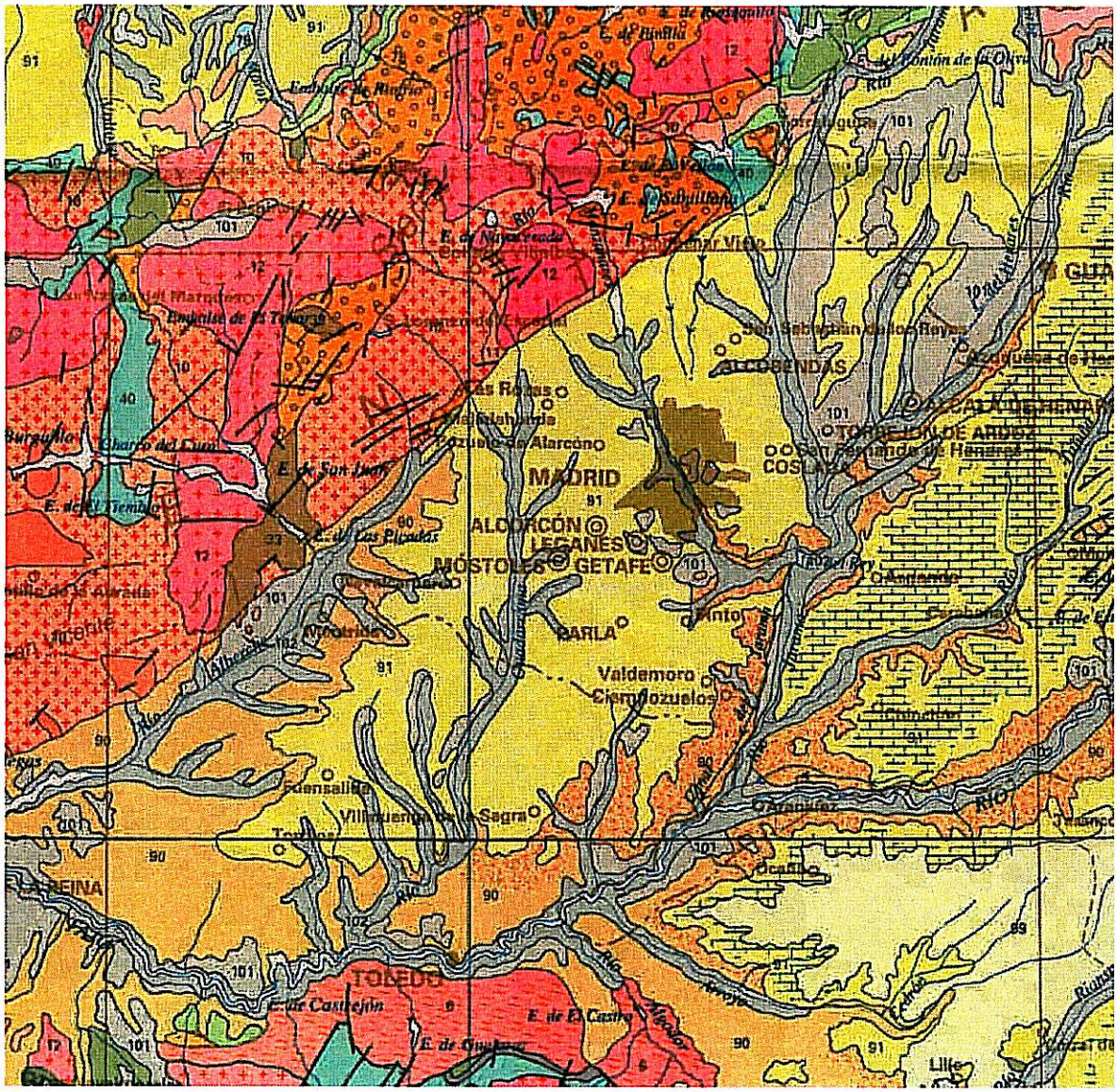
Pilares recalzados (izquierda)

Pilares para continuar (derecha)



3- MARCO GEOLÓGICO

La ciudad de Madrid incluye en su ámbito, depósitos continentales del Mioceno y del Cuaternario atribuido a la orogenia de la cordillera central (Sierra de Gredos y Guadarrama), de materiales ígneos y metamórficos.



En síntesis, en el corte geológico regional, encontramos:

- Complejo cristalino; conjunto metamórfico de gneis y migmatitas, con intercalaciones de mármoles. El conjunto granítico es atravesado por formaciones filonianas.
- Mesozoico; formación cretácica dividida en conjuntos dendríticos de grano fino y origen continental, formado por arenas y niveles arcillosos, intercalados por paquetes calizo arenoso o margoso.

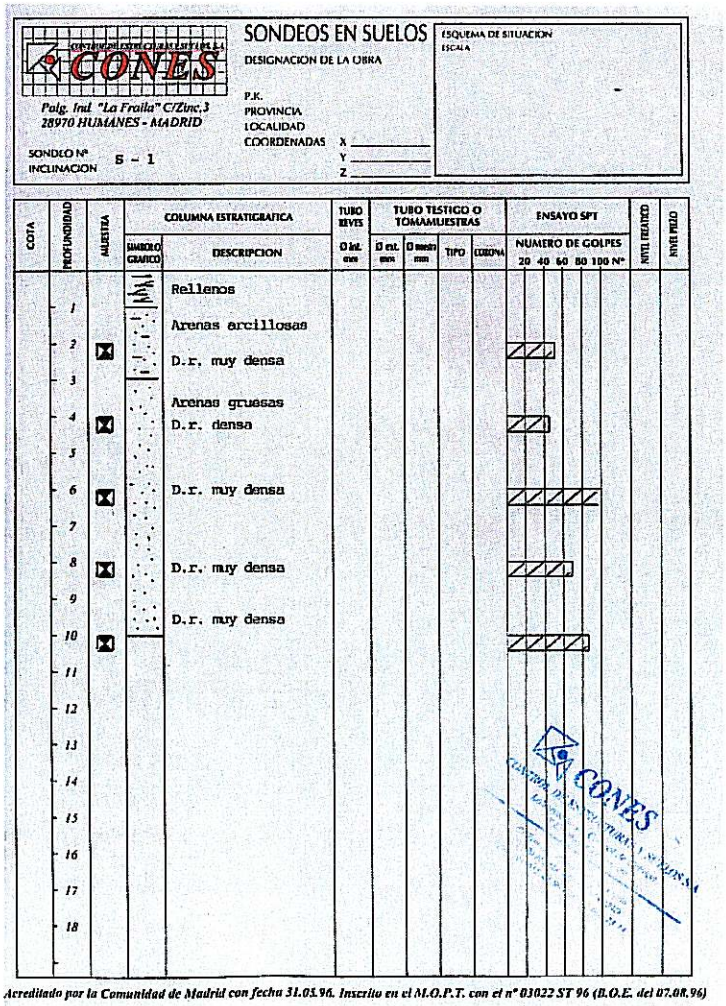
- Terciario; conjunto sedimentario del Oligoceno con facies laterales más finas y evaporitas centrales (margas y yesos), y más gruesos en los bordes (conglomerados, calizas, areniscas y margas). Este conjunto sedimentario, en el Mioceno, tiene facies dendríticas en los bordes, tales como: Facie Guadalajara, de margas y limos con niveles arenosos y cantos; Facie Madrid, de arcosas en matriz arcillosa, reciben el nombre de "toscos" cuando predomina el material fino y "arenas de miga" cuando predomina el material grueso. Además, están las facies de los páramos, con calizas lacustres fosilíferas e intercalaciones de margas y calizas.
- Cuaternario; coluviones y suelos, aluviones y terrazas de los ríos, compuestos por arenas y gravas cuarcíticas y algunos depósitos eólicos. También existen calizas travertínicas. En el cuaternario se incluyen los rellenos modernos superficiales.

4- DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN

Tal como se ha expuesto en el apartado anterior, el modelo estratigráfico de la zona de la obra, y en particular el involucrado por la cimentación, está integrado en el conjunto sedimentario del Oligiceno (Facies Madrid) y por depósitos modernos del Cuaternario.

Así se puede resumir como:

- Rellenos artificiales, constituidos por restos de construcción y rellenos antrópicos con un espesor medio de 1 a 3 metros, con capacidad portante baja.
- Arena arcillosa muy densa, de color marrón, con espesor medio de 2,00 metros. Pertenecen al grupo **SC** de Casagrande y se definen como arenas bien graduadas de baja plasticidad, con capacidad portante alta y no agresiva a los hormigones. Humedad 12%, finos 45%, L.L. 32, L.P. 20, I.P. 12, S.P.T. 56, tensión admisible 2,5-5,5 kg/cm2.
- Arena gruesa densa a muy densa, de color marrón, con espesor medio de al menos 7 a 10 metros. Pertenecen al grupo **SC** de Casagrande y se definen



Acreditado por la Comunidad de Madrid con fecha 31.05.96. Inscrito en el M.O.P.T. con el nº 03022 ST 96 (B.O.E. del 07.08.96)

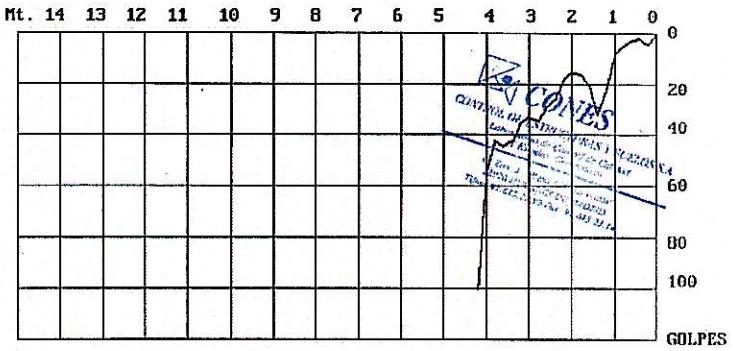
CONES S.A.

Laboratorio Acreditado C.A.M.(27/6/91) (10/8/93)
B.O.E. nº 197 (17/8/91) nº 204 (26/8/93)
P. IND. LA FRAILA NAVE 13045 ZINC-3 28960 HUMANES
TELEF.: 615 23 99 FAX: 615 23 99

TRABAJO Nº : 5664/01
PETICIONARIO :
DENOMINACION : MADRID
MUESTRA : P-7
COTA : -3.00m
FECHA : 05-07-01
OPERADOR :

PENETROMETRO TIPO DPSH

PROFUN. (Mt.)	NUMERO GOLPES	PROFUN. (Mt.)	NUMERO GOLPES	PROFUN. (Mt.)	NUMERO GOLPES
0.00	0				
0.20	4				
0.40	2				
0.60	3				
0.80	5				
1.00	8				
1.20	22				
1.40	32				
1.60	21				
1.80	16				
2.00	15				
2.20	18				
2.40	26				
2.60	29				
2.80	34				
3.00	33				
3.20	35				
3.40	42				
3.60	44				
3.80	42				
4.00	54				
4.20	100				



como arenas bien graduadas de plasticidad baja a media, con capacidad portante alta y no agresiva a los hormigones. Humedad 3-13%, finos 14-28%, L.L. 26-35, L.P. 14-20, I.P. 11-15, S.P.T. 42-R, tensión admisible 5,0- >5,5 kg/cm2.

- Arcillas arenosas duras, de color verdoso, intercaladas con los niveles anteriores y de espesor medio de 0,5 a 2 metros. Pertenecen al grupo **CL** de Casagrande y se define como arcillas inorgánicas de plasticidad media, con capacidad portante alta y no agresiva a los hormigones. Humedad 9%, finos 52%, S.P.T. 92, tensión admisible 2,0-4,5 kg/cm2.

La estructura geotécnica de la zona es muy simple, presenta sedimentos de tipo detríticos, arenas y arcillas de la "facies de Madrid". Una cobertura superficial, seguida de potentes estratos de arena y arcilla a modo de intercalaciones.

En el área de la obra no se detectaron Niveles Freáticos continuos o aislados que pudieran entorpecer la realización de los trabajos de cimentación o excavación requeridos para las obras.

A título orientativo, en las figuras anteriores, se muestra como ejemplo el perfil de uno de los sondeos con un ensayo penetrométrico, donde se diferencian los distintos niveles geotécnicos comentados.

5- DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

La solución que se planteó fue la de recalzar la estructura para continuar los pilares y muros de carga hacia la nueva cota de cimentación. Para ello se desarrolló una alternativa con micropilotes perforados atravesando las viejas zapatas, que sirvieran de apoyo provisional y apuntalamiento mientras se realiza la excavación para permitir la continuidad de los pilares y muros de carga, y la construcción de las nuevas zapatas de apoyo. En esta solución se prevé la ejecución en primera instancia de cuatro micropilotes verticales por pilar distribuidos simétricamente, y otros tantos paralelos a los muros de carga centrales o los que presentaban particularidades.

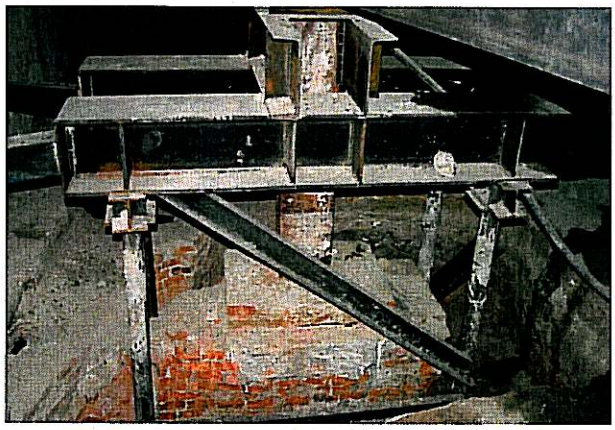
Pilar antiguo con 3 micropilotes ejecutados

En resumen, la secuencia seguida fue la siguiente:

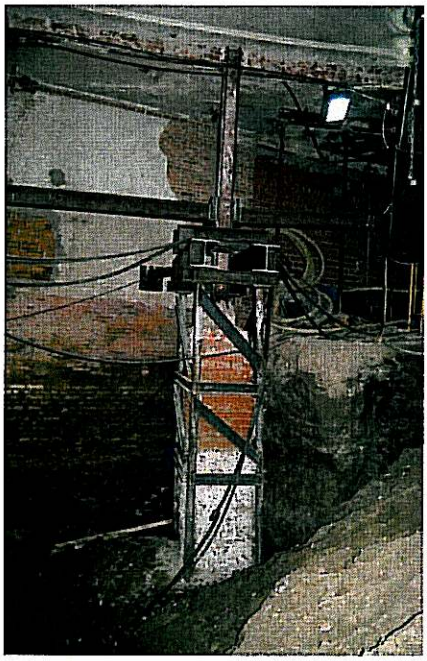
- Pilar original sobre zapatas originales.
- Ejecución de micropilotes verticales contorneando la estructura.
- Excavación y montaje simultáneo de estructura provisional y de arriostramiento que sujeta la base del pilar.
- Eliminación y excavación de la base del pilar, quedando una "torreta" formada por la estructura tubular de los micropilotes.
- Alcanzada la cota de vaciado y nuevo apoyo de las zapatas, se ejecuta el nuevo encepado que se apoya sobre la parte enterrada de los micropilotes.

Sujeción de la base de un pilar

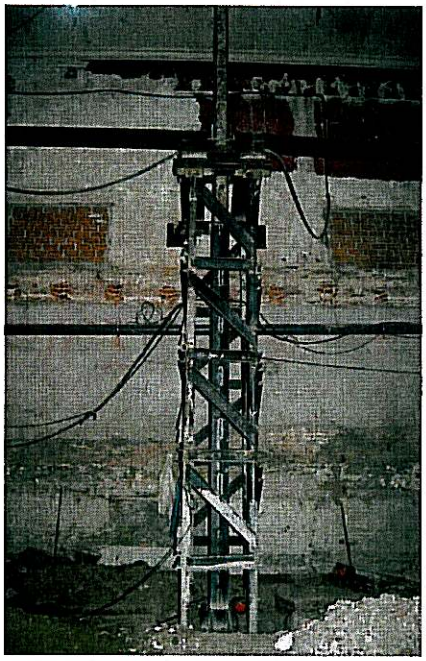
- Se coloca la prolongación del nuevo pilar que se empalma con el antiguo pilar y se apoya en la nueva zapata.
- Finalmente y debidamente arriostrado a la estructura, se suprime la parte de los micropilotes "libres" provocando la puesta en carga del nuevo pilar configurado.



- La misma secuencia se siguió para los muros de carga que se recalzaron con micropilotes, y en especial para los muros particulares, tales como un muro medianero o del escenario, que debido a que debían desplazarse, requirió de la construcción de una estructura puente.



Secuencia de ejecución de los micropilotes, nueva zapata y continuación de la estructura del pilar.



5-1. Descripción de los micropilotes

Un micropilote es un pilote de pequeño diámetro, perforado, armado y hormigonado in situ, generalmente utilizados para refuerzo del terreno, cimentación y recalce de estructuras antiguas, contención de tierras o como estructuras de soporte. Un micropilote está constituido por una perforación (generalmente entre 90 y 250 mm de diámetro), realizado con equipos de perforación de pequeño y mediano porte que se adaptan a las condiciones y secciones de trabajo, con un par de rotación que puede (si es necesario) revestir o entubar el taladro abierto de forma continuada y simultánea. En la perforación se puede introducir diferentes tipos de armaduras (de barras, tubular, de fibra de vidrio, de

pvc) y el sellado se puede realizar con lechada de cemento de distinta densidad, morteros u hormigón, introducido tanto por gravedad, bombeado o a presión confinada.

Un micropilote o grupo de micropilotes puede ser solicitado por cargas axiales y/o laterales, y puede ser considerado como sustituto de un pilar convencional, así como un componente de una masa pilar/suelo como refuerzo, dependiendo del concepto del diseño elegido.

Los micropilotes son instalados en el terreno por métodos que causan un mínimo disturbio, de las estructuras adyacentes y del medio ambiente, por lo cual son utilizados para recalzar estructuras en equilibrio límite. Pueden ser ejecutados en condiciones de accesos y ambientes restringidos y en todo tipo y condiciones de terrenos, tanto suelos y/o rocas, incluso atravesando cimentaciones antiguas o estructuras enterradas. Los micropilotes pueden ser ejecutados e instalados con cualquier ángulo de inclinación.

5-2. Diseño de los micropilotes

Definido en este proyecto la solución con micropilotes, debido al condicionante de limitaciones de espacio y el breve plazo de tiempo para la ejecución de las obras, con el aporte de las cargas y las características geomecánicas del terreno, se diseñaron los micropilotes que se debían ejecutar. Los mismos se fijaron con un único diámetro de perforación y sección de armadura (tope estructural) para unificar criterios de geometría y refuerzos, para facilitar las tareas de logística y la producción de ejecución en el interior del edificio, con enormes restricciones para la descarga de materiales en una zona céntrica de Madrid con limitaciones de tráfico y horarios. Un resumen de los micropilotes diseñados, sería el siguiente:

- El diámetro de perforación se definió en 150 mm para facilitar la utilización de equipos de perforación de pequeño porte.
- La armadura de acero tubular sin costura, con uniones roscadas macho-hembra, un Límite Elástico de 500 KN y carga de rotura superior a 700 KN. La sección de cálculo fue de 88,9 mm de diámetro exterior y 10 mm de espesor de pared.
- La inyección fue del tipo global por el interior de la armadura y recirculación por el espacio anular a baja presión hasta relleno total del taladro. El mortero utilizado fue del tipo lechada estable de agua y cemento con una resistencia final de 20 KN.
- El tope estructural de cálculo fue unificado en 60 Tn de carga axil vertical.
- La longitud final de los micropilotes fue variable y estaba en función de la profundidad final que la excavación iba a alcanzar debajo de la estructura que se estaba recalzando. Por lo que las profundidades que se alcanzaron variaron de 11,00 y 16,00 metros.

- El empotramiento de los micropilotes fue siempre en las "arenas de miga" para soportar por adherencia y movilizando la resistencia friccional a lo largo del fuste las 60 Tn de proyecto.

OBRA: TEATRO ALCALÁ. MADRID.
CÁLCULO ESTRUCTURAL DE MICROPILOTES DE 60 TN.

Diámetro de perforación (m.m.):	152	Área del micro (cm^2):	181,5
Diámetro exterior de armadura (m.m.):	88,9	Ap = Área de armadura (cm^2):	24,8
Espesor de armadura (m.m.):	10	As = Área del refuerzo (cm^2):	0,0
fyk = Límite elástico del acero (Kg./cm^2):	5000	Ac = Área de mortero (cm^2):	156,7
γ_s = Resistencia del mortero (Kg./cm^2):	150		
= Coeficiente de minoración del acero:	1,15		
γ_c = Coeficiente de minoración del mortero:	1,5		
ϕ = Diámetro de de refuerzo:	0		
Nº de ϕ de refuerzo:	0		
γ_f = Coeficiente mayoración de acciones:	1,6	Resistencia admisible (Tm.):	**62,4**
		Resistencia de cálculo (Tm.): $(N_d = N_{adm} \cdot \gamma_f)$	**99,8**

La formula empleada, según la EH-91 es:

$$N_{adm} = \left[A_c \cdot \frac{0{,}9 \cdot 0{,}85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} + A_p \cdot \frac{f_{yk,p}}{\gamma_s} \right] \cdot \frac{1}{\gamma_f} \cdot \frac{1}{1{,}2}$$

Donde se limita la resistencia de cálculo de las barras de refuerzo a 4.200 Kg./cm^2 por estar a compresión.

CÁLCULO DE LA LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO

Diámetro de perforación (m.m.):	152	
Resistencia última al arrancamiento (Kg/cm^2):	2,2	
Coeficiente de seguridad:	2,5	
Esfuerzo axil (Tm.):	60	
	1er estrato	2º estrato
Longitud de estratos superiores colaborantes:	0	0
Resistencia última de dichos estratos	0	0

LONGITUD EMPOTRAMIENTO (m.): **14,3**

LONGITUD considerando estratos (m.): 14,3 — Empotramiento en arenas de miga de Madrid, sin rellenos superiores.

6- PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

La situación de los micropilotes debajo de cada pilar de carga se diseño formando un cuadrado rodeando la vieja zapata con 4 unidades, a modo de dejar durante la excavación unas "jaulas" que convenientemente arriostradas y rigidizadas permitiesen el trabajo del personal en su interior para colocar la continuación del pilar hasta la nueva cota de apoyo de la nueva zapata.

6-1. Procedimiento de ejecución de los micropilotes

Para la ejecución de los trabajos se dispuso en obra de dos equipos de perforación y una central completa de preparación de lechadas y morteros con bombas de inyección,

- Un equipo de perforación Casagrande M-3, de accionamiento hidráulico y de dimensiones reducidas, especialmente diseñado de fábrica para este tipo de trabajos, con corredera guía limitada en altura a 2,80 metros y autodesplazamiento sobre orugas con motor eléctrico.
- Un equipo de perforación Stenuick, desmontable con mandos separados, de accionamiento neumático para acceder a las zonas más difíciles y estrechas, con corredera guía limitada en altura a 2,00 metros, y desplazamiento manual sobre ruedas neumáticas.

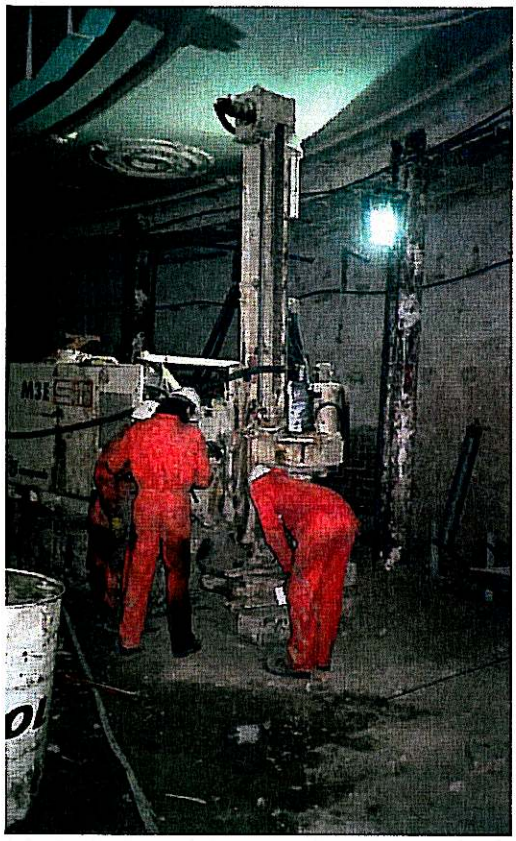
Equipos de perforación de interiores

- Una central de preparación de lechadas y morteros para inyección con accionamiento neumático, compuesta por un cuerpo de preparación de las mezclas de alta revolución (1.500 r.p.m.), una agitadora de paletas con capacidad de 300 litros, y una bomba de impulsión de pistón de doble efecto con capacidad máxima de bombeo de 60 litros/minuto a 100 Bar de presión.

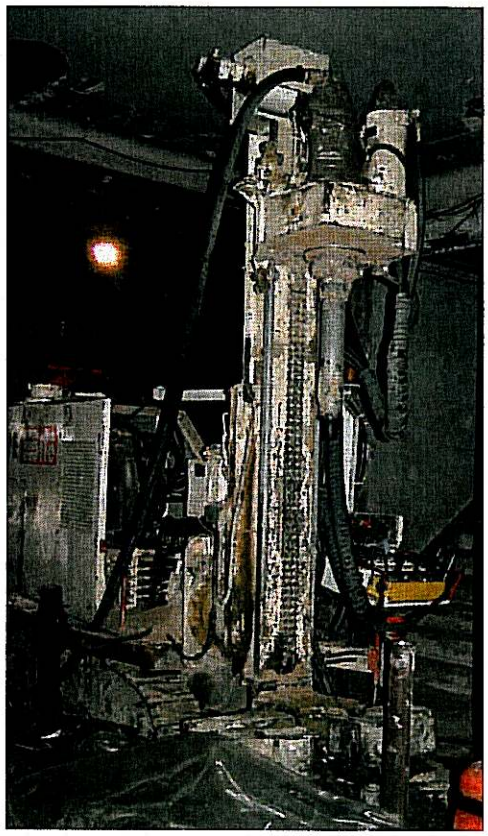
6-2. *Perforación*

La perforación se realizó con el siguiente procedimiento,

- Por el sistema de rotación, en la vertical, con revestimiento o entubación temporal del taladro cuando las condiciones de estabilidad del terreno lo requerían.
- El sistema de refrigeración y limpieza del taladro, por circulación directa de aire comprimido a presión.
- La herramienta de corte, de acero reforzado tipo "trialeta" que abre un orificio de 152 mm de diámetro.



Perforación



Colocación de armadura

6-3. *Colocación de la armadura*

La colocación de las armaduras tubulares se realizaba manualmente,

- En tramos cortos de 3,00 metros.
- Unión macho – hembra roscada a tope tramo a tramo, en el mismo taladro.
- Descenso manual o ayudado con la misma columna guía de la máquina, con las mordazas, o con ayuda de cable flexible.

- Apoyo en el fondo del taladro a la cota prevista y corte de la armadura restante con soplete o radial a la altura indicada de arriostramiento.

6-4. Inyección

La inyección realizada fue del tipo global a baja presión, para asegurar la continuidad del relleno de los vacíos producidos por la perforación, con un buen y firme contacto entre el mortero y el terreno circundante, y para conseguir una buena adherencia friccional del conjunto mortero-terreno, necesaria para la transmisión de las cargas. Con el procedimiento siguiente:

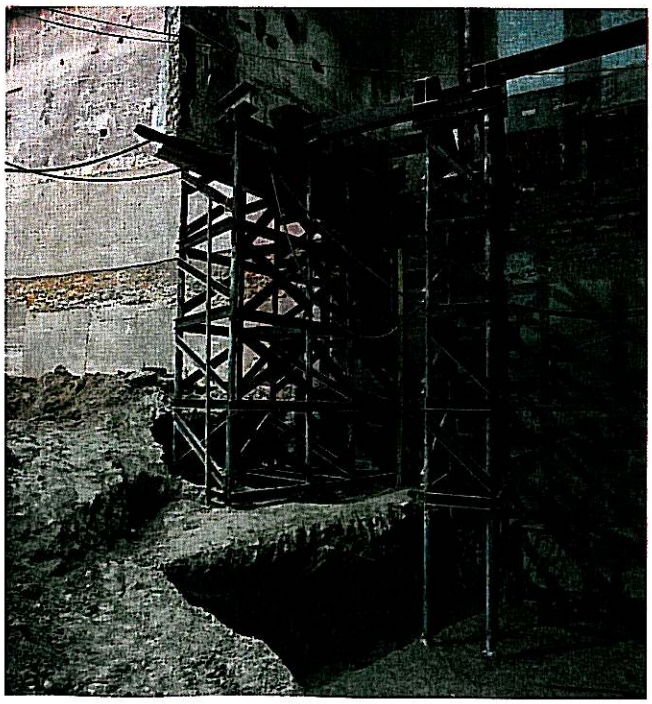
- Con obturación mecánica en la boca de la armadura tubular.
- Con circulación por el interior de la armadura tubular, retorno y recirculación por el espacio anular hasta la superficie o cota de trabajo.
- Lechada preparada con agua y cemento tipo portland normal (II-32,5-R) con una relación típica de 0,5 (agua:cemento).
- Impulsión mediante bombeo a una presión de 1 Bar.

6-5. Procedimiento de excavación y transferencia de cargas

La dificultad de los trabajos requirió de una coordinación con el contratista principal, ya que la ejecución de los micropilotes se realizaba por delante de la excavación y arriostramiento de grupos de micropilotes por debajo de los antiguos pilares, con un intenso y simultáneo movimiento de personal y equipos mecánicos, que demandaba un detallado plan de trabajos para no interferir las diferentes actividades y empresas actuantes.

La profunda intervención en estructuras y cimientos, requirió realizar diferentes actuaciones simultáneamente, de las que pueden destacarse:

- Refuerzo de la estructura original.
- Recalce mediante bataches de los muros perimetrales.
- Recalce mediante micropilotes de los pilares y muros interiores.
- Arriostramiento y estabilización de pilares, muros y todo el conjunto durante el proceso de excavación.
- La creación del nuevo frente del escenario varios metros por delante del existente, y a una cota de apoyo varios metros por debajo.
- Demolición del cuerpo del escenario con arriostramientos del conjunto mediante una torre



auxiliar, ya que con los muros laterales sostenía toda la estructura original. La torre se cimentó sobre micropilotes para mantenerla estable durante la excavación.

Una vez completado el recalce mediante bataches y micropilotes, y el arriostramiento del conjunto de la estructura original, se procedió a la excavación para las transferencias de cargas de la nueva estructura a su nueva cota de cimentación. Entre otras, las secuencias que se pueden mencionar, son las siguientes:

- Durante la excavación se fueron arriostrando progresiva-mente los grupos de micro-pilotes de cada pilar del edificio, del frente del escenario, e incluso de la torre auxiliar situada dentro del escenario.
- Alcanzada la cota definitiva de solera se procedía a ejecutar las nuevas zapatas y a sobre-excavar la zona central donde se situaría el aljibe.

- Se inicia la construcción de la nueva estructura de forma ascendente, suprimiendo los elementos provisionales de atado y arriostramiento.

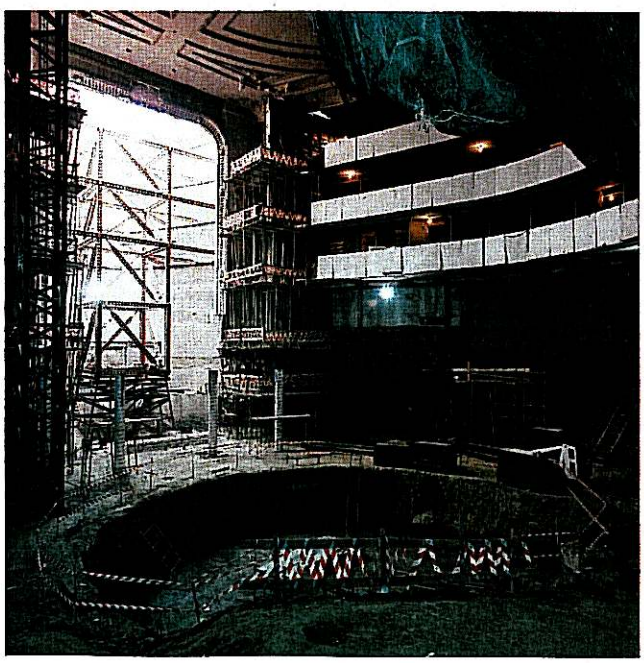
- Una vez, y convenientemente rigidizados y solidarizado los nuevos elementos estructurales con la antigua estructura, se cortan los elementos provisionales de sostenimiento (micropilotes, arriostramientos, apoyos provisionales) para poner en carga la nueva estructura.

- El nuevo escenario al ser más alto, más profundo, con los muros laterales más esbeltos, queda arriostrado con la nueva cubierta y el nuevo pórtico del frente del escenario, y sendos pilares situados en el centro.

7- CONTROL DE EJECUCIÓN Y RESULTADOS

Antes del comienzo de los trabajos se realizaron los siguientes controles, replanteos y ensayos:

- Comprobación de las armaduras de los micropilotes, mediante certificados de fabricación con características mecánicas, composición de las coladas, resistencia a compresión, flexión y cortante. Verificación con ensayos puntuales sobre muestras extraídas al ingreso a obra de resistencia a compresión y módulo de deformación.
- Comprobación del cemento utilizado en la preparación de lechadas y morteros de inyección, con certificados de fabricación de cada partida que ingresaba a la obra en pallettes completos y envueltos.
- De las lechadas preparadas para el sellado de los micropilotes se extrajeron muestras para confeccionar probetas normalizadas, para la comprobación en laboratorio de la resistencia a la compresión simple a diferentes períodos de endurecimiento.
- Se replantearon topográficamente la situación de cada micropilote y se marcaron con estacas como puntos fijos.
- Se comprobaba la verticalidad de la corredera guía, con nivel de grados, en los equipos de perforación en cada emplazamiento de micropilote, así como su situación topográfica, previo al inicio de la perforación.
- Se comprobaron y verificaron durante la excavación de forma topográfica, la situación teórica y real de cada micropilote, su verticalidad, la deformación de estos durante el proceso de excavación, y se certificaba que estuviera dentro de límites establecidos como aceptables.



8- CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha expuesto el diseño y proceso constructivo del recalce y cimentación llevado a cabo en las obras de remodelación y ampliación del Nuevo Teatro

Alcalá Palace de Madrid. Dicha zona de trabajos se encuentra emplazada en una de las arterias céntricas más importante de Madrid con un movimiento de personas y vehículos que dificultan las tareas de logística de las obras.

El terreno de cimentación se caracteriza por la presencia de estratos de espesor importante de arenas, arenas arcillosas y arcillas arenosas densas, de baja deformabilidad, resistencia media-alta, y buena capacidad portante y adherente.

En el diseño de la cimentación y las estructuras se tuvo en cuenta la posibilidad de realizar múltiples tareas simultaneas, con equipos pequeños que pudieran moverse dentro del antiguo edificio, causando el mínimo disturbio tanto al terreno, a la antigua estructura que se debía remodelar, y a los edificios vecinos colindantes que se encontraban habitados.

Durante el proceso de construcción se llevó un estricto sistema de controles para asegurar el éxito y calidad de la construcción con las mínimas deformaciones.

Los rendimientos alcanzados en la ejecución de micropilotes por equipo de perforación fue de 45 m.l. de media por jornada laboral, considerando los reducidos espacios y equipos necesarios para este tipo y condiciones de trabajos.

9- BIBLIOGRAFÍA

Además de la documentación de la propia obra, se han consultado los trabajos siguientes:

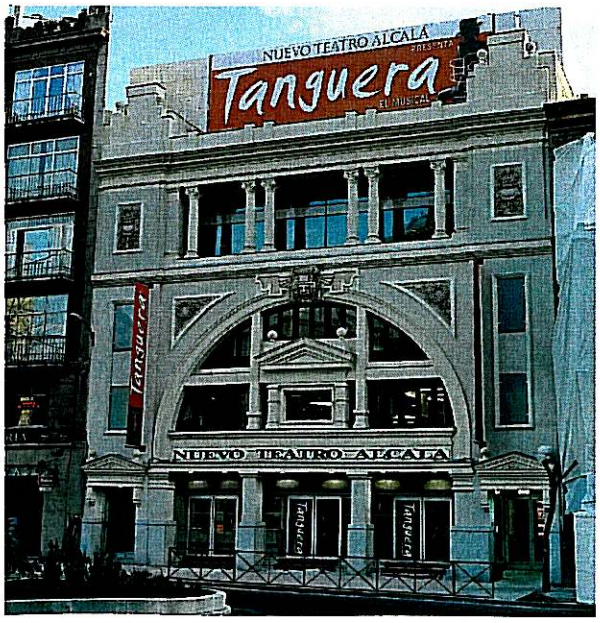
1- Nuevo Teatro Alcalá. "Una Rehabilitación Singular". Construcciones Moguerza. Editorial Munilla-Lería. Madrid, 2003.
2- Informe Geotécnico de la obra "C/ Jorge Juan, 62 C/V C/Alcalá. Madrid. Laboratorio CONES. Madrid, Junio, 2001.
3- Solución con micropilotes en el recalce de estructuras singulares. Revista Igeopres Nº 117. Año, 2003.
4- Solución con micropilotes para cimentaciones, recalces, retención de tierras y estabilización de taludes. Ciclo de conferencia E.U. Politécnica de Cuenca. Marzo, 2003.
5- Un método para el cálculo de los anclajes y los micropilotes inyectados. Michel Bustamante. L.C.P.C. de Paris. 1986.
6- Pali radice and reticulated pali radice. Surrey University Press. Lizzi F. 1985.

10- AGRADECIMIENTO

EL autor desea expresar su agradecimiento a la empresa Moguerza, S.A., encargada de la construcción principal, por la colaboración y documentación aportada. A la Dirección de Obra y la oficina de proyecto y cálculo Otep, por su colaboración y aportaciones técnicas en el diseño de la cimentación y procedimientos constructivos.

Por último, agradecer a todo el personal de SITE, S.A. que ha intervenido en la ejecución de las cimentaciones de la obra, y del personal técnico por su colaboración en la elaboración del presente artículo, que en su conjunto hicieron posible terminar con éxito esta intervención tan particular.

Juan Carlos Novarece Puente

Ingeniero de Minas

SITE, S.A.