

23

ENSAYO DE VIBRACIONES LIBRES EN EDIFICIO AISLADO SISMICAMENTE

María Ofelia Moroni¹, Mauricio Sarrazin¹, Rubén Boroschek¹
Ernesto Herbach², Luis Morales¹, Claudio Vergara¹

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

² Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile

RESUMEN

Se describe el programa de ensayos de microvibraciones y vibraciones libres, realizados en un edificio de 4 pisos de albañilería confinada, aislado sísmicamente, ubicado en Santiago, Chile. El objetivo de dichos ensayos ha sido determinar las características dinámicas y verificar el efecto favorable que ha tenido el uso de aislación sísmica.

SUMMARY

This paper describes the verification tests program carried out to a 4 storied, base isolated, confined masonry building, located in Santiago, Chile. The tests were designed to determine the basic dynamic characteristics, to ascertain the validity of design values and the reliability of the isolated system.

INTRODUCCION

A fines de 1992 se terminó de construir en Santiago un edificio de cuatro pisos de albañilería confinada, apoyado sobre ocho aisladores sísmicos de goma laminada. Teóricamente, el efecto de la aislación sísmica es aumentar el período de la estructura de un valor de 0.11 seg cuando no está aislada a valores de 1.8 a 2.0 seg cuando los aisladores están sometidos a deformaciones de corte del orden del 50%, disminuyendo así las aceleraciones provocadas por eventos sísmicos, y aumentar el amortiguamiento del sistema.

Es de sumo interés poder comprobar dichas variaciones en forma experimental. Por este motivo, el edificio se ha instrumentado con 2 acelerógrafos ubicados en el 1° y 4° piso, conectados en red a uno ubicado en el campo libre y a un cuarto ubicado en el 4° piso de un edificio de iguales características, pero con fundaciones convencionales. Hasta la fecha, no se ha registrado ningún evento.

Mientras tanto, se realizaron algunos ensayos de microvibraciones y de vibraciones libres con el fin de determinar las propiedades dinámicas del edificio aislado, para deformaciones pequeñas de los aisladores, y del edificio sin aislar. Los resultados de estos ensayos se presentan en este trabajo.

CARACTERISTICAS DEL EDIFICIO

El edificio de cuatro pisos, [ref 1,2], tiene una planta rectangular de 10 x 6 mts. Está estructurado con muros de hormigón armado en el primer piso y de albañilería confinada en los pisos superiores. En todos los niveles tiene una losa de hormigón armado de 10 cm de espesor. El peso total es de 163 ton. Está montado sobre ocho aisladores de goma laminada de alto amortiguamiento, los que se apoyan en zapatas aisladas conectadas por vigas de fundación. Los aisladores están apertnados a placas de anclaje en ambos extremos.

CARACTERISTICAS DE LOS AISLADORES

Los aisladores son circulares de 31.5 cm de diámetro, se componen de 34 capas de goma de 6.7 mm y 33 láminas de acero de 2 mm, además de dos placas extremas de 16 mm, alcanzando una altura de 32.6 cm. Estos aisladores fueron fabricados en Chile y sometidos a ensayos estáticos de carga vertical y horizontal y a ensayos dinámicos de carga horizontal con cargas verticales constantes. En la figura 1 se presenta la variación de la rigidez lateral con las deformaciones de corte para distintas cargas verticales y en la figura 2 la variación del amortiguamiento para esos mismos casos.

PROGRAMA DE ENSAYOS

Siendo la construcción de este edificio una experiencia pionera en Chile, se ha preparado un plan de experimentación y seguimiento de su respuesta ante acciones sísmicas. Las actividades programadas incluyen mediciones de la altura de los aisladores, registro de microvibraciones, aplicación de carga estática, ensayo tipo "pull back" y monitoreo del comportamiento sísmico.

En la tabla 1 se presenta las alturas de los aisladores en diferentes instantes: recién fabricados (medida 1), una vez terminada la obra (medida 2) y luego de seis meses de ocupación de los departamentos (medida 3). Estas mediciones se han hecho con una precisión de ± 0.5 mm. Se puede observar que ha habido variaciones menores las que no inducen esfuerzos importantes en la superestructura.

En cuanto a registros de microvibraciones, éstos se han obtenido para ambos edificios. En la figura 3 se comparan los espectros de densidad y potencia normalizados al valor máximo, en las direcciones longitudinal y transversal de ambos edificios. En el edificio sin aislar las frecuencias

predominantes son de 7.7 y 8.8 Hz respectivamente, las que se reducen a 6.2 y 6.8 Hz. en el edificio aislado. Estos resultados muestran que aún para vibraciones de muy baja amplitud, el sistema de aislación tiene un efecto importante en las características dinámicas del edificio.

Para la aplicación de carga estática y para el ensayo tipo pull back se diseñó el dispositivo que se muestra en la figura 4. El edificio se tira desde el centro de la losa del primer piso, moviéndolo horizontalmente de modo de inducir distintos valores de deformación en los aisladores. Un muro de hormigón del edificio convencional se usó como muro de reacción. En el ensayo estático la presión del gato hidráulico indica la carga aplicada y los desplazamientos se registran con un LVDT.

Las vibraciones libres se producen al romperse la barra de acero que hace de fusible. Usando barras de diferente diámetro se consiguió variar los desplazamientos alcanzados, siendo el mayor de 4.5 cm. Para registrar la respuesta se usó dos acelerómetros (SMA-1 y SPAREM) y un LVDT ubicados en el primer piso, y tres sísmómetros SS-1, dos de ellos ubicados en los extremos del primer piso y el tercero en el centro del 4° piso.

La deformación máxima inducida en los aisladores en el ensayo estático fue de 21%, tal como se muestra en la figura 5. La respuesta es no lineal y sigue un desarrollo similar para las distintas secuencias de carga.

En la figura 6 se muestran registros de velocidad no corregidos obtenidos en los extremos del primer piso y en el centro del último piso. En ellos se observan dos comportamientos diferentes, en una primera parte hay una fuerte influencia del segundo modo, caracterizado por altas frecuencias y movimientos desfasados entre ambos pisos, mientras que en la parte final ambos niveles se mueven en fase, con igual amplitud y período predominante del orden de 1 seg. En los registros de desplazamiento y de aceleración, figuras 7 y 8 también se observa el efecto de estos dos modos, además del alto amortiguamiento presente en la estructura. A partir de los registros descritos anteriormente y a través de análisis de frecuencia se ha determinado el período predominante y el amortiguamiento del primer ciclo de oscilación, los que se presentan en la tabla 2. En la figura 9 se observa que al extrapolar la curva determinada con los datos experimentales, hasta una deformación del 50%, el período de la estructura calza bastante bien con el valor teórico de 1.8 seg. usado en el diseño del edificio.

En la actualidad se ha instalado una red local de acelerógrafos que consta de tres equipos SSA-2 ubicados en el 4°, 1° y a nivel de fundación en el edificio aislado y un SMA-1 ubicado en el 4° piso del edificio convencional. El interés fundamental de esta red, será comparar los comportamientos de ambos edificios y verificar el efecto de la aislación sísmica. Cuando se obtengan registros de aceleración se podrá realizar una identificación del sistema para determinar sus características básicas y así dar recomendaciones para la modelación de edificios montados sobre este tipo de aisladores.

CONCLUSIONES

Se ha realizado una serie de experimentos en dos edificios similares, uno con fundación convencional y otro aislado sísmicamente. Estos ensayos, que incluyen mediciones de microvibraciones y de vibraciones libres, han permitido determinar características dinámicas de los edificios y verificar el beneficio potencial que tiene el uso de un sistema de aislación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, los proyectos FONDECYT 897/88 y 882/92-T y el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, apoyo que agradecemos sinceramente. Debemos mencionar en forma especial al Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales, IDIEM, donde se realizaron los ensayos de los

aisladores y cuyo personal colaboró en el desarrollo de los ensayos tipo "pull back" de terreno.

REFERENCIAS

Herrera C. "Seguimiento de la Construcción de un Edificio Habitacional con Aislación Sísmica", memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Junio 1992.
 Morales L. "Control de la Construcción e instrumentación de un Edificio con Aislación Sísmica en la Base", memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Agosto 1993.

aislador	medida 1	medida 2	medida 3
1	32.15	32.03	32.05
2	32.15	32.01	31.86
3	32.05	31.95	31.80
4	32.02	32.0	31.85
5	32.1	32.0	31.83
6	32.1	31.96	31.9
7	31.5	32.18	31.94
8	31.2	32.08	31.95

Tabla 1: Altura de los aisladores (cm).

tipo de ensayo	Desplazamiento máximo (mm) (def corte %)	Período (seg)	Amortiguamiento %
microvibraciones pull-back	14. (6.1)	0.15	37.4
id	29.9 (13.1)	0.93	35.8
id	30.4 (13.3)	1.13	34.8
id	37. (16.2)	1.17	35.2
id	44.5 (19.5)	1.2	32.9
		1.24	

Tabla 2: Variación de las características dinámicas con las deformaciones de corte de los aisladores.

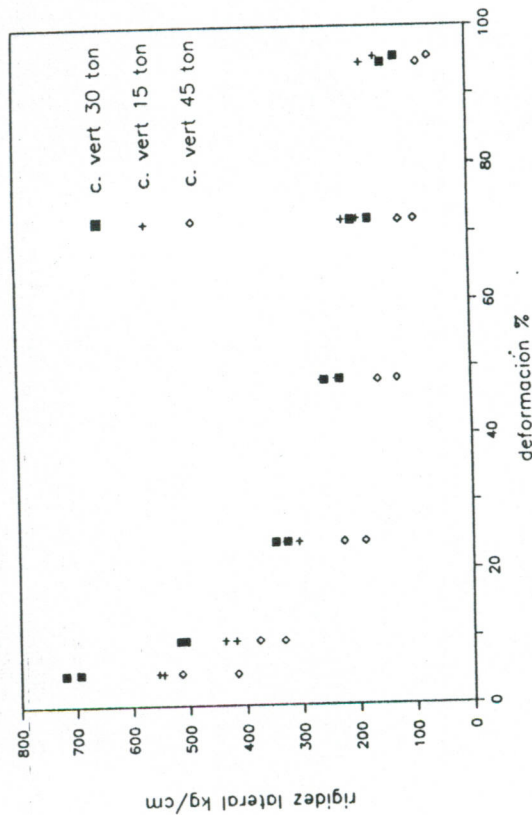


Figura 1: Rigidez lateral vs deformación.

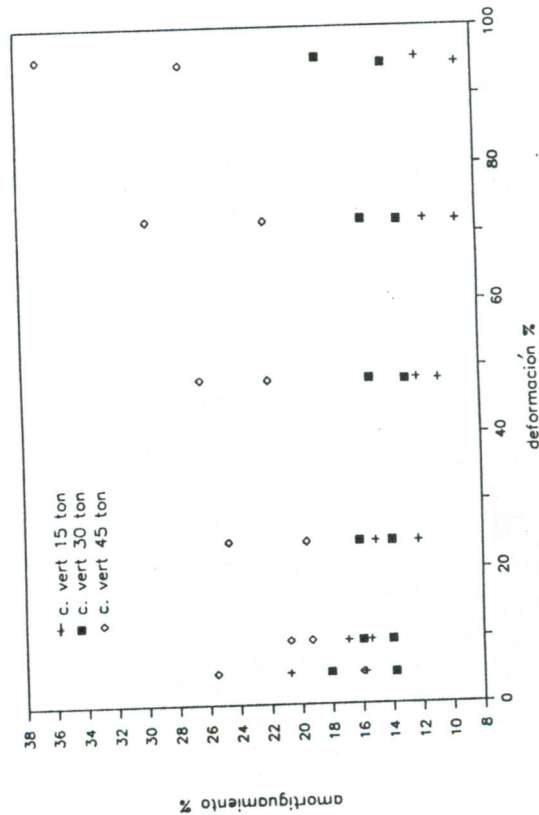
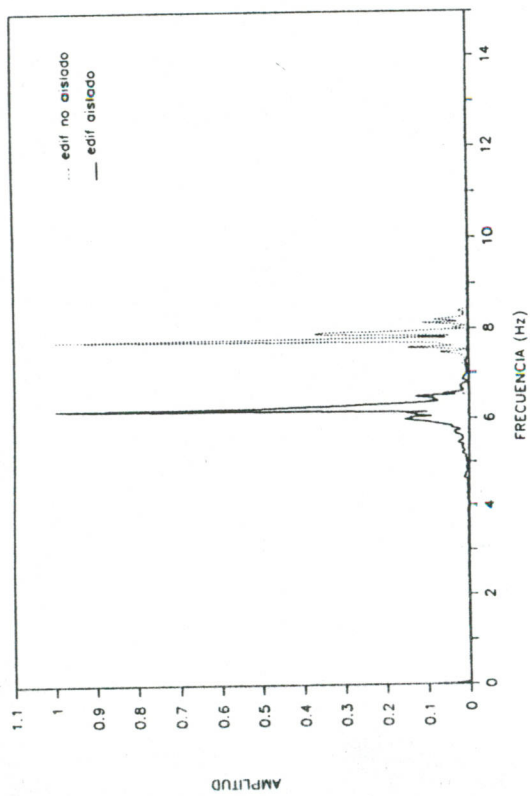


Figura 2: Amortiguamiento vs deformación

Dirección longitudinal.



Dirección transversal.

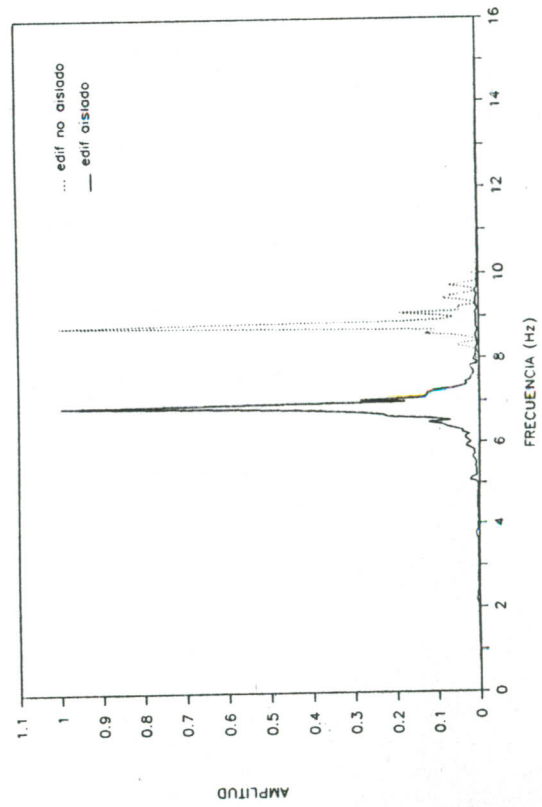


Figura 3. : Espectros de densidad espectral.

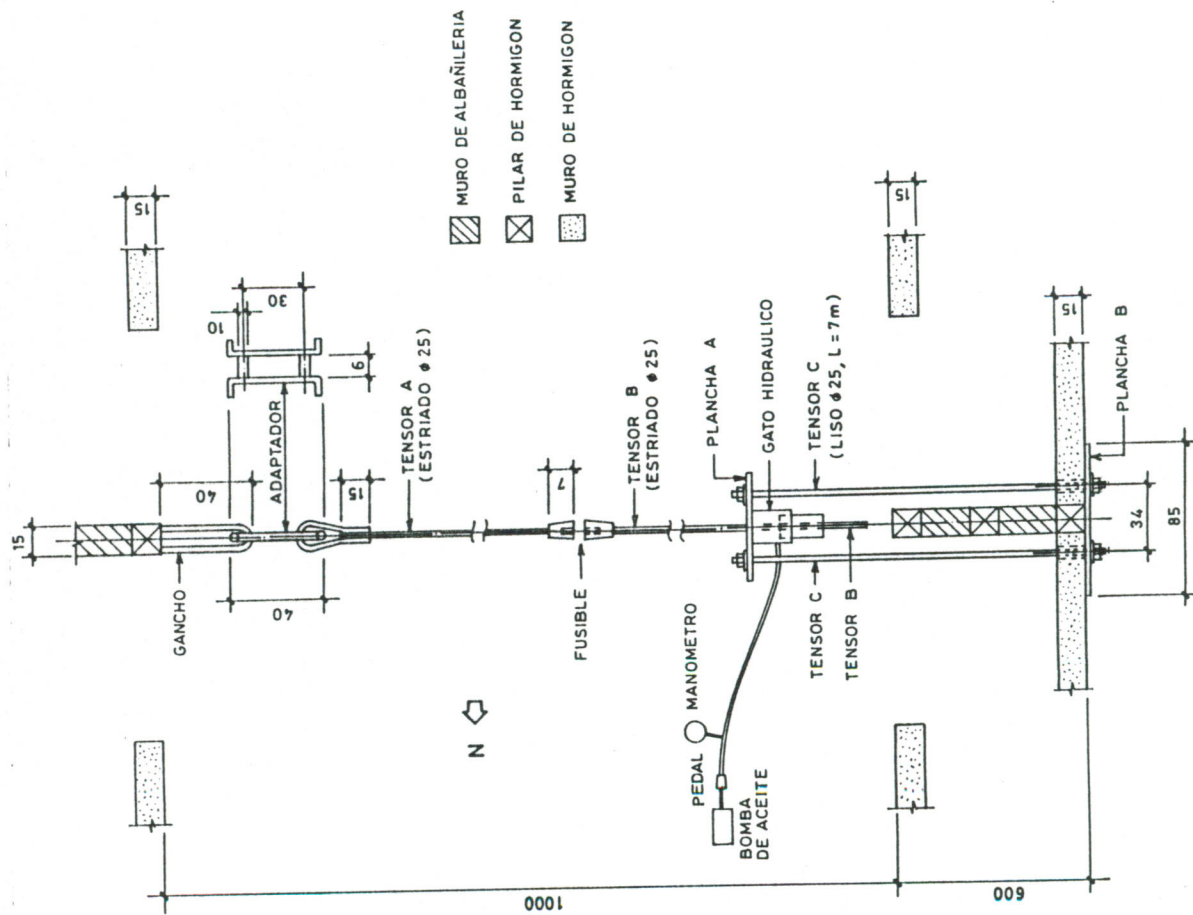


Figura 4. : Dispositivo de Ensayo.

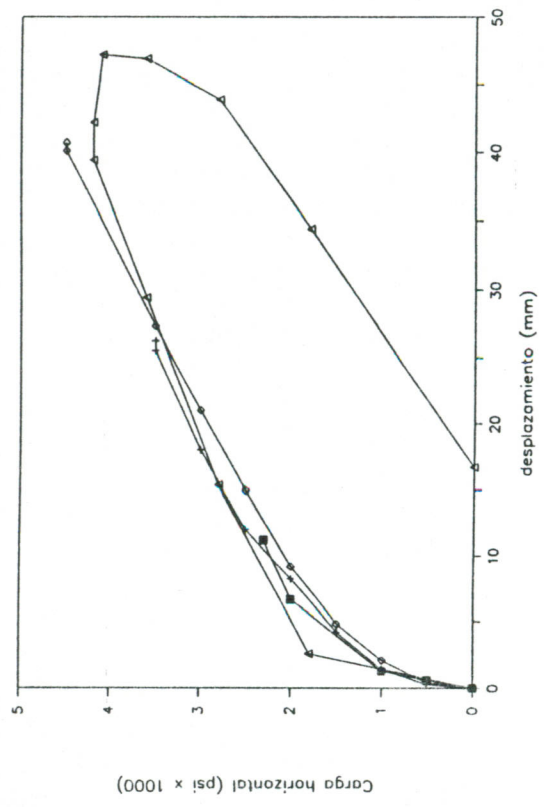


Figura 5. : Ensayo Estático

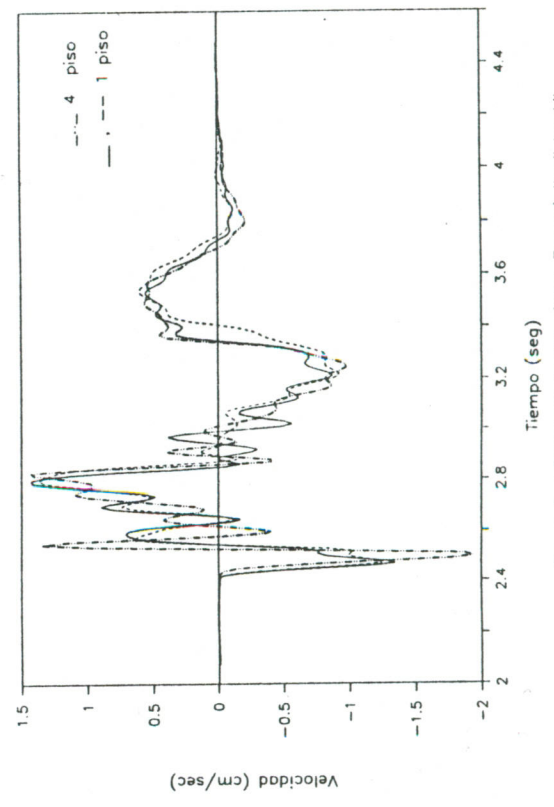


Figura 6. : Registros de Velocidad, Ensayo "pull back"

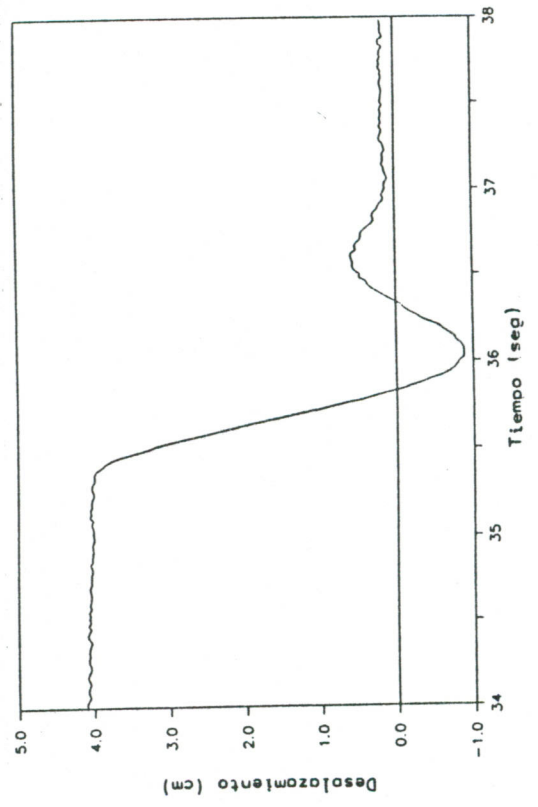


Figura 7. : Registro de Desplazamiento, Ensayo pull back.

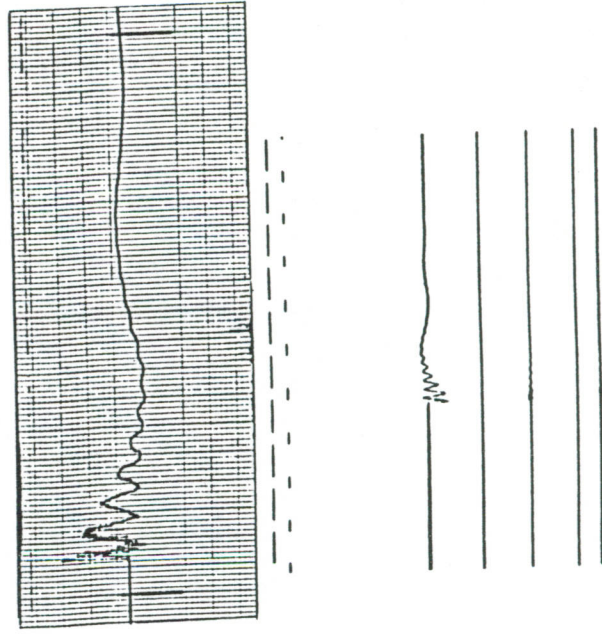


Figura 8. : Registro de Aceleración, Ensayo pull back.

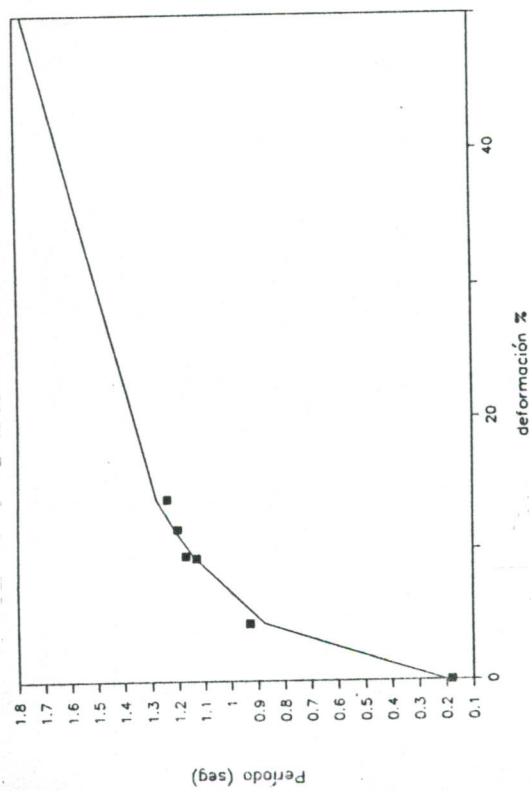


Figura 9. : Período del edificio vs deformación de los aisladores