

Aislamiento dinámico por cimentación suspendida del simulador sísmico del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX

VICENTE CORBATÓN (*)

RESUMEN En este artículo se describe el sistema de aislamiento de vibraciones del simulador sísmico recientemente instalado en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX. Asimismo, se analiza el comportamiento del sistema de aislamiento y se comparan los resultados con los suministrados por la empresa fabricante del simulador y con los obtenidos experimentalmente.

VIBRATION ISOLATING SYSTEM OF THE CENTRAL LABORATORY SAKING TABLE

ABSTRACT *Vibration isolating system of the Central Laboratory seismic simulator is described. Dynamic analysis of the floating foundation mass is done, and results are compared with the supplier's calculation and experimental testing.*

Palabras clave: Aislamiento de vibraciones; Aislamiento dinámico; Cimentación suspendida; Simulador sísmico; Ensayos dinámicos.

INTRODUCCIÓN

El simulador sísmico Laboratorio Central de Estructuras y Materiales básicamente consiste en una plataforma de 6 toneladas a la que se pueden fijar modelos a ensayar de hasta 10 toneladas y en unos actuadores hidráulicos que son capaces de mover el conjunto a frecuencias de hasta 100 Hz y con desplazamientos de hasta 20 cm. Para proteger la edificación que alberga el simulador de las cargas dinámicas de reacción de estos actuadores es necesario disponer de un sistema de absorción de vibraciones capaz de reducir las cargas transmitidas al edificio el rango de frecuencias de trabajo del simulador.

En este artículo se describe este sistema de aislamiento de vibraciones. Posteriormente se plantean las ecuaciones del movimiento para un grado de libertad y se comparan los resultados con los suministrados por la empresa fabricante del equipo y con los obtenidos experimentalmente.

SISTEMA DE AISLAMIENTO DE VIBRACIONES DEL SIMULADOR SÍSMICO

Para aislar las vibraciones del simulador sísmico, se utiliza una gran masa de reacción como elemento intermedio entre la mesa vibrante y la cimentación. Esta masa de reacción consiste en un bloque de hormigón armado de 9 x 9 x 4,5 metros con un foso de 3,4 x 3,4 x 2,15 metros situado en el centro de la misma en el que se aloja la mesa sísmica y sus

actuadores. En la figura 1 se muestra una sección del conjunto.

El peso de la mesa y del modelo a ensayar se compensa mediante un cojín neumático situado en el centro del foso, de manera que los actuadores hidráulicos sólo tengan que soportar las cargas dinámicas.

Los actuadores hidráulicos que mueven la mesa se fijan a la masa de reacción mediante unas placas de acero de 45 x 45 x 10 cm. Estas placas tienen la misión de repartir la carga del actuador y de facilitar la colocación del mismo en su posición correcta con mínimas tolerancias. Las placas se sujetan a la masa de reacción mediante mortero BETEC para facilitar su colocación y mediante varillas roscadas que atraviesan la masa, de forma que puedan soportar tracciones.

La masa de reacción se soporta mediante dos filas de ocho cojines neumáticos cada una situadas a ambos lados de la misma. Además en cada esquina inferior de la masa de reacción se montan cuatro amortiguadores inclinados 45° respecto a la masa de reacción. En la figura 2 se aprecia un detalle de este montaje.

Los cojines de aire se alimentan de un compresor de aire que también suministra presión al cojín neumático situado en el centro del foso y que libera a los actuadores hidráulicos de la carga estática. El control del suministro de aire se hace de manera separada. En el caso del cojín central que hace de soporte estático de la mesa se utiliza un regulador que permite incrementar la presión hasta que se anula la carga en los actuadores verticales con la mesa en reposo. En el caso de los 16 cojines de aire que soportan el peso de la masa de reacción se utilizan tres líneas de presión distintas, una para 6 cojines de un lado, otra para 6 de otro y otra

(*) Ingeniero Industrial Mecánico. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, CEDEX (MOPTMA).

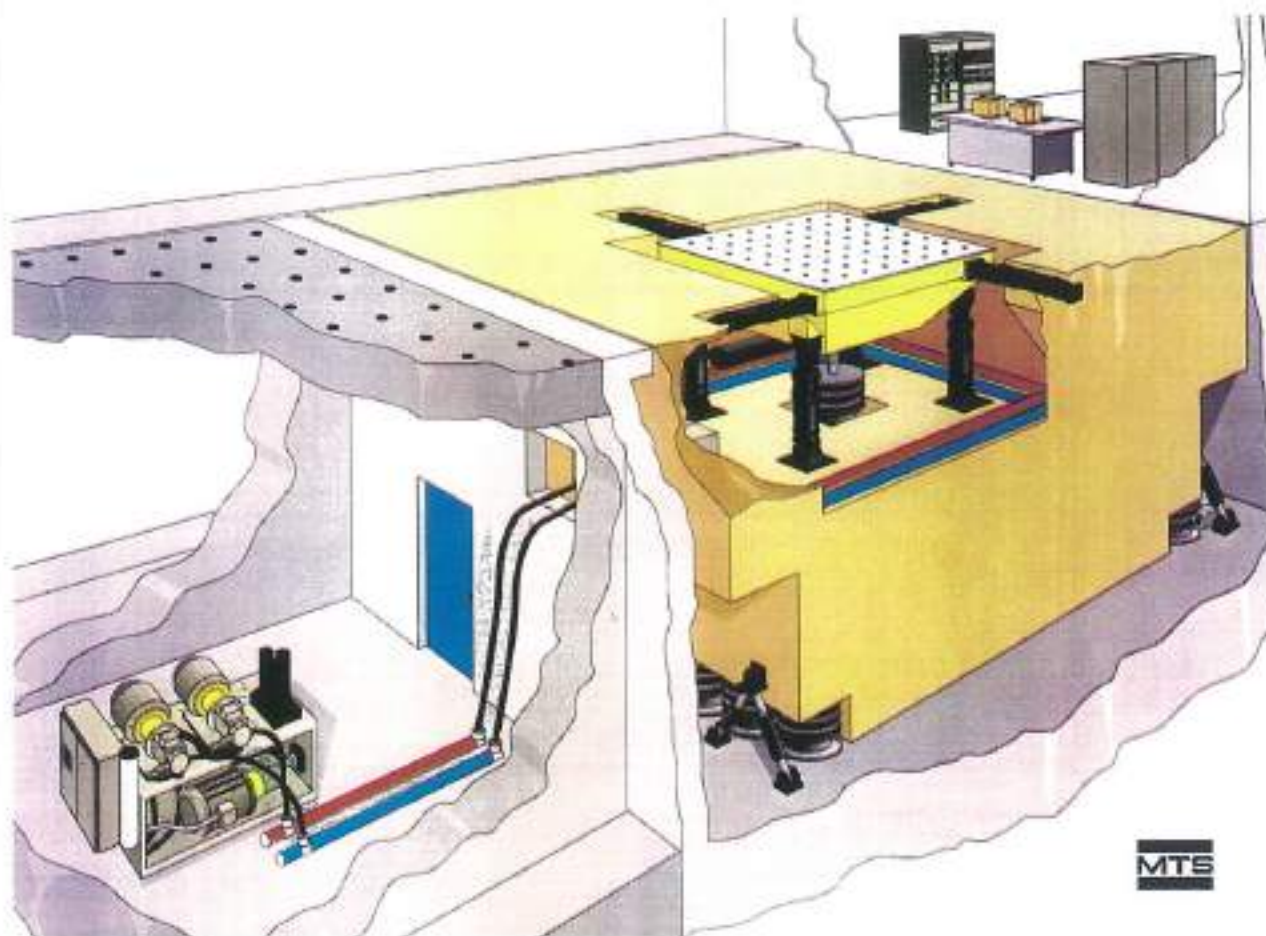


FIGURA 1. Masa sísmica y masa de reacción.



FIGURA 2. Soporte de la masa de reacción mediante cojines neumáticos y amortiguadores.

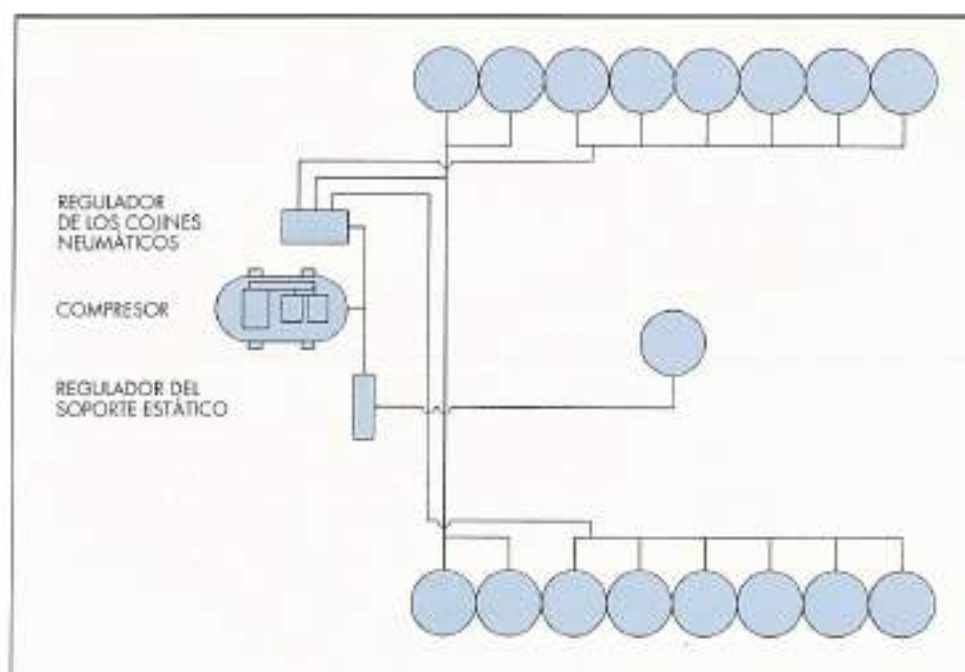


FIGURA 3. Esquema de la instalación neumática.

para los 4 restantes, como se muestra en la figura 3. El control de las tres líneas de presión se hace mediante 3 sensores de posición y un control lógico programable (PLC) con el objetivo de mantener la masa de reacción nivelada en todo momento.

Los cojines de aire y los amortiguadores que soportan la masa de reacción se apoyan en una losa de hormigón armado de $9 \times 9 \times 1,5$ metros realizada sobre una base de zahorra de 20 cm de espesor.

ANÁLISIS MODAL DE LA MASA DE REACCIÓN

El análisis modal de la masa de reacción se puede realizar considerando el modelo simplificado que se representa en la figura 4.

A partir de la segunda ley de Newton se obtienen las ecuaciones del movimiento libre no amortiguado:

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow m\ddot{z} + K_1(z - l\alpha) + K_2(z + l\alpha) = 0$$

$$\sum M = 0 \Rightarrow I\ddot{\alpha} + K_1(l\alpha - z) + K_2(l\alpha + z) = 0$$

Ensayando una solución para estas ecuaciones de la forma:

$$z = z_0 \sin(\omega t)$$

$$\alpha = \alpha_0 \sin(\omega t)$$

y sustituyendo, se obtiene:

$$-m\omega^2 z + z(K_1 + K_2) + \alpha l(K_2 - K_1) = 0$$

$$-I\omega^2 \alpha + \alpha l^2(K_1 + K_2) + z l(K_2 - K_1) = 0$$

ecuaciones que se pueden expresar matricialmente como:

$$\begin{bmatrix} K_1 + K_2 - m\omega^2 & l(K_2 - K_1) \\ l(K_2 - K_1) & l^2(K_1 + K_2) - I\omega^2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} z \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para que este sistema tenga solución distinta de la trivial, el determinante de los coeficientes ha de ser nulo, condición que proporciona la ecuación de frecuencias:

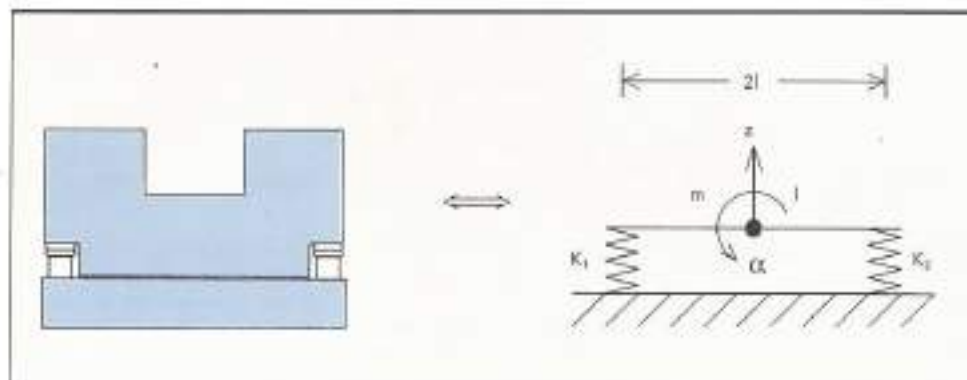


FIGURA 4. Modelo simplificado para realizar el análisis modal de la masa de reacción.

$$(K_1 + K_2 - m\omega^2) \cdot (I^2(K_1 + K_2) - I\omega^2) = I^2(K_1 - K_2)^2$$

que ordenando queda:

$$\omega^4 ml - \omega^2(K_1 + K_2) \cdot (ml^2 + I) + 4I^2 K_1 K_2 = 0$$

Las dos soluciones de esta ecuación en ω son el cuadrado de las frecuencias naturales para los grados de libertad α y z . Para el caso $K_1 = K_2 = K$, las soluciones son:

$$\omega_1^2 = \frac{2K}{m}$$

$$\omega_2^2 = \frac{2KI^2}{I}$$

ω_1 es la menor frecuencia natural y corresponde al movimiento vertical de la masa de reacción. ω_2 es la frecuencia natural del movimiento según α .

Sustituyendo los valores suministrados por el fabricante del equipo:

$$K = 13,5 \text{ E6 N/m}$$

$$I = 3,8 \text{ m}$$

$$I = 6 \text{ E6 kg} \cdot \text{m}^2$$

$$m = 606 \text{ E3 kg}$$

se obtiene:

$$\omega_1 = 6,2 \text{ rad/s} = 1,0 \text{ Hz}$$

$$\omega_2 = 8,1 \text{ rad/s} = 1,3 \text{ Hz}$$

ANÁLISIS DE MOVIMIENTO EN LA DIRECCIÓN VERTICAL

Para estudiar el movimiento de la masa de inercia en la dirección vertical se utilizará el modelo representado en la figura 5.

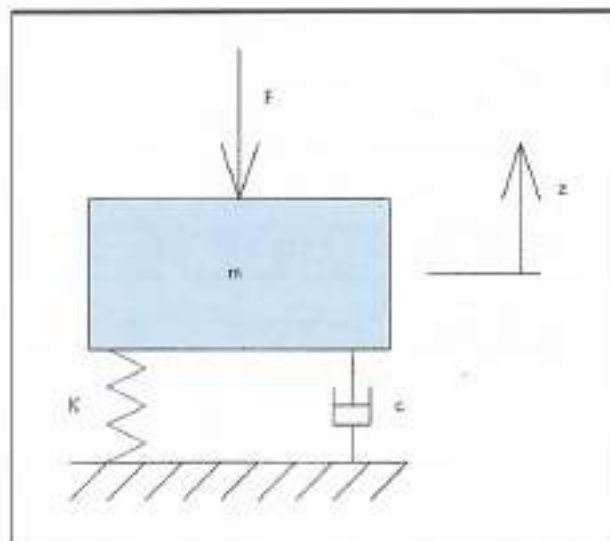


FIGURA 5. Modelo simplificado para realizar el análisis dinámico de la masa de reacción.

En el caso más general la ecuación del movimiento de la masa de inercia en la dirección vertical será:

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + Kz = \ddot{F}$$

donde z y F son funciones del tiempo.

Las fuerzas aplicadas sobre la masa de inercia son las reacciones de los actuadores que son equivalentes a la fuerza que desarrollan, es decir:

$$\ddot{F} = m' \ddot{z}'$$

donde m' es la masa de la mesa y el modelo a ella fijado y z' es el desplazamiento vertical absoluto de la mesa. Para un desplazamiento de la mesa de la forma:

$$z' = a \cdot \sin(\omega t)$$

tenemos:

$$\ddot{F} = -m' \cdot a \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$$

y si llamamos:

$$F_0 = -m' \cdot a \cdot \omega^2$$

la ecuación del movimiento queda:

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + Kz = F_0 \cdot \sin(\omega t)$$

Ensayando una solución de la forma:

$$z = z_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

tenemos que:

$$\dot{z} = z_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\ddot{z} = -z_0 \cdot \omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$$

Sustituyendo en la ecuación del movimiento:

$$-m\omega^2 z_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi) + c\omega z_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi) + Kz_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi) = F_0 \sin(\omega t)$$

y haciendo el cambio:

$$\omega t + \varphi = \alpha$$

queda:

$$-m\omega^2 z_0 \cdot \sin \alpha + c\omega z_0 \cdot \cos \alpha + Kz_0 \cdot \sin \alpha = F_0 \cdot \sin(\alpha - \varphi)$$

Desarrollando:

$$-m\omega^2 z_0 \cdot \sin \alpha + c\omega z_0 \cdot \cos \alpha + Kz_0 \cdot \sin \alpha = F_0 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varphi - F_0 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi$$

lo que obliga a que:

$$-m\omega^2 z_0 + Kz_0 = F_0 \cdot \cos \varphi$$

$$c\omega z_0 = -F_0 \cdot \sin \varphi$$

Dividiendo estas dos expresiones se puede obtener el desfase entre el movimiento de la mesa y el de la masa de reacción:

$$\tan \varphi = \frac{c\omega}{m\omega^2 - K}$$

Teniendo en cuenta que la frecuencia natural para el movimiento vertical vale:

$$\omega_s = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

y que la constante de amortiguamiento crítica (amortiguamiento por encima del cual no se produce oscilación) vale:

$$c_c = 2\sqrt{K \cdot m}$$

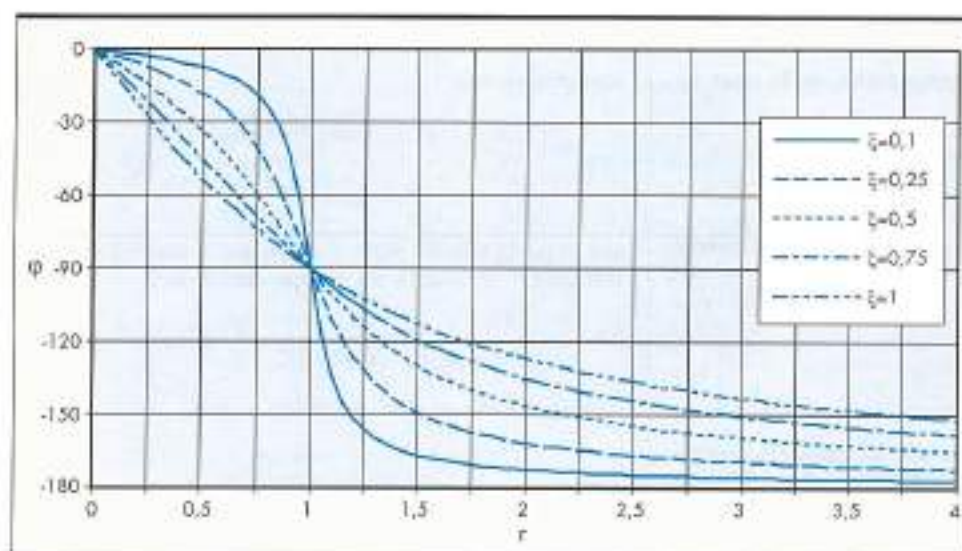


FIGURA 6. Defase entre la carga aplicada y la respuesta del sistema.

Se pueden definir dos parámetros para adimensionalizar la expresión del desfase entre el movimiento de la mesa y la masa de reacción. Estos parámetros son la relación de frecuencias:

$$r = \frac{\omega}{\omega_n}$$

que indica lo cerca que está el movimiento excitador de la frecuencia natural del sistema, y el factor de amortiguamiento:

$$\xi = \frac{c}{c_c}$$

que indica lo cerca que está el amortiguamiento del sistema del amortiguamiento por encima del cual no se produce oscilación.

Sustituyendo y operando, se puede expresar $\tan \varphi$ en función de estos parámetros adimensionales como:

$$\tan \varphi = \frac{2\xi \cdot r}{1 - r^2}$$

En la figura 6 se representa el ángulo de desfase en función de la relación de frecuencias y el factor de amortiguamiento. Se observa que en sistemas poco amortiguados el desfase cambia rápidamente al llegar a la frecuencia natural, lo que permite la identificación de la misma.

La relación entre el desplazamiento de la masa de reacción y el de la mesa se puede obtener a partir de la igualdad:

$$\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$$

Sustituyendo los valores de $\sin \varphi$ y $\cos \varphi$ anteriormente calculados:

$$(c\omega)^2 + (K - m\omega^2)^2 = \frac{F_d^2}{x_0^2}$$

y recordando que:

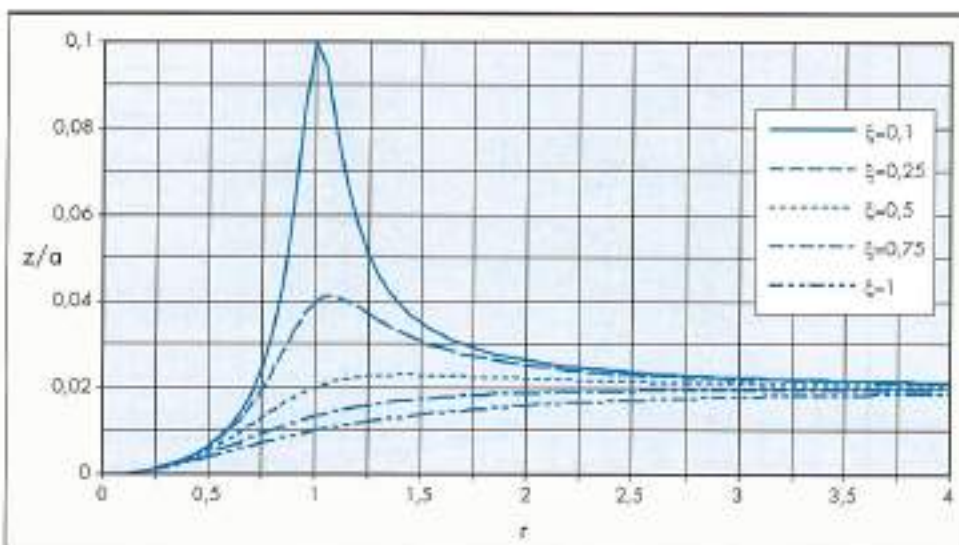


FIGURA 7. Relación entre la amplitud del movimiento de la masa de reacción y la mesa.

$$F_0 = -m' \cdot a \cdot \omega^2$$

tenemos la relación entre el desplazamiento de la masa de reacción y el de la mesa:

$$\frac{z_0}{a} = \frac{-m' \omega^2}{\sqrt{(c\omega)^2 + (K - m\omega^2)^2}}$$

Para expresar esta relación en función de parámetros adimensionales se define la relación de masas como la relación entre la masa de la mesa y el modelo a ella fijado y la masa de la masa de reacción:

$$M = \frac{m'}{m}$$

Mediante este parámetro y los dos anteriormente definidos se puede expresar la relación entre el desplazamiento de la masa de reacción y el de la mesa como:

$$\frac{z_0}{a} = \frac{-Mr^2}{\sqrt{4\xi^2 r^2 + (1 - r^2)^2}}$$

En la figura 7 se representa la relación entre el desplazamiento de la masa de reacción y el de la mesa en función de la relación de frecuencias y el factor de amortiguamiento. Se ha tomado un factor de masa de 0,02 (14 t / 700 t), pues en los ensayos se utilizó un modelo de 8 t lo que hace que la masa de la mesa y del modelo a ella fijado sea de 14 t.

En esta figura se observa que al aumentar el amortiguamiento la frecuencia a la que se obtiene la respuesta máxima es algo superior a la frecuencia natural del sistema.

Análogamente se puede calcular la relación entre la carga que la masa de reacción transmite a la cimentación, F_c , y la que recibe de la mesa y el modelo instalado en ella, F_0 . La carga que la masa de reacción transmite a la cimentación será la carga que transmite a través de los cojines neumáticos (resortes) y la que transmite a través de los amortiguadores; es decir:

$$\hat{F}_c = c\dot{z} + Kz$$

cuyo módulo vale:

$$F_c = \sqrt{(c\omega z_0)^2 + (Kz_0)^2}$$

$$F_c = z_0 \sqrt{(c\omega)^2 + K^2}$$

con lo que la relación entre la carga que la masa de reacción transmite a la cimentación y la que recibe vale:

$$\frac{F_c}{F_0} = -\frac{z_0}{m' a \omega^2} \sqrt{(c\omega)^2 + K^2}$$

pero como antes ya se ha calculado:

$$\frac{z_0}{a} = \frac{-m' \omega^2}{\sqrt{(c\omega)^2 + (K - m\omega^2)^2}}$$

queda finalmente:

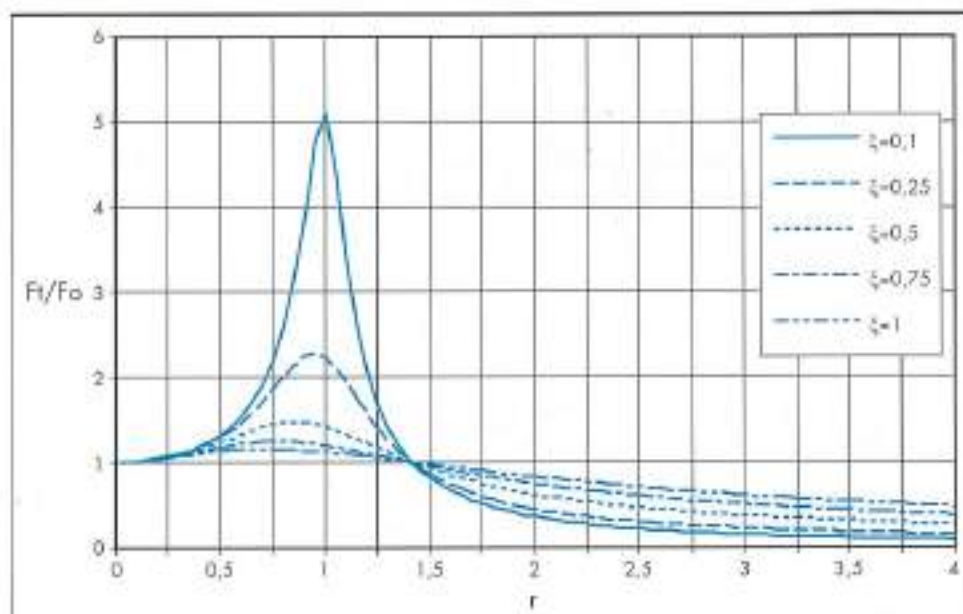
$$\frac{F_c}{F_0} = \sqrt{\frac{(c\omega)^2 + K^2}{(c\omega)^2 + (K - m\omega^2)^2}}$$

Esta expresión se puede expresar en función de los parámetros adimensionales anteriormente definidos como:

$$\frac{F_c}{F_0} = \sqrt{\frac{4\xi^2 r^2 + 1}{4\xi^2 r^2 + (1 - r^2)^2}}$$

En la figura 8 se representa la relación entre la carga transmitida a la cimentación y la carga que los actuadores transmiten en función de la relación de frecuencias y el factor de amortiguamiento. Se observa que al aumentar el amortiguamiento se limita la carga máxima que recibe la cimentación, sin embargo para frecuencias superiores a $\sqrt{2}\omega_0$, cuanto mayor es el amortiguamiento mayor es la carga que se transmite a la cimentación.

FIGURA 8. Relación entre la carga transmitida a la cimentación y la carga que los actuadores transmiten a la masa de reacción.



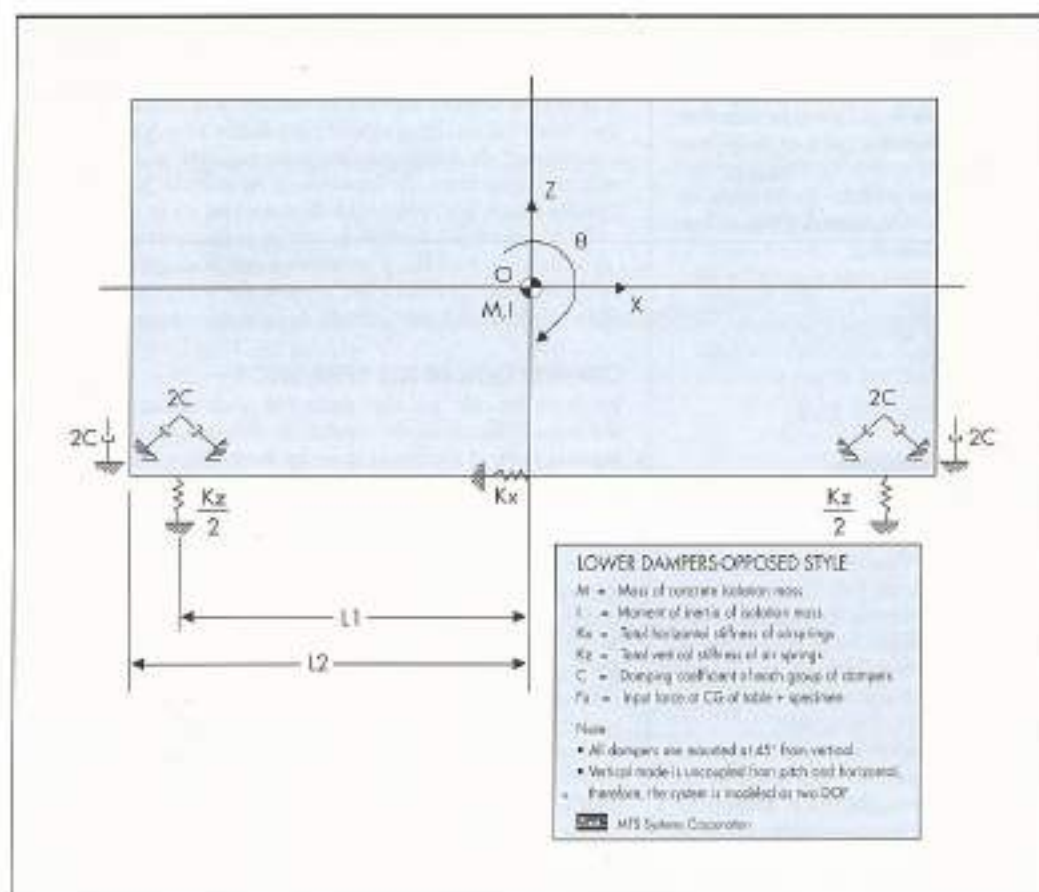


FIGURA 9. Modelo para los cálculos de MTS.

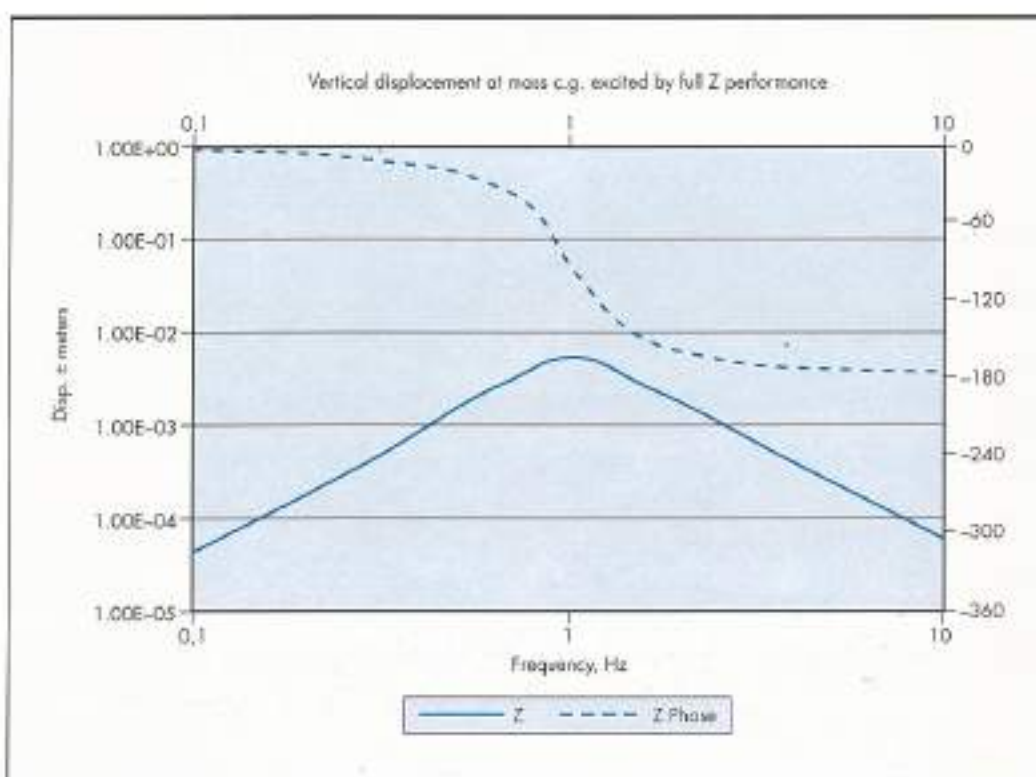


FIGURA 10. Desplazamiento vertical de la masa de reacción para el desplazamiento máximo de masa.

CÁLCULOS FACILITADOS POR EL FABRICANTE DEL EQUIPO

Como parte del proyecto, el fabricante del simulador sísmico (MTS Systems Corporation) suministró un análisis dinámico de la masa de reacción. El modelo utilizado se muestra en la figura 9 y los resultados obtenidos para el desplazamiento vertical en la figura 10.

Se observa que el desplazamiento máximo de la masa de reacción se produce cerca de 1 Hz y vale entre 5 y 6 mm. Los valores utilizados en estos cálculos fueron:

$$K_s = 27 \text{ E6 N/m}$$

$$L_1 = 3,8 \text{ m}$$

$$I = 6 \text{ E6 kg} \cdot \text{m}^2$$

$$M = 696 \text{ E3 kg}$$

$$C = 2,4 \text{ E6 N/(m/s)}$$

$$\text{Masa de la mesa y el modelo} = 16 \text{ E3 kg}$$

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MOVIMIENTO DE LA MASA DE REACCIÓN

Entre los posibles tipos de ensayo que se pueden realizar con el simulador sísmico del Laboratorio Central, destaca el análisis modal experimental de estructuras. Este ensayo se realiza excitando la estructura con sucesivos desplazamientos senoidales a distinta frecuencia y midiendo la respuesta de la estructura. Posteriormente se puede calcular la función de transferencia entre la respuesta y la excitación y conocer así las distintas frecuencias naturales de la estructura.

Se utilizó esta capacidad del simulador sísmico, para hacer un análisis modal experimental de su propia masa de reacción. Para ello se movió la mesa cargada con el modelo de aceptación del equipo y se midieron los desplazamientos de la masa de reacción. El modelo de aceptación del equipo está formado por cinco bloques anulares de hormigón unidos con barras de pretensado de manera que se comporten como un sólido rígido en la gama de frecuencias en la que se puede

mover la mesa. En la figura 11 puede observar este modelo, cuya masa total es 8 toneladas.

La masa de reacción se excitó moviendo este conjunto en la dirección vertical según una función senoidal con frecuencias desde 0,5 a 2 Hz y amplitudes desde 10 a 5 mm. Con un transductor de desplazamiento se registró el movimiento vertical de la masa de reacción, y se calculó la función de transferencia. Los resultados se muestran en la figura 12.

De la curva del desfase se puede estimar que la frecuencia natural es 1,22 Hz, y se observa que la amplitud máxima del movimiento vertical de la masa de reacción es el 3,7 % de la amplitud del movimiento de la mesa sísmica.

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS

Tanto en los cálculos aquí descritos como en los suministrados por el fabricante del equipo se obtiene que la frecuencia natural para el movimiento en la dirección vertical es 1 Hz; sin embargo en el análisis modal experimental se obtuvo una frecuencia natural de 1,22 Hz. Esta diferencia puede deberse a que tras el diseño inicial se hicieron varias modificaciones sobre la masa de reacción y la disposición de los cojines neumáticos.

La amplitud máxima del movimiento vertical de la masa de reacción obtenida en el ensayo es el 3,7 % de la amplitud del movimiento de la mesa. Como el desplazamiento máximo de la mesa en la dirección vertical es ± 5 cm, cabe esperar que el desplazamiento máximo de la masa de reacción en la dirección vertical sea aproximadamente ± 2 mm. Sin embargo en los cálculos de la empresa suministradora del equipo se obtiene un desplazamiento máximo de la masa de reacción en la dirección vertical de ± 5 a 6 mm. Repasando estos cálculos se observó que se había supuesto un desplazamiento de la mesa sísmica de ± 10 cm (que es el que es capaz de realizar en las dos direcciones horizontales), cuando en realidad éste está limitado a ± 5 cm en la dirección verti-



FIGURA 11. Modelo de aceptación del equipo.

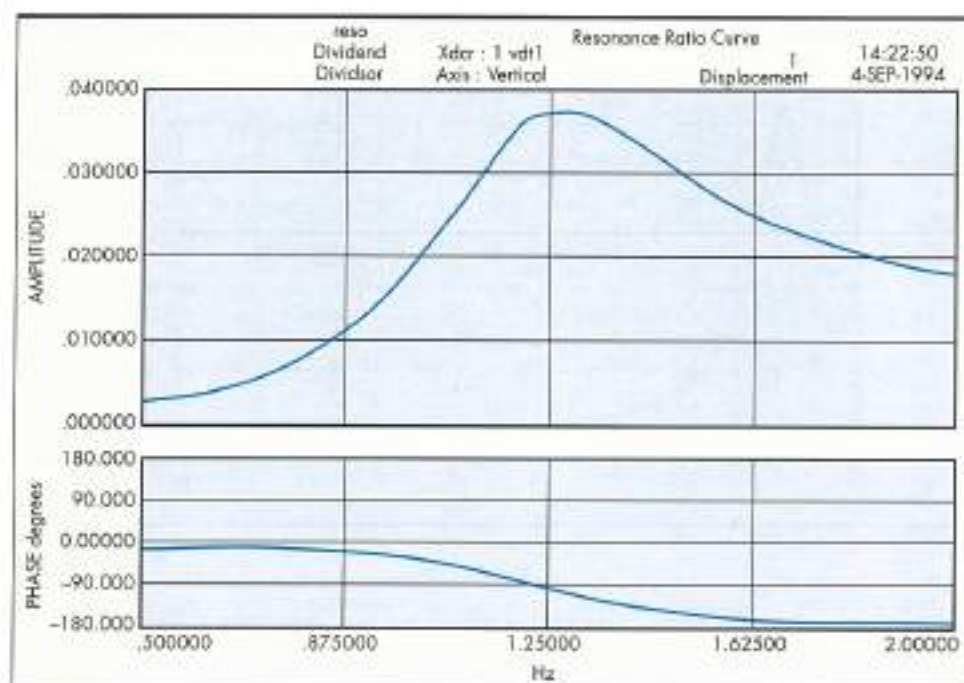


FIGURA 12. Función de transferencia para el movimiento vertical obtenida experimentalmente.

cal. Además en estos cálculos se supuso la masa de la mesa sísmica y el modelo era de 16 t mientras que en el ensayo la masa del modelo y mesa fue de 14 t.

Comparando las figuras 7 y 12 se puede estimar el factor de amortiguamiento del sistema en algo más del 25 %. Si en la expresión analítica:

$$c_c = 2\sqrt{K \cdot m}$$

se sustituyen los valores suministrados por el fabricante:

$$\begin{aligned} K &= 27 \text{ E6 N/m} \\ m &= 696 \text{ E3 kg} \\ c &= 2,4 \text{ E6 N/(m/s)} \end{aligned}$$

se obtiene:

$$c_c = 8,67 \text{ E6 N/(m/s)}$$

con lo que el factor de amortiguamiento:

$$\xi = \frac{c}{c_c}$$

resulta ser del 28 %.

Si en las expresiones calculadas analíticamente para el desfase y la relación de amplitudes:

$$\tan \varphi = \frac{c\omega}{m\omega^2 - K}$$

$$\frac{z_0}{a} = \frac{-m'\omega^2}{\sqrt{(c\omega)^2 + (K - m\omega^2)^2}}$$

se sustituyen los valores facilitados por el fabricante y se toma el valor de la masa de la mesa sísmica y el modelo fijado a ella, $m' = 14 \text{ t}$, se pueden comparar con los resultados analíticos con los experimentales. En la figura 13 se repre-

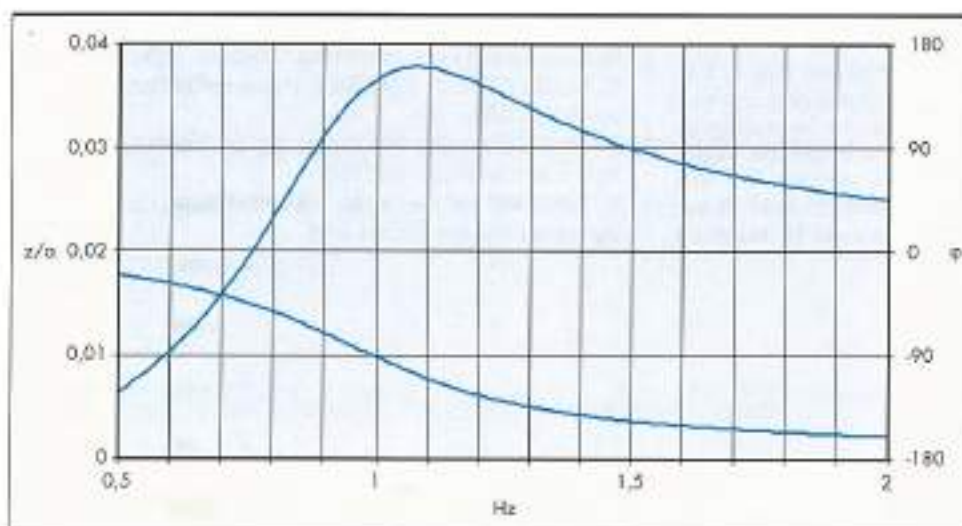
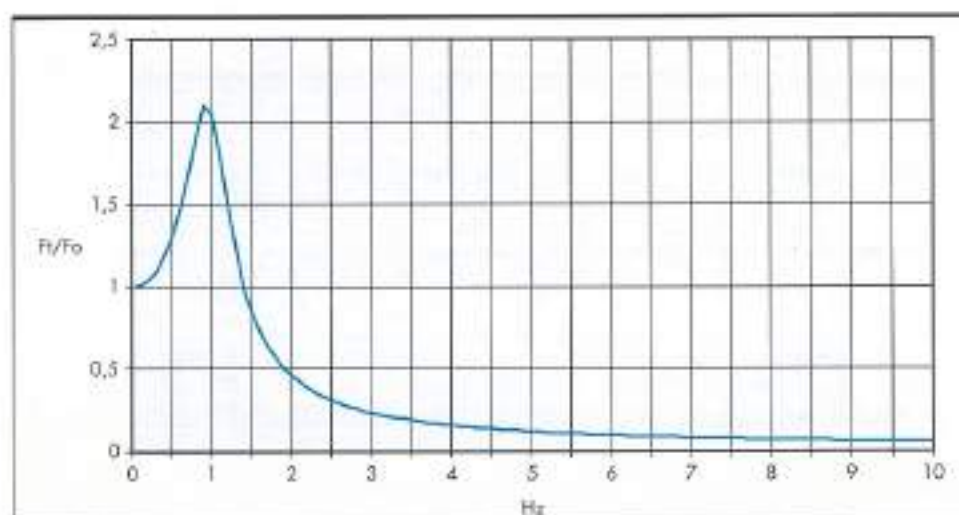


FIGURA 13. Relación de amplitudes y desfase obtenidos analíticamente.

FIGURA 14. Relación entre la carga transmitida a la cimentación y la carga recibida por la masa de reacción obtenida analíticamente.



señalan gráficamente estas expresiones en función de la frecuencia.

Estos resultados se pueden comparar con los obtenidos experimentalmente (figura 12). Se observa la diferencia entre la frecuencia natural calculada y la experimental, pero el valor máximo de la relación de amplitudes prácticamente coincide.

Finalmente se puede calcular la relación entre la carga transmitida a la cimentación y la que ejercen los actuadores sobre la masa de reacción sustituyendo los valores anteriores en la expresión:

$$\frac{F_t}{F_0} = \sqrt{\frac{(c\omega)^2 + K^2}{(c\omega)^2 + (K - m\omega^2)^2}}$$

En la figura 14 se representa esta expresión en función de la frecuencia. Como para realizar ensayos con modelos a escala reducida el movimiento del terreno también ha de escalarse, resulta que las frecuencias de trabajo más habituales del simulador estarán situadas por encima de los 3 Hz, frecuencias para las cuales la carga dinámica transmitida a la cimentación se reduce a menos de la cuarta parte de la que recibe la masa de reacción.

CONCLUSIONES

Los resultados analíticos y experimentales en cuanto a la amplitud y del movimiento de la masa de reacción prácticamente coinciden. Se observa diferencia con los resultados suministrados por el fabricante debido a la distinta amplitud del movimiento excitador supuesta por éste. Por otra parte las modificaciones que sufrió el proyecto desde la entrega de los cálculos del fabricante hacen que la frecuencia

natural del sistema sea algo superior a lo inicialmente previsto.

Por otra parte, la necesidad y efectividad del sistema de aislamiento de vibraciones ha quedado demostrada, pues durante la fase de instalación del simulador se movió la mesa con la masa de reacción apoyada directamente sobre la cimentación y se provocó una gran alarma en todo el edificio del laboratorio e incluso en los edificios colindantes. Sin embargo, una vez instalado el sistema de aislamiento de vibraciones no se ha percibido vibración alguna en el edificio o sus alrededores.

BIBLIOGRAFÍA

- J. P. DEN HARTOG. Mechanical Vibrations, Third Edition. Mc Graw-Hill, 1947.
- W. T. THOMSON. Theory of Vibrations with Applications, Second Edition. Prentice-Hall, 1981.
- M. A. HACAR; E. ALARCÓN. Elementos de dinámica aplicada a las estructuras. Edix, 1971.
- S. TIMOSHENKO; D. H. YOUNG; W. WEAVER. Vibration Problems in Engineering, Fourth Edition. John Wiley & Sons, 1974.
- SINGIRESU S. RAO. Mechanical Vibrations, Second Edition. Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- R. W. CLOUGH; J. PENZIEN. Dynamics of Structures. Mc Graw-Hill, 1975.
- M. PAZ. Structural Dynamics, Theory and Computation. Van Nostrand Reinhold, 1980.
- E. ROSENBLUETH; N. M. NEWMARK. Fundamentos de ingeniería sísmica. Diana, 1976.

PREMIOS **URALITA** OBRA-CIVIL '96

CONDUCCIONES
Y TRATAMIENTOS
DE AGUAS



COLABORAN

Escuelas de Ingenieros de
Camines, Canales y Puertos
convocantes.

PATROCINA

Colegio de Ingenieros de
Camines, Canales y Puertos.

URALITA
PRODUCTOS Y SERVICIOS S.A.



URALLITA



POLYFELT TS®

EL GEOTEXTIL DE LA CARRETERA

POLYFELT TS, se ha convertido en el geotextil líder de la carretera.

Es la alternativa mejor y más sencilla. Sus excepcionales características como geotextil "no tejido" de filamentos continuos de polipropileno agujeteado por ambas caras, le confieren unas muy elevadas prestaciones como geotextil anticontaminante y de drenaje.

■ ALTAS PRESTACIONES

- Elevada resistencia a la tracción
- Óptima resistencia a perforación
- Alta elongación
- Gran permeabilidad vertical y horizontal (ausencia de colmatación)



■ FUNCIONES

El efecto filtrante de POLYFELT TS impide la penetración de los finos del subsuelo y estabiliza el sistema, subsuelo, geotextil y material de relleno, al dar salida al agua sobrante. POLYFELT TS aumenta la resistencia de corte y disminuye la posibilidad de deslizamiento. Actúa contrarrestando la tracción y aumenta la estabilidad del terraplén debido a sus características ideales de tracción-dilatación.

■ GARANTÍA

3.500.000 m² de POLYFELT TS instalados en carreteras durante 1994 y la pertenencia al Grupo URALITA.

POLYFELT TS®
La Tecnología en vanguardia.

Solicite información
llamando al teléfono
91-448 10 00

URALITA
PRODUCTOS Y SERVICIOS S.A.

OBRA CIVIL

