

0470

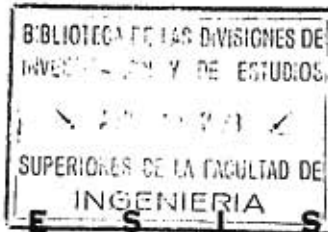
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES FACULTAD DE INGENIERIA

01149

148

**SIMULACION ANALOGICA DE UN SISTEMA PARA LA
DISMINUCION DE LOS EFECTOS SISMICOS
EN LAS EDIFICACIONES**



QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA
E S T R U C T U R A S
PRESENTA EL INGENIERO
MANUEL VELA PEREZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1968

2-11-1968



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A LA MEMORIA DE MI PADRE.

A MI MADRE.

A quien debo lo que soy.

A MIS HERMANOS.

A MI NOVIA, AZUCENA ROCIO,
Con amor y cariño.

A LA DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO .

A MIS MAESTROS,

A LA UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON;

RECONOCIMIENTO

Agradezco a los señores Ingenieros; Dr. José A. Nieto Ramírez, Ing. Enrique del Valle, Ing. Federico Garza Tamez, la ayuda prestada para la elaboración de esta Tesis. Así mismo al Dr. Emilio Rosenblueth por sus valiosos comentarios y a la Sección de Investigación de Operaciones, en especial al señor José Ruiz Ascencio.

**SIMULACION ANALOGICA DE UN SISTEMA PARA LA
DISMINUCION DE LOS EFECTOS SISMICOS EN LAS
EDIFICACIONES.**

I N D I C E

CAPITULO I	INTRODUCCION.
CAPITULO II	MODELO MATEMATICO DEL SISTEMA.
CAPITULO III	INFLUENCIA DE LA RELACION DE PERIODO DE PENDULO A PERIODO TOTAL.
CAPITULO IV	EXCITACION DEL MODELO CON PERTURBACIONES DE - PERIODO DOMINANTE CORTO.
CAPITULO V	EXCITACION DEL MODELO CON PERTURBACIONES DE - PERIODO DOMINANTE LARGO.
CAPITULO VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPITULO I

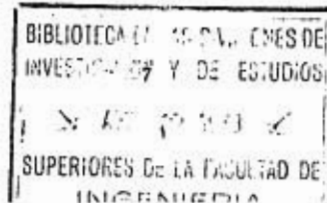
INTRODUCCION

El análisis sísmico de estructuras ha sido motivo en los últimos años de minuciosos estudios habiéndose desarrollado métodos que reducen las probabilidades de falla y suministran ventajas de carácter económico. En estos métodos se toma en cuenta el comportamiento dinámico de las estructuras y se emplean cada vez con mayor frecuencia en substitución de los métodos estáticos de análisis usados anteriormente.

A pesar de todo esto, no se ha logrado reducir los efectos de temblores en edificios. De conseguirlo, se lograría disminuir el costo de la estructura y los desperfectos ocasionados por los sismos en los elementos no estructurales.

Para tratar de obtener en parte esos resultados, se ha ideado (Ref. 1) un sistema denominado: "SISTEMA DE SOPORTES COLGANTES PARA LA DISMINUCION DE LOS EFECTOS SISMICOS EN LAS EDIFICACIONES".

Para analizar la estructura de un edificio desde el punto de vista dinámico se puede idealizar ésta por medio de una serie de masas concentradas sostenidas por elementos flexibles colocadas a la altura de cada -



uno de los pisos del edificio en estudio. De esta manera se tiene un sistema elástico que al ser excitado por desplazamientos del suelo, tendrá tantos grados de libertad como número de pisos tenga el edificio (Fig. 1). Conocida la naturaleza de los desplazamientos del suelo se estudia el comportamiento de la estructura siguiéndose algunos de los métodos establecidos (Ref. 2 y 3). En estos análisis es de especial interés el conocimiento de los periodos naturales de vibración de la estructura que son funciones de las llamadas rigideces de entrepiso (K), que equivale al valor de la fuerza cortante estática necesaria para producir un desplazamiento relativo unitario entre dos pisos consecutivos.

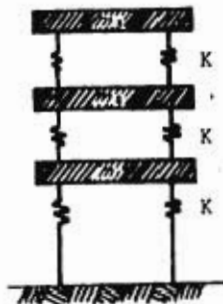


Fig. 1 Idealización de una estructura convencional.

Para mejorar la respuesta sísmica de las estructuras, se ha estudiado la conveniencia de reducir la constante del elemento flexible del primer entrepiso (Ref. 4). Sin embargo, esto no es muy conveniente, ya que

se necesitaría aumentar considerablemente la esbeltez de las columnas correspondientes, lo que no podría hacerse sin sacrificar la estabilidad de la estructura.

Mediante el sistema en estudio, se logra reducir la constante citada en tal proporción que los efectos de los sismos en el resto de la estructura pueden disminuirse en un alto porcentaje sin poner en peligro la estabilidad del edificio.

El sistema consiste en utilizar tirantes, cables u otro tipo de miembros estructurales flexibles articulados para suspender todas las columnas y elementos que soportan al edificio. Esos elementos se suspenden de la parte superior de un cilindro hueco. De esta manera puede considerarse toda la edificación como una masa trabajando a la manera de un péndulo cuyo perí

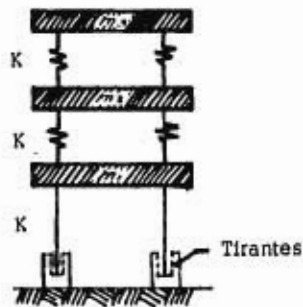


Fig. 2 Representación de una estructura empleando el sistema de soportes colgantes.

odo natural dependerá de la longitud de dichos tirantes (Fig. 2). Esto puede

lograrse en muy distintas formas e independientemente de los materiales usados. Una de estas formas se representa en las figuras 3 y 4.

En la figura 4, " A " es una zapata ó parte de una losa de cimentación en la que se apoya un pedestal cilíndrico hueco " B "

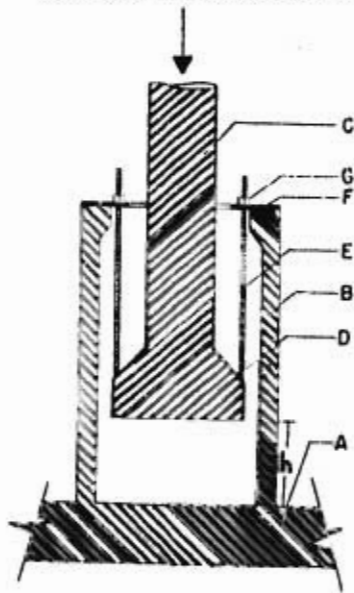


Fig. 3 Corte en uno de los cilindros huecos mostrando la columna y los tirantes.

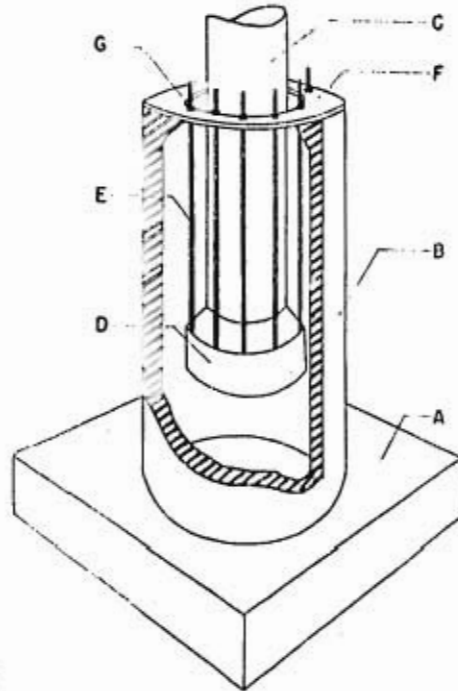


Fig. 4 Perspectiva de una columna en un edificio donde se emplea el sistema.

La columna " C " que es parte de la superestructura del edificio está colocada de manera que su extremo inferior quede dentro del pe -

destal " B ". Tiene una ampliación " D " tal que en su perímetro están fijos en la forma más conveniente según el material empleado los cables o tirantes " E " que la sostienen de una placa " F " por medio de un aditamento de sujeción que permite el acortamiento o alargamiento a voluntad de los tirantes. - Este aditamento se ha representado esquemáticamente como la tuerca " G ".

Con el artificio descrito se puede lograr cierto grado de libertad para los desplazamientos horizontales relativos entre los elementos unidos al suelo y los que forman parte de la superestructura. Deberá dejarse el espacio suficiente entre el extremo inferior " D " de la columna y la pared interna del cilindro " B " así como entre la placa " F " y la columna " C " que permita el desplazamiento relativo máximo que se espera según los cálculos.

En la figura 6 se muestra esquemáticamente un elemento - - amortiguador " J " que puede ser usado optativamente para disminuir los efectos de componentes verticales de aceleración; también se muestra un empaque " K " de un material adecuado para evitar un desplazamiento excesivo entre la columna y el cilindro

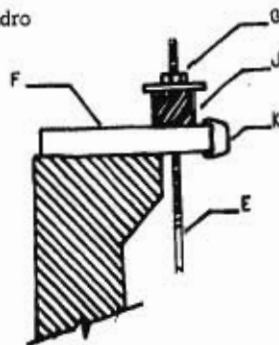


Fig. 6 Detalle de uno de los cilindros huecos incluyendo amortiguamiento para desplazamientos en dirección vertical.

La variación de la longitud de los tirantes puede compensar posibles asentamientos del suelo. Si esto fuere necesario podría hacerse sin cambiar el período natural del sistema por medio del movimiento de un anillo de sujeción " N " colocado en la parte inferior de la columna (Fig. 7).

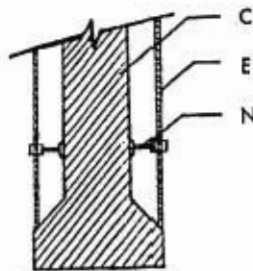


Fig. 7 Detalle en una de las columnas mostrando el anillo de sujeción.

Si por alguna circunstancia después de construido el edificio, es necesario variar dentro de cierto rango el período natural del sistema se puede lograr mediante el cambio de posición de ese anillo. Para ello es conveniente que el elemento ligado a la cimentación y que en este ejemplo se representa como un cilindro, tenga espacios o ranuras verticales o esté constituido por varios elementos estructurales, de manera que se faciliten las maniobras. Esto podría hacerse también en el caso de que el sistema se aplicara a un edificio ya construido, principalmente si su estructura es de acero.

En la figura 5 se muestra el corte de un edificio en el que aparece el sistema utilizado en la parte inferior del sótano, " L ". Sin embargo

go, estos elementos " L " podran utilizar prácticamente toda la altura de entrepiso en caso de que fuese necesario tener un periodo natural grande, e inclusive estar colocados parcial o totalmente bajo el nivel del piso.

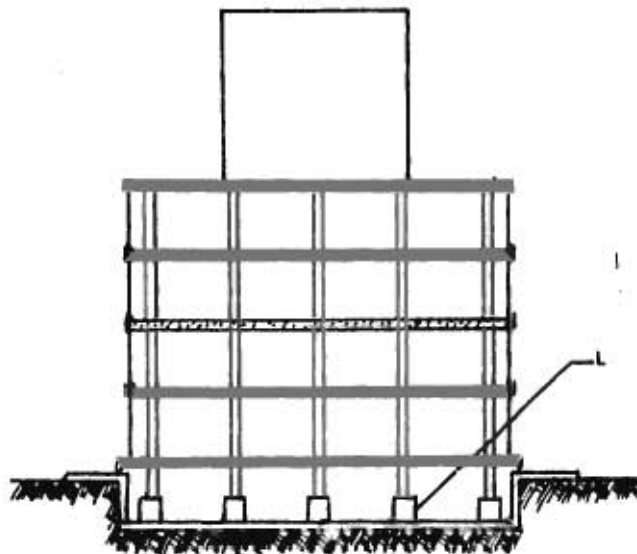


Fig. 5 Corte de un edificio mostrando el sistema en la parte inferior del sótano.

LONGITUD DE LOS TIRANTES.

El periodo natural del sistema varía con la longitud de los tirantes y esta longitud está limitada por las cortantes debidas al viento de tal manera que los desplazamientos por esta causa no sean excesivos.

Para edificios en que la proporción de la altura al ancho de la base no sea extraordinariamente grande, pueden usarse tirantes de longi -

tud suficiente para que se obtengan períodos naturales cuya magnitud haga - que el sistema sea eficiente aun con amortiguamientos pequeños.

En el caso de edificios demasiado esbeltos podrfan utilizarse dos métodos distintos ó una combinación de ambos; El primero serfa proporcionar expresamente un amortiguamiento de tipo lineal o viscoso que lo haga eficiente aun para períodos dominantes del sismo relativamente cercanos a la resonancia. El segundo, usar cables suficientemente largos para tener un período natural dos o tres veces superior al dominante esperado en los temblores, pero limitando su funcionamiento únicamente a la ocurrencia de los sismos.

En cuanto al primer método, como los desplazamientos relativos que se producen en el entrepiso en donde se aplica el sistema son bastante más altos que los de un entrepiso de un edificio normal y como pueden tener lugar entre elementos colocados prácticamente a un mismo nivel (como podrfan ser la parte superior de un muro de contención de un sótano y la primera losa, Fig. 5) es posible proporcionar un amortiguamiento de tipo viscoso en forma práctica . Cuando no se requiera un amortiguamiento alto, éste podrfan proporcionarse en forma sencilla por medio de un líquido de viscosidad adecuada colocado dentro del pedestal cilíndrico " B " (Fig. 4) en caso de - que se adopte esta forma para el sistema.

CAPITULO II

MODELO MATEMATICO DEL SISTEMA

La figura 2.1 ilustra la manera de emplear el sistema en una estructura de un grado de libertad:

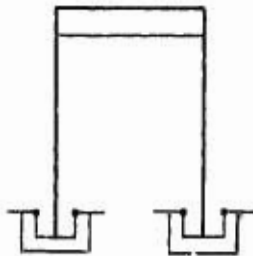
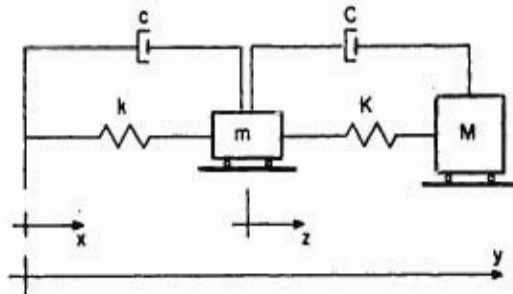


Fig. 1 Idealización de una estructura convencional.

Para el estudio del conjunto se propone el modelo matemático mostrado en la figura 2.2:

Fig. 2.2 Modelo Matemático.



Para analizar el modelo se hacen las siguientes suposiciones:

- a) Pequeñas deformaciones;
- b) Movimiento en fase de las masas inferiores;
- c) Efecto vertical del sismo despreciable.

Se obtienen dos ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de coeficientes constantes que gobernarán el movimiento del modelo:

$$M\ddot{y} + C\dot{y} + Ky - Cz - Kz = C\dot{x} + Kx \quad \text{--- (A)}$$

$$m\ddot{z} + (C+c)\dot{z} + (K+k)z - C\dot{y} - Ky = -(m\ddot{x} + C\dot{x} + Kx) \quad \text{--- (B)}$$

en donde:

- M.- Masa superior de la estructura considerada como la de la losa y la mitad de las columnas.
- m.- Masa inferior de la estructura formada por la placa de asiento, la mitad de las columnas y aditamentos para los cables del péndulo.
- K.- Rigidez del marco.
- k.- Rigidez de péndulo considerada como el cociente de la tensión de los cables entre su longitud.
- C.- Coeficiente de amortiguamiento del marco.
- c.- Coeficiente de amortiguamiento del soporte, variable a voluntad.
- y, \dot{y} , \ddot{y} Desplazamiento, velocidad y aceleración absolutas de la masa superior.
- z, \dot{z} , \ddot{z} Desplazamiento, velocidad y aceleración relativas de la masa inferior.
- x, \dot{x} , \ddot{x} Desplazamiento, velocidad y aceleración del terreno.

Resolviendo las ecuaciones anteriores con una computadora -

X

análoga se obtendrán los valores máximos de las variables de interés tales como: \ddot{y} , aceleración absoluta de la masa superior (con la cual es posible obtener la máxima fuerza cortante a que estarán solicitadas las columnas); \dot{z} , velocidad relativa de la masa inferior (que nos permite obtener la fuerza que se deberá disipar en la base mediante el amortiguador. Este dato interesa para fabricar el amortiguador); z , desplazamiento relativo de la masa inferior (nos permite determinar la holgura necesaria entre el péndulo y la caja de cimentación.

CAPITULO III

INFLUENCIA DE LA RELACION DE PERIODO DE PENDULO A PERIODO TOTAL .

Para obtener espectros de respuesta, se analizaron nueve diferentes relaciones de periodo de péndulo a periodo total, desde 0.99 (periodo de edificio pequeño en comparación con el del péndulo) hasta 0.75 (periodo de edificio cercano al del péndulo). Dentro de cada una de las nueve relaciones se hizo el estudio de 6 tipos de estructuras correspondiendo a diferentes valores del periodo total, definido como la combinación de periodos de edificio y péndulo por medio de la relación: $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$ (Ref. 5).

Para cada una de las estructuras se consideraron cuatro valores diferentes del amortiguamiento en la base, es decir, se analizaron 216 casos diferentes.

El periodo de péndulo, T_1 , se tomó como: $T_1 = 2\pi \sqrt{L/g}$, en donde L es la longitud de los cables, que es el parámetro que interesa de acuerdo con el planteamiento de las ecuaciones. Conocido T_1 , se despejó L de la relación de periodos y del periodo total para cada uno de los casos. El periodo del edificio, T_2 , se obtiene del periodo total, T y del periodo del péndulo, T_1 , según la ecuación anterior: $T_2 = \sqrt{T^2 - T_1^2}$. Como en las

ecuaciones del movimiento se necesitaba conocer la rigidez de péndulo en función de pequeñas deformaciones, T/L , se obtuvo la tensión en los cables, T , para lo cual se requería la masa total que gravitaba sobre ellos por lo que conocido el período del edificio y consecuentemente su frecuencia, se supuso un valor de la rigidez y se despejó la masa en cada caso. En todos los casos se supuso el mismo valor para la rigidez.

El coeficiente de amortiguamiento lineal, C , se tomó como un cinco por ciento del amortiguamiento crítico del edificio para todos los casos. Para el coeficiente de amortiguamiento en la base, que es variable a voluntad, se tomaron cuatro porcentajes distintos: 20%, 40%, 60% y 80%, en función del amortiguamiento crítico del edificio puesto que no se satisfacía la ecuación: $[C] = \alpha[M] + \beta[K]$ (Ref. 6). Este sistema no tiene modos naturales de vibración, por lo que no se podría hablar de un porcentaje de amortiguamiento crítico del primero o segundo modo de vibración del conjunto (edificio y péndulo).

La masa inferior de las columnas o sea la masa m (ver Fig. 2.2) se tomó como un diez por ciento de la masa superior de la estructura, M en todos los casos. Se tomó este valor por comodidad en los cálculos. Aunque se hizo una exploración para valores menores y mayores que el diez por ciento y se observó que su variación no tenía mucha influencia en los resultados.

Se estudiaron casos hasta un período total de seis segundos, por que para valores mayores se obtenían longitudes de péndulo muy grandes

lo cual nos llevaría a problemas económicos y constructivos del sistema. Así mismo no se analizó para períodos totales menores de un segundo, porque resultaban longitudes de péndulo muy pequeñas con lo cual vendría a perderse la ventaja del sistema y el conjunto tendería a comportarse como una estructura ligada directamente al terreno.

No se analizaron casos con períodos totales fraccionarios - puesto que de los resultados se pudo observar que los espectros no tenían - queiebres bruscos sino por el contrario daban curvas muy suaves sobre todo en el espectro de aceleraciones.

No se estudiaron amortiguamientos más bajos del veinte por ciento por que se obtenían desplazamientos muy grandes en el péndulo tanto para sismos como para el efecto de viento y se perdería uno de los principales objetivos. Además la holgura en la caja de cimentación tendría que ser muy grande. No se tomaron amortiguamientos mayores del ochenta por ciento por que se tendería al caso de la estructura ligada directamente al terreno. - Más adelante se discutirá bajo qué circunstancias el amortiguamiento favorece las respuestas y en cuales no ocurre esto.

Obténidos todos los intervalos de variación de masas, rigideces, amortiguamientos, etc., se substituyeron en las ecuaciones del movimiento para cada uno de los casos.

A continuación se presentan dos ejemplos de aplicación:

Datos:

$$T_1 / T = 0.97$$

$$T = 1 \text{ seg.}$$

$$\therefore T_1 = 0.97 \text{ seg. } \omega_1 = 2\pi / 0.97 = 6.47 \text{ rad/seg. } \therefore L = g / (6.47)^2 = 23.43 \text{ cm.}$$

$$T^2 = 1 \quad T_1^2 = 0.94$$

$$T_2 = (1 - 0.94)^{\frac{1}{2}} = 0.245 \text{ seg. } \omega_2 = 2\pi / 0.245 = 25.63 \text{ rad/seg.}$$

$$\text{Si } K = 3266 \text{ kg/cm. } \therefore M = 3266 / (25.63)^2 = 4.97 \text{ kg-seg}^2/\text{cm.}$$

$$c_{cr} = 2\sqrt{k(M+n)} \quad C_{cr} = 2\sqrt{KM}$$

$$C = 5 C_{cr} = 12.75 \text{ kg-seg/cm. (para } \xi = 20\%) \quad c = 14.10 \text{ kg-seg/cm.}$$

substituyendo en las ecuaciones del movimiento se obtiene:

$$4.97 \ddot{y} + 12.75 \dot{y} + 3266 y - 12.75 \dot{z} - 3266 z = 12.75 \dot{x} + 3266 x$$

$$0.407 \ddot{x} + 26.85 \dot{x} + 3494 x - 12.75 \dot{y} - 3266 y = -0.407 \dot{x} - 12.75 \dot{x} - 3266 x$$

Datos:

$$T_1 / T = 0.80$$

$$T = 4 \text{ seg. } \therefore T_1 = 3.20 \text{ seg. } \omega_1 = 2\pi / 3.20 = 1.96 \text{ rad/seg.}$$

$$L = g / (1.96)^2 = 255.4 \text{ cm.}$$

$$T_2 = (16 - 10.24)^{\frac{1}{2}} = 2.4 \text{ seg. } \omega_2 = 2\pi / 2.4 = 2.61 \text{ rad/seg.}$$

$$M = 3266 / (2.40)^2 = 478.8 \text{ kg-seg}^2/\text{cm. } C = 125 \text{ kg-seg/cm.}$$

$$c = 413 \text{ kg-seg/cm.}$$

Obteniéndose las siguientes ecuaciones:

$$479 \dot{y} + 125 \ddot{y} + 3266 y - 125 \dot{z} - 3266 z = 125 \dot{x} + 3266 x$$

$$47.9 \dot{z} + 538 \ddot{z} + 5292 z - 125 \dot{y} - 3266 y = -47.9 \dot{x} - 125 \ddot{x} - 3266 x$$

Puede observarse en las ecuaciones del movimiento la influencia tan importante del término en x ,

CAPITULO IV

EXCITACION DEL MODELO CON PERTURBACIONES DE PERIODO

DOMINANTE CORTO

Como ya antes se ha mencionado, este sistema de ecuaciones se simuló analógicamente mediante una computadora TR - 48 con un rango de voltaje de ± 10 Volts complementada por una entrada de cinta magnética con la grabación de la excitación y una salida constituida por los graficadores $x - y$ en los cuales se obtuvieron las respuestas de cada una de las variables deseadas.

Las características más importantes de esta computadora son: tienen nueve módulos de dos integradores cada uno, o sea un total de dieciocho integradores, cuenta con cuarenta y ocho amplificadores incluyendo los integradores, cincuenta y nueve potenciómetros, dos generadores de funciones, cinco multiplicadores, un módulo con dos comparadores eléctricos, dos comparadores electrónicos, generador de logaritmo y de seno, coseno, un voltmetro digital y un osciloscopio con selector de cuatro canales. La computadora tiene los siguientes modos de operación:

" Pot Set " , que se emplea para colocar los valores de los potenciómetros; -
" Reset " , usado para dar las condiciones iniciales a los integradores sin que

estos hagan su función; "Operate", en el cual todos los integradores y los amplificadores trabajan; "Hold", empleado para detener el tiempo en la ejecución quedando la solución estática; "Repetitive operation", usado para incrementar las ganancias en los integradores y controlar la duración del modo Operate.

Para el problema estudiado se utilizó como excitación el registro de la componente horizontal N-S del sismo del 9 de Diciembre de 1965 en Acapulco, Gro., que tiene una aceleración máxima de 250 cm/seg^2 (0.254 g, la mayor que se ha registrado hasta la fecha con los acelerógrafos que se tienen instalados, Ref. 7) y una duración de 12.5 seg.

El escalamiento por magnitud de las ecuaciones se hizo tomando como referencia para los valores máximos de cada una de las variables la unidad de máquina (10 Volts). Para los valores máximos de la velocidad y desplazamiento de la excitación se conectaron los canales de la grabadora a la computadora y se observó en el osciloscopio cada una de ellas para lo cual hubo que integrar dos veces la aceleración registrada en la cinta. En este caso debido a la duración del sismo no fué necesario el escalamiento por tiempo.

En algunos casos el escalamiento por magnitud se dificultó porque los coeficientes de algunas variables eran mayores de diez, por lo que hubo necesidad de dividir toda la ecuación afectada con dichos coeficientes entre diez o cien según el caso para poder hacer la conexión a la entrada de los amplificadores de los que se obtenían las variables de máxima derivada (y, \dot{y}) debido a que los amplificadores tienen entradas máximas hasta de diez.

Se hicieron pruebas dinámicas en algunos casos para verifi -

car que las ecuaciones fueron bien escaladas y que los elementos de computadora funcionaban correctamente. Estas pruebas consistieron en correr el problema un cierto tiempo y detener la ejecución oprimiendo el modo de control - Hold. Se hicieron las lecturas de las derivadas y variables que aparecen en las ecuaciones originales y usando los factores de escala se calcularon los valores de las variables del problema y se substituyeron en las ecuaciones originales, verificándose las mismas.

Se obtuvieron en un graficador las variables: y , \dot{z} y z , y sobre esas gráficas se midieron los valores máximos de cada una de ellas. Se graficó toda la respuesta para cada una de las variables debido a que se quería observar cómo se iba amortiguando cada respuesta y cómo era afectada en todo el tiempo de la excitación por la variación del porcentaje de amortiguamiento.

A continuación se presenta el escalamiento por magnitud empleado en todos los casos y las ecuaciones escaladas de uno de ellos así como el diagrama de bloque empleado para la obtención de los espectros.

Variable del Problema	Valor máximo estimado	Factor de escala	Variable de Computadora
\ddot{x}	250 cm/seg ²	1/250 = 0.004 U.M./cm/seg ²	[0.004 \ddot{x}]
\dot{x}	20 cm/seg	1/20 = 0.05 U.M./cm/seg	[0.05 \dot{x}]
x	10 cm	1/10 = 0.10 U.M./cm	[0.10 x]
\ddot{y}	100 cm/seg ²	1/100 = 0.01 U.M./cm/seg ²	[0.01 \ddot{y}]
\dot{y}	50 cm/seg	1/50 = 0.02 U.M./cm/seg	[0.02 \dot{y}]
y	10 cm	1/10 = 0.10 U.M./cm	[0.10 y]

\ddot{z}	200 cm/seg ²	1/200 = 0.005 U.M./cm/seg ²	[0.005 \ddot{z}]
\dot{z}	100 cm/seg	1/100 = 0.01 U.M./cm/seg	[0.01 \dot{z}]
z	10 cm	1/10 = 0.10 U.M./cm	[0.10 z]

* U.M. = Unidad de Máquina = 10 Volts.

$$[0.00005\ddot{z}] = -2.70 [0.001\dot{z}] - 3.52 [0.10z] + 0.64 [0.00\dot{y}] + 3.29 [0.10y] -$$

$$- 0.013 [0.004\dot{x}] - 0.026 [0.05\dot{x}] - 3.29 [0.10x]$$

$$[0.001\dot{y}] = -1.28 [0.002\dot{y}] - 6.57 [0.10y] + 2.56 [0.001\dot{z}] + 6.57 [0.10z] +$$

$$+ 0.051 [0.05\dot{x}] + 6.57 [0.10x]$$

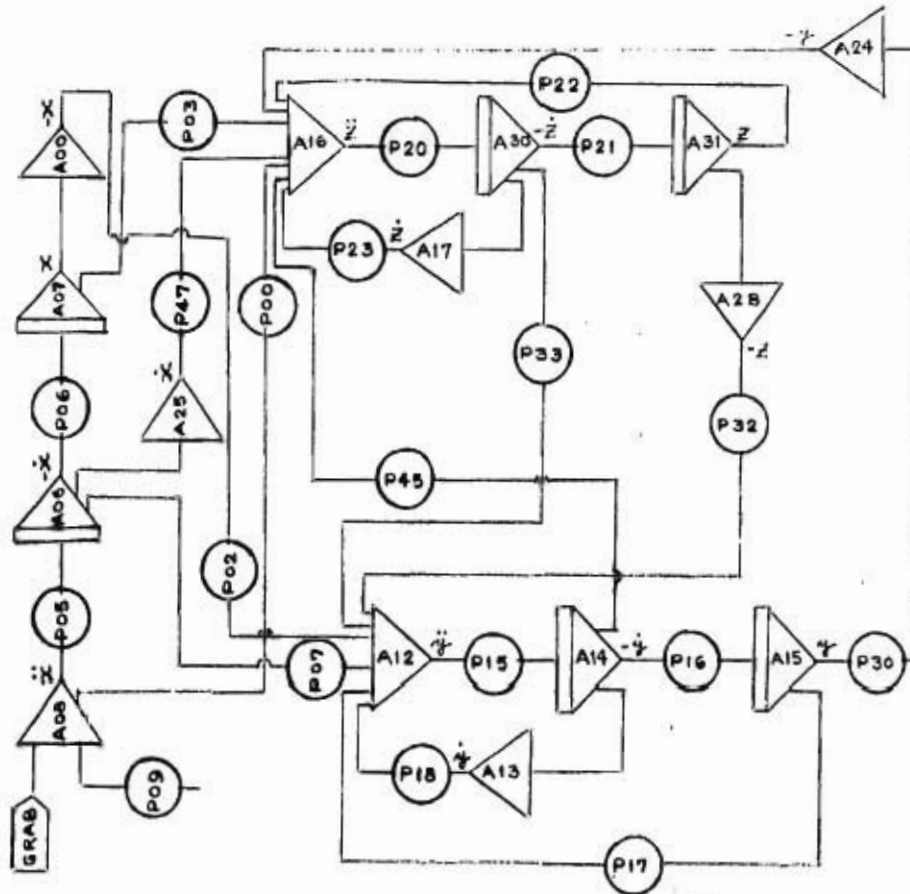





Fig. 4.1 Diagrama de bloque.

-  Amplificador.
-  Integrador.
-  Potenciómetro.

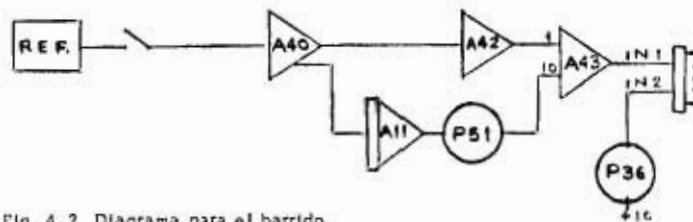


Fig. 4.2 Diagrama para el barrido.

El potenciómetro P-09 se incluyó en el circuito de la excitación para poder corregir y ajustar con él la terminación en cero de la velocidad de la excitación, la cual es una condición que debe cumplirse. Si no se usara este potenciómetro se obtendrían velocidades finales de la excitación diferentes de cero, esta variación se debía que la velocidad de la grabadora no era constante.

De cada una de las variables graficadas se obtuvo el valor máximo, el cual se tradujo a sus unidades originales por medio de la variable de computadora correspondiente. Dichos valores se tabularon para cada una de las relaciones T_1/T y cada período total T como sigue:

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, y (cm/seg ²)				Longitud de péndu lo corre pondiente (cm)	Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.99	1	94	117	120	128	24.4	2.00	1.90	1.80	1.60	0.260	0.382	0.475	0.596
	2	48	60	79	90	97.6	3.50	2.60	2.30	2.10	0.432	0.565	0.680	0.776
	3	29	37	50	67	219.5	4.10	3.20	2.70	2.40	0.756	0.948	1.212	1.320
	4	25	33	39	52	393.9	5.10	4.00	3.00	2.50	1.121	1.480	1.775	1.852
	5	10	21	30	38	620.0	5.30	3.30	2.60	2.30	1.313	1.652	1.952	2.298
	6	8	16	25	32	883.7	4.80	3.90	3.10	2.60	1.501	1.881	2.327	2.772
0.97	1	95	118	121	130	23.4	2.00	1.60	1.50	1.20	0.537	0.614	0.726	0.968
	2	50	69	80	92	94.0	3.80	2.70	2.30	2.10	0.913	1.311	1.653	1.939
	3	31	41	48	61	211.8	4.20	3.20	2.80	2.20	1.646	2.216	2.814	2.997
	4	16	23	33	45	375.8	4.40	3.30	2.70	2.25	2.389	3.090	3.673	4.067
	5	13	18	27	35	587.0	4.90	3.63	3.05	2.60	2.740	3.465	4.109	4.404
	6	12	17	24	27	845.7	3.80	3.30	2.95	2.60	2.958	3.852	4.588	4.800

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, y (cm/seg ²)				Longitud de péndulo correspondiente (cm)	Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.95	1	110	129	139	145	22.5	2.10	1.70	1.50	1.40	0.741	1.151	1.430	1.820
	2	49	61	74	83	90.0	3.65	2.60	2.25	2.00	1.293	1.887	2.599	2.904
	3	30	41	49	56	202.7	3.95	3.10	2.60	2.20	2.324	3.206	3.773	4.068
	4	18	28	45	49	360.6	4.30	3.30	2.70	2.30	2.744	4.115	4.766	5.161
	5	11	19	23	29	563.8	5.00	3.80	3.00	2.60	3.860	4.899	5.780	6.135
	6	8	14	18	22	810.0	4.50	3.50	2.80	2.50	3.900	4.908	5.951	7.167
0.90	1	118	134	149	157	20.2	2.00	1.70	1.50	1.35	1.340	1.787	1.997	2.357
	2	49	57	65	75	81.0	3.50	2.30	2.00	1.75	1.988	2.982	3.523	3.981
	3	30	38	43	46	182.3	4.00	3.20	2.60	2.20	3.596	4.657	5.495	5.792
	4	18	24	27	30	324.8	4.05	3.20	2.60	2.25	4.536	6.193	7.228	7.932
	5	9	14	18	21	508.0	3.85	2.90	2.60	2.25	5.493	7.142	9.864	10.875
	6	7	9	12	14	732.0	4.55	3.60	3.10	2.60	6.333	7.997	10.330	12.016

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, <i>y</i> (cm/seg ²)				Longitud de péndu lo corre pondiente (cm)	Desplazamiento relativo del péndulo, <i>z</i> (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.87	1	118	131	146	152	18.9	1.90	1.65	1.50	1.20	1.737	2.826	3.340	3.460
	2	55	61	66	70	75.7	3.60	2.20	1.90	1.60	2.233	3.041	3.717	4.527
	3	29	34	37	40	170.3	3.80	3.00	2.45	2.10	3.945	5.152	6.190	6.661
	4	16	21	24	26	302.7	3.85	3.05	2.55	2.20	5.426	7.222	8.670	9.480
	5	9	12	15	18	473.9	3.80	2.80	2.50	2.10	6.342	8.643	11.806	13.324
	6	7	8	9	12	681.2	4.30	3.55	3.05	2.50	7.755	10.367	11.994	13.600
0.85	1	110	125	150	158	18.0	1.70	1.50	1.35	1.20	1.961	2.682	3.053	3.300
	2	52	54	58	61	72.0	3.40	2.20	1.75	1.50	2.535	3.511	3.945	4.599
	3	16	26	31	34	162.0	3.70	2.30	1.60	1.60	3.940	5.245	6.090	6.923
	4	11	17	21	24	290.0	3.80	2.35	1.90	1.70	4.826	5.664	6.841	7.010
	5	9	10	13	15	454.0	3.55	2.90	2.45	2.10	7.210	9.801	12.163	13.965
	6	7	8	9	10	649.0	4.20	3.50	2.90	2.60	8.519	11.309	13.529	15.596

$T_1 T$	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, y (cm/seg ²)				Longitud de Péndu lo corre pondiente (cm)	Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.80	1	110	130	142	157	15.9	1.50	1.40	1.25	1.15	1.887	2.761	3.375	4.038
	2	56	51	53	54	63.8	3.20	2.15	1.70	1.35	2.872	3.796	4.287	5.319
	3	28	32	34	35	144.0	3.30	2.70	2.25	1.90	4.871	6.760	7.552	8.376
	4	15	17	19	21	255.4	3.35	2.65	2.20	2.10	7.047	9.605	12.276	15.637
	5	9	10	12	14	398.7	3.25	2.65	2.35	2.00	9.273	11.880	14.995	16.650
	6	6	7	8	9	580.0	3.90	3.15	2.70	2.40	10.847	14.195	16.284	18.560
0.77	1	77	82	86	91	14.8	1.40	1.30	1.25	1.10	2.011	3.342	3.778	4.621
	2	57	50	52	53	59.2	3.15	2.10	1.60	1.30	3.050	4.134	4.955	5.417
	3	28	30	31	34	133.6	3.20	2.60	2.20	1.85	5.524	7.352	7.804	10.340
	4	15	16	18	20	238.0	2.90	2.45	2.00	1.70	9.116	10.274	13.049	14.442
	5	10	11	12	13	370.0	2.55	2.30	1.90	1.80	11.070	15.414	15.870	19.209
	6	6	7	8	9	539.0	3.70	3.10	2.55	2.30	14.097	14.080	19.374	21.212

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, y (cm/seg ²)				Longitud de péndu lo corre poniente (cm)	Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0,75	1	84	87	89	91	14.0	1.35	1.20	1.10	1.05	2.254	3.120	3.897	4.868
	2	59	49	51	53	56.2	3.10	2.15	1.60	1.40	3.030	4.664	5.178	5.640
	3	28	30	32	33	126.0	2.80	2.30	1.90	1.70	5.577	8.008	9.322	10.196
	4	15	16	18	20	225.0	2.90	2.40	2.00	1.70	8.290	12.049	14.508	15.995
	5	9	10	11	12	351.6	3.10	2.55	2.25	1.95	10.868	13.800	16.663	19.796
	6	6	7	8	9	508.0	3.60	3.00	2.45	2.20	14.020	16.598	20.003	21.330

La figura 4.3 muestra espectros de aceleraciones típicos.

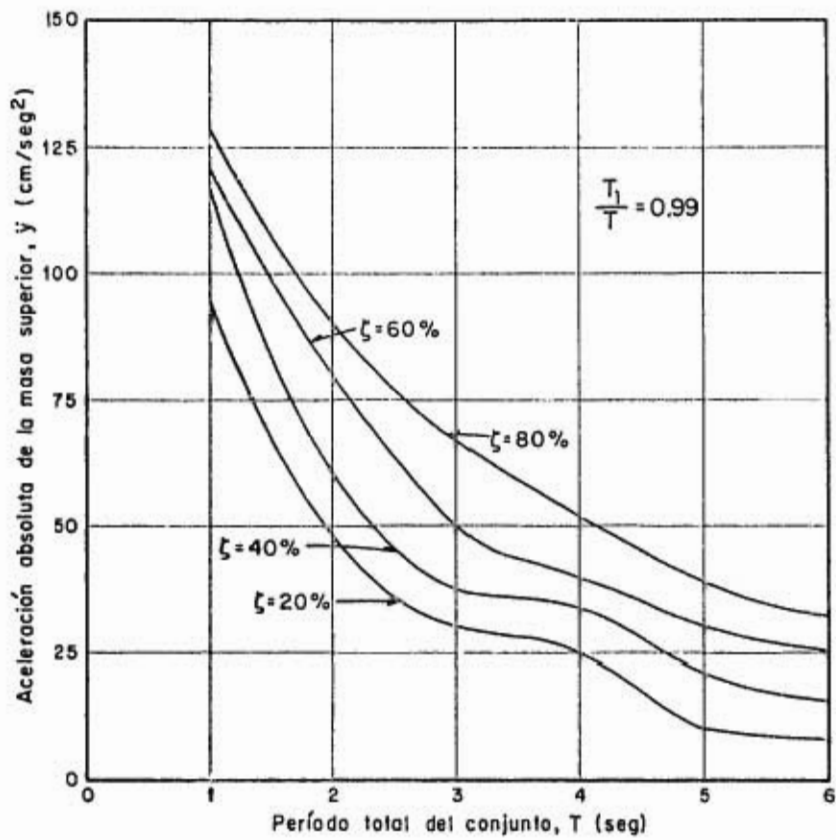


Fig. 4.3a Espectro de aceleraciones.

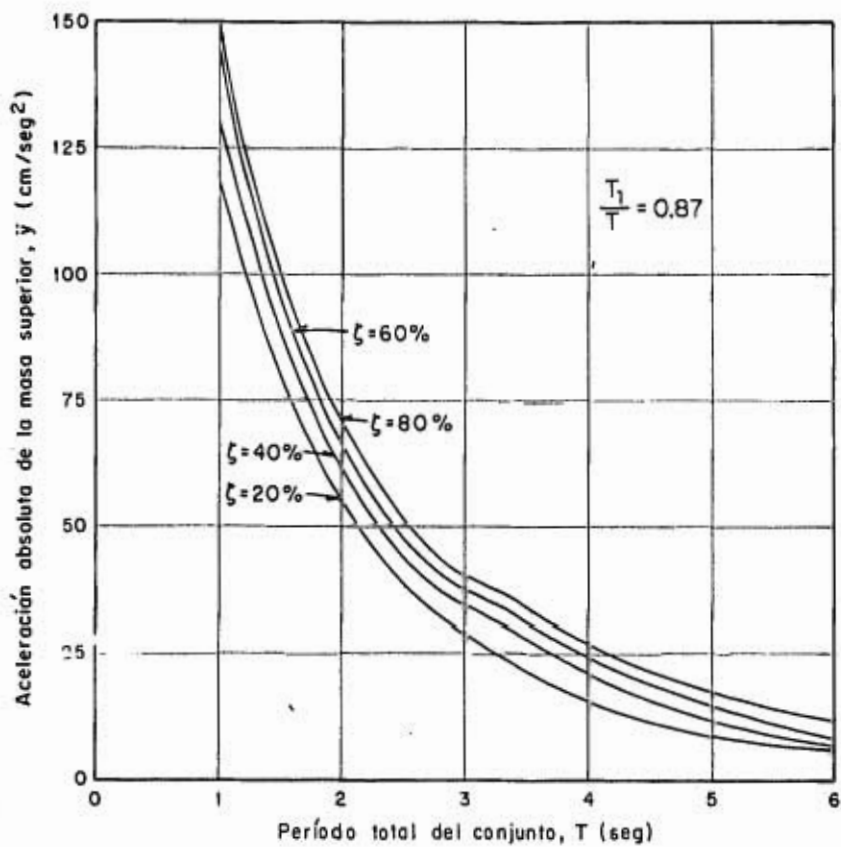


Fig. 4.3b Espectro de aceleraciones.

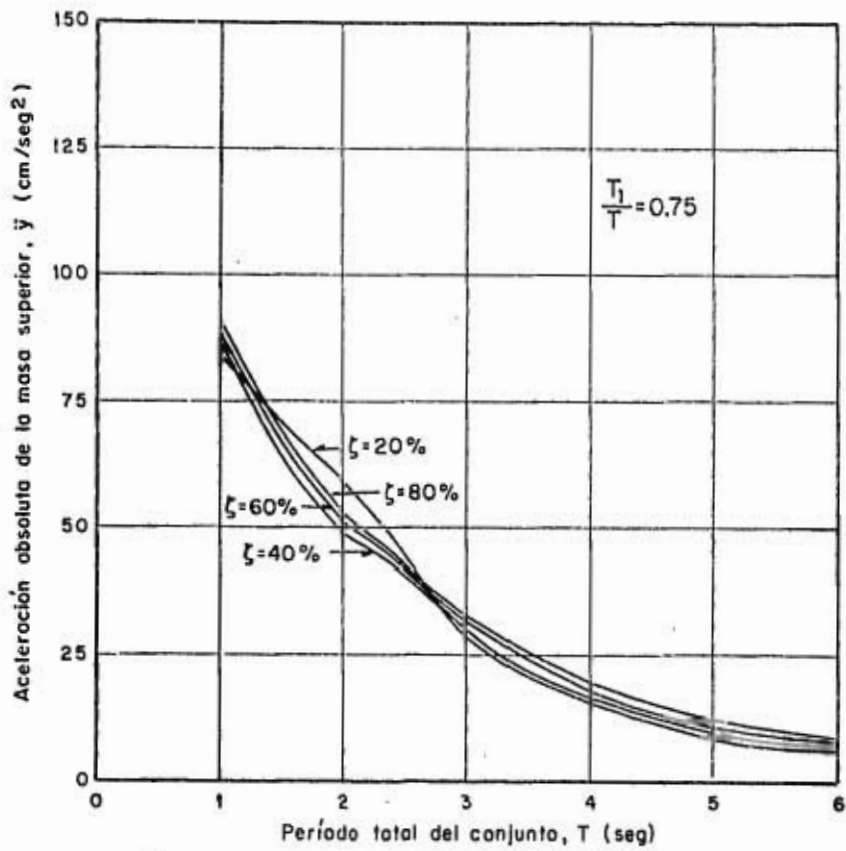


Fig. 4.3c Espectro de aceleraciones.

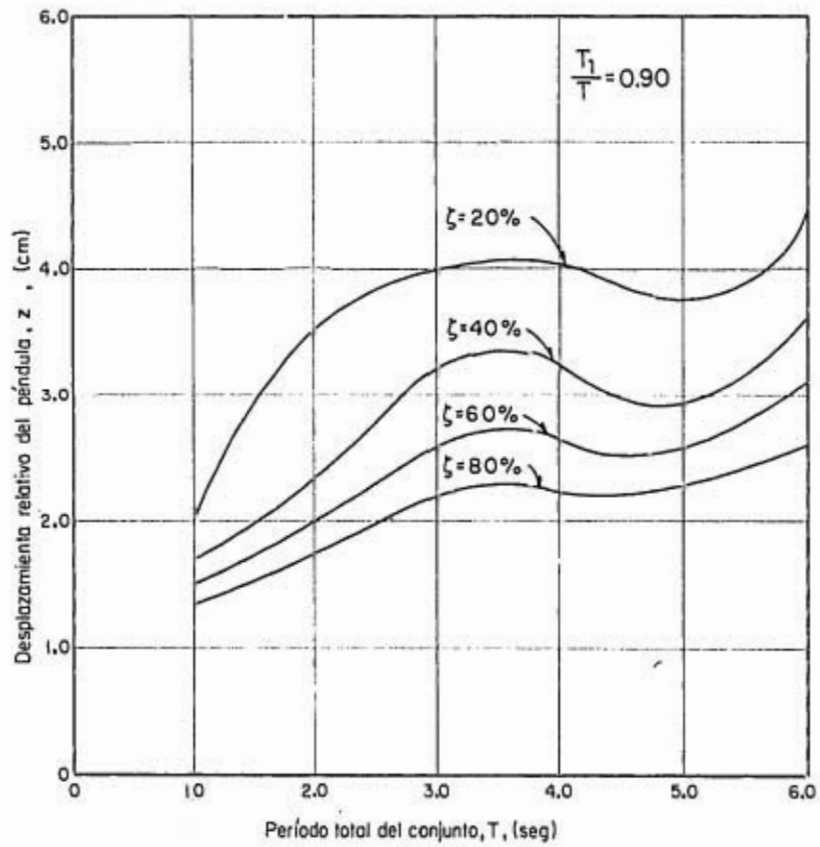


Fig. 4.3d Espectro de desplazamientos relativos del péndulo.

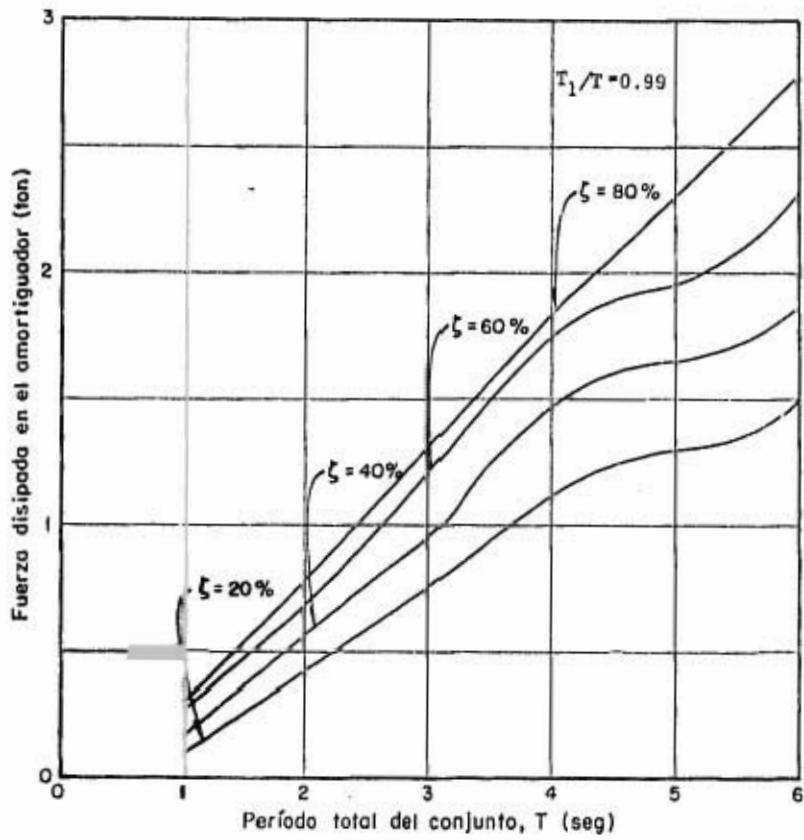


Fig. 4.3e Espectro de fuerzas .

CAPITULO V

EXCITACION DEL MODELO CON PERTURBACIONES DE PERIODO

DOMINANTE LARGO

Observando en los resultados del caso anterior la influencia del amortiguamiento, se decidió estudiar el sistema para excitaciones con periodos dominantes largos.

En este caso el modelo se excitó con la componente horizontal E-W del sismo registrado en el edificio guerrero del conjunto habitacional Norecalco Tlatelolco en la ciudad de México el 5 de Julio de 1964, con una aceleración máxima de 50 cm/seg^2 (0.051g) y una duración de 188 segundos. La línea base de este registro ya estaba corregida (Ref. 8) y aún así al hacer dos integraciones de la aceleración para obtener el desplazamiento se obtenían valores de éste hasta de dos metros, por lo que se optó por escoger sólo un tramo del registro tal que al hacer las integraciones necesarias se obtuvieran desplazamientos máximos del orden de cinco a diez centímetros; en esta forma se seleccionó un tramo de 17.5 segundos de duración donde se tenía el periodo dominante del sismo, resultando desplazamientos máximos de 7.5 cm.

En este caso no fué necesario tener un potenciómetro de corrección para la excitación como en el circuito del caso anterior debido a que se -

tenían registradas las tres variables (x, \dot{x} y x). Se hizo un escalamiento por tiempo empleándose $\beta = 0.10$ en la ecuación $\tau = \beta t$ con lo que se redujeron a la entrada de algunos integradores ganancias hasta de 5,000.

A continuación se presenta el escalamiento por magnitud y las ecuaciones de uno de los casos estudiados así como el diagrama de bloque empleado para la obtención de los espectros.

Variable del Problema	Valor máximo estimado	Factor de escala	Variable de Computadora.
\ddot{x}	50 cm/seg ²	1/50 = 0.02 U.M./cm/seg ²	[0.02 \ddot{x}]
\dot{x}	50 cm/seg	1/50 = 0.02 U.M./cm/seg	[0.02 \dot{x}]
x	10 cm	1/10 = 0.10 U.M./cm	[0.10 x]
\ddot{y}	50 cm/seg ²	1/50 = 0.02 U.M./cm/seg ²	[0.02 \ddot{y}]
\dot{y}	50 cm/seg	1/50 = 0.02 U.M./cm/seg	[0.02 \dot{y}]
y	10 cm	1/10 = 0.10 U.M./cm	[0.10 y]
\ddot{z}	100 cm/seg ²	1/100 = 0.01 U.M./cm/seg ²	[0.01 \ddot{z}]
\dot{z}	50 cm/seg	1/50 = 0.02 U.M./cm/seg	[0.02 \dot{z}]
z	10 cm	1/10 = 0.10 U.M./cm	[0.10 z]

$$[0.0001\ddot{z}] = -1.35 [0.002\dot{z}] - 1.76 [0.10z] + 0.064 [0.02\dot{y}] + 1.64 [0.10y] - 0.005 [0.02\dot{x}] - 0.064 [0.02\dot{x}] - 1.64 [0.10x]$$

$$[0.002\dot{y}] = -0.128 [0.02\dot{y}] - 3.28 [0.10y] + 1.28 [0.002\dot{z}] + 3.28 [0.10z] + 0.128 [0.02\dot{x}] + 3.28 [0.10x]$$

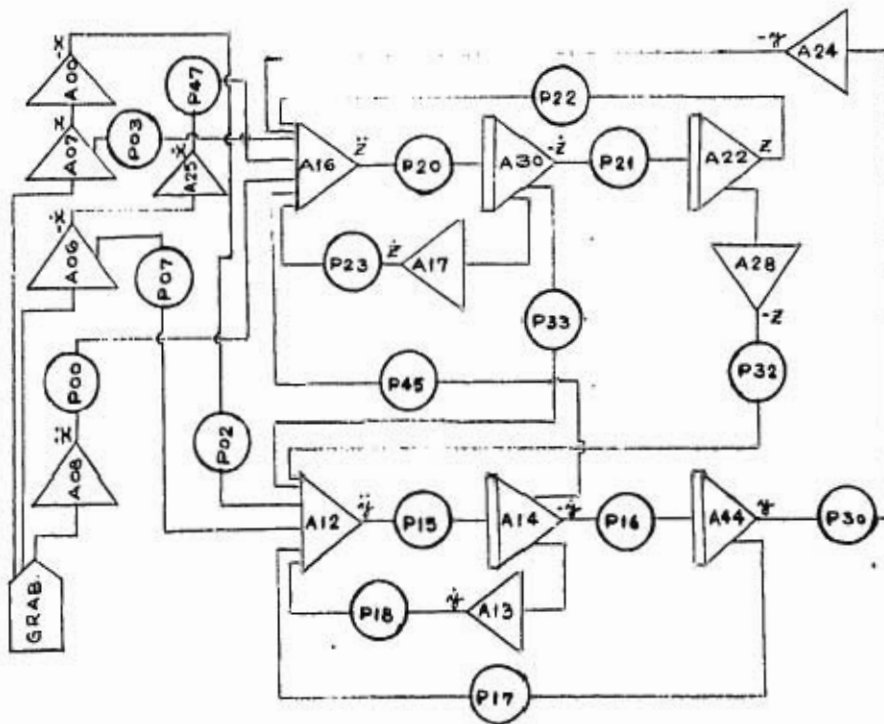


Fig. 5.1 Diagrama de bloque.

Puede observarse que los integradores A-22 y A-44 substituyen al A-31 y A-15 respectivamente del diagrama empleado en el caso anterior.

Obsérvese también que no se usaron los integradores A-06 y A-07, ni el potenciómetro P-09 debido a que se tenían grabadas las tres variables de la excitación (aceleración, velocidad, desplazamiento).

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, y (cm/seg ²)				Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.99	1	145	141	137	133	0.30	0.25	0.20	0.20	0.560	0.720	0.895	1.000
	2	125	120	112	104	2.45	2.30	2.20	2.15	0.600	0.799	0.927	0.985
	3	110	100	87	80	3.20	3.15	2.90	2.60	0.696	0.873	0.988	1.200
	4	23	30	33	36	3.75	3.60	3.40	2.90	0.920	0.980	1.099	1.566
	5	11	18	23	28	4.30	3.80	3.60	3.20	1.000	1.300	1.500	2.560
	6	8	13	20	23	5.00	3.90	3.70	3.30	2.500	2.700	3.200	4.700
0.97	1	138	133	129	127	0.30	0.25	0.20	0.20	0.700	0.810	1.000	1.300
	2	116	110	105	100	2.30	2.20	2.15	2.10	0.832	1.400	2.050	2.400
	3	100	85	80	76	3.00	2.90	2.85	2.80	1.200	2.080	3.800	4.300
	4	12	10	9	8	3.20	3.10	2.70	2.40	1.620	2.880	4.250	5.140
	5	11	10	9	8	4.70	4.55	4.40	4.30	2.140	3.060	5.150	6.640
	6	10	12	11	13	3.75	3.50	3.30	3.00	3.040	4.150	6.870	7.980

T_1	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, y (cm/seg ²)				Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.95	1	133	127	123	119	0.50	0.45	0.40	0.35	0.810	0.980	1.100	1.600
	2	110	106	101	98	2.30	2.20	2.15	2.10	1.195	1.910	2.500	2.980
	3	14	12	11	10	2.75	2.60	2.40	2.30	2.000	3.700	4.100	5.100
	4	10	9	8	7	2.30	1.85	1.30	1.00	2.690	4.670	5.590	7.565
	5	10	9	8	7	2.60	2.40	1.90	1.45	3.200	4.920	6.890	9.780
	6	9	8	7	6	2.50	2.40	2.00	1.60	4.375	5.870	7.360	10.490
0.90	1	128	123	117	112	1.20	1.15	1.10	1.05	0.895	1.000	1.300	1.890
	2	108	70	65	61	2.15	2.10	2.05	2.00	1.455	2.140	2.980	3.655
	3	13	12	11	10	2.70	2.40	2.30	2.20	2.640	4.200	5.900	7.400
	4	11	10	9	8	3.00	2.80	2.50	2.40	3.750	5.600	7.600	9.060
	5	10	9	8	7	3.20	3.10	2.90	2.60	4.650	7.420	9.600	11.800
	6	10	9	8	7	3.40	3.21	3.10	3.00	5.960	9.100	11.000	14.500

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, y (cm/seg ²)				Desplazamiento relativo de péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.87	1	70	64	54	50	1.30	1.10	1.05	1.00	0.990	1.060	1.500	2.000
	2	14	12	11	10	2.20	2.15	2.10	2.05	1.760	2.900	3.900	5.300
	3	13	11	10	9	2.50	2.40	2.30	2.25	3.350	5.320	6.200	8.600
	4	11	10	9	8	2.80	2.70	2.60	2.55	4.000	7.580	8.960	10.100
	5	9	10	11	12	4.30	3.50	2.80	2.70	5.190	8.870	11.560	14.015
	6	9	12	13	14	4.30	4.25	4.20	4.15	6.390	10.050	13.100	15.900
0.85	1	70	62	55	50	1.35	1.25	1.10	0.90	1.032	1.188	1.700	2.100
	2	13	12	10	9	2.30	2.20	2.15	2.10	1.960	3.511	4.944	5.970
	3	12	11	10	9	4.10	3.40	3.15	2.40	3.890	6.300	7.930	9.400
	4	11	10	9	8	1.90	1.70	1.50	1.40	4.230	8.100	9.028	10.560
	5	10	9	8	7	4.15	4.00	3.25	3.10	5.400	9.120	13.000	15.220
	6	10	13	14	15	3.30	3.00	2.90	2.60	6.850	10.570	13.600	16.100

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, \ddot{y} (cm/seg ²)				Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.80	1	70	62	55	50	1.20	1.00	0.90	0.80	1.100	1.270	1.800	2.500
	2	13	12	11	10	2.70	2.60	2.50	2.30	2.590	5.500	7.140	8.150
	3	12	11	10	9	2.80	2.70	2.65	2.60	4.800	7.430	11.070	13.266
	4	10	9	8	7	2.90	2.25	2.80	2.70	6.680	10.100	13.540	16.130
	5	10	9	8	7	3.10	3.00	2.90	2.80	7.260	10.900	13.900	16.100
	6	10	11	12	13	3.00	2.90	2.80	2.75	7.640	11.400	14.300	16.800
0.77	1	55	50	48	44	1.20	1.05	0.95	0.90	1.160	1.380	1.958	2.550
	2	13	12	10	9	2.50	2.40	2.30	2.25	3.350	5.930	8.200	9.700
	3	12	11	10	9	3.00	2.80	2.75	2.70	5.235	8.950	11.600	15.434
	4	11	10	9	8	3.05	2.95	2.90	1.85	7.115	10.740	14.500	16.130
	5	11	10	9	8	2.70	2.40	2.35	2.30	8.100	11.000	14.710	16.680
	6	10	11	12	13	2.90	2.80	2.75	2.50	9.000	13.060	15.070	17.090

T ₁ T	T seg	Aceleración absoluta de la masa superior, \ddot{y} (cm/seg ²)				Desplazamiento relativo del péndulo, z (cm)				Fuerza disipada en el amortiguador (Ton)			
		20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
0.75	1	55	50	45	42	1.10	1.00	0.80	0.70	1.189	1.500	4.330	5.660
	2	13	11	10	9	2.50	2.40	2.35	2.20	4.395	6.578	8.630	11.054
	3	12	11	9	8	3.10	3.00	2.90	2.85	5.476	10.010	13.393	18.652
	4	11	10	9	8	3.10	3.00	2.90	2.80	6.875	11.383	17.654	20.565
	5	10	9	8	7	4.00	3.20	3.10	2.90	7.524	11.550	17.715	21.285
	6	10	11	12	13	3.60	3.15	2.90	2.50	7.712	11.674	17.960	22.324

La Figura 5.2 muestra un espectro de aceleración típico.

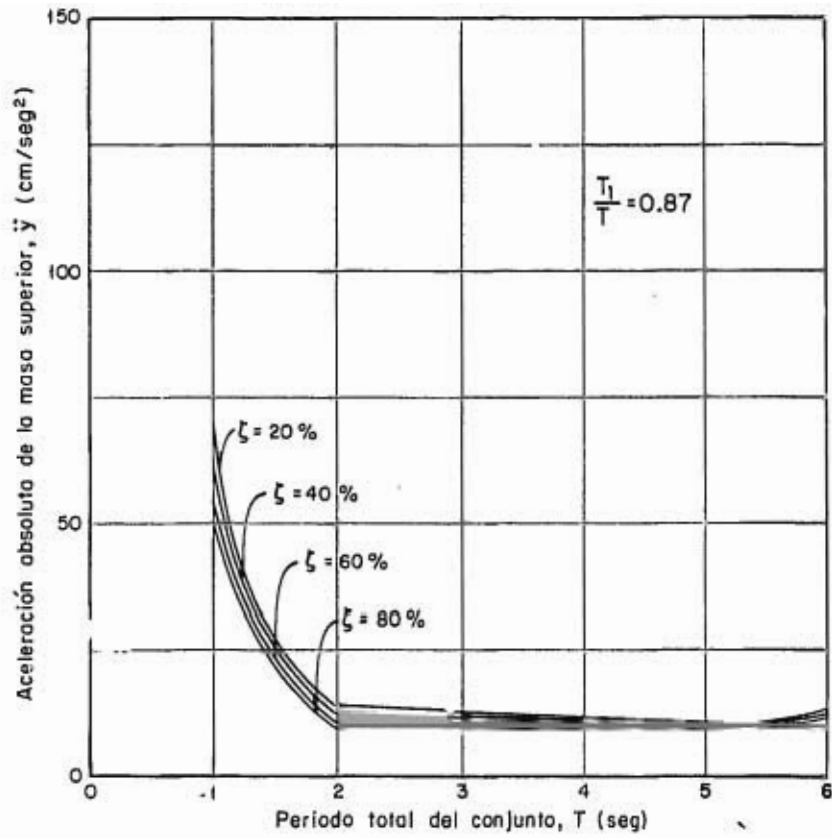


Fig. 5.2 Espectro de aceleraciones típico.

CAPITULO V I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados de los capítulos IV y V puede observarse la gran reducción que se logró en la respuesta, al compararlas con las de un sistema convencional para la misma excitación, tanto para perturbaciones con período corto como para período largo. Estas últimas se pueden observar tabuladas al final de este Capítulo.

Puede notarse en los espectros de aceleración para perturbaciones con período corto (Acapulco) (Ver Fig. 4.3) que a medida que se aumenta el porcentaje de amortiguamiento, se va aumentando la respuesta, mientras que para el caso de perturbación con período largo (México) (Ver Fig. 5.2) el amortiguamiento reduce la respuesta, aunque la reducción no es muy grande, debido quizá a que se empleó sólo un tramo del registro.

Así mismo en las respuestas de desplazamientos del péndulo en este último caso no se observó reducción apreciable con el aumento de - - amortiguamiento, lo que sí ocurre en el primer caso.

Para excitación con período corto, a medida que la relación T_1/T disminuye, el efecto de amortiguamiento va siendo menor; sin embargo, para las relaciones T_1/T desde 0.80 a 0.75, o sean los tres últimos casos, -

CAPITULO V I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados de los capítulos IV y V puede observarse la gran reducción que se logró en la respuesta, al compararla con las de un sistema convencional para la misma excitación, tanto para perturbaciones con período corto como para período largo. Estas últimas se pueden observar tabuladas al final de este Capítulo.

Puede notarse en los espectros de aceleración para perturbaciones con período corto (Acapulco) (Ver Fig. 4.3) que a medida que se aumenta el porcentaje de amortiguamiento, se va aumentando la respuesta, mientras que para el caso de perturbación con período largo (México) (Ver Fig. 5.2) el amortiguamiento reduce la respuesta, aunque la reducción no es muy grande, debido quizá a que se empleó sólo un tramo del registro.

Así mismo en las respuestas de desplazamientos del péndulo en este último caso no se observó reducción apreciable con el aumento de - - amortiguamiento, lo que sí ocurre en el primer caso.

Para excitación con período corto, a medida que la relación T_1/T disminuye, el efecto de amortiguamiento va siendo menor; sin embargo, para las relaciones T_1/T desde 0.80 a 0.75, o sean los tres últimos casos, -

se obtuvo un cruzamiento de las líneas en el amortiguamiento de 20% para un período total de 2 segundos, (Ver Fig. 4.3c) pero no es de mucha importancia puesto que para ese período total corresponde una longitud de péndulo - muy pequeña y por lo tanto en ese rango el sistema no es muy efectivo.

Igualmente con excitación de período largo se observan cruzamientos para períodos totales de 5 y 6 segundos para relaciones T_1/T bajas, para relación de 0.99 el cruzamiento empieza a un período total de 4 segundos. Estos cruzamientos tampoco tienen demasiada importancia puesto que las respuestas de aceleración en ese rango de período total es ya muy baja.

Se observa que la longitud de péndulo es el parámetro que - más favorece a la reducción de las respuestas de aceleración.

De los resultados obtenidos podremos deducir que el diseño de las estructuras estará regido por viento, debiéndose considerar un amortiguamiento en la base tal que los desplazamientos en la estructura no lleguen a ser muy grandes.

En conclusión, las ventajas que se obtienen al emplear este sistema serán: reducción en el costo de los edificios, puesto que con respuestas de aceleraciones tan bajas las secciones necesarias para tomar los efectos sísmicos o de viento serán pequeñas; daños mínimos a elementos no estructurales, debido a que las distorsiones serán muy pequeñas; confort a los ocupantes de los edificios por las aceleraciones tan reducidas y los desplazamientos relativos de entresijos tan bajos.

Considerando los resultados de los espectros de aceleración

y desplazamiento resultaría conveniente usar amortiguamiento bajo (del orden de 20% a 40% del crítico) para terrenos con período dominante corto (como - Acapulco) únicamente el necesario para evitar desplazamientos excesivos - debidos a la sollicitación del viento; mientras que para terrenos con período - dominante largo (como México) no es desfavorable un alto amortiguamiento. Se recomienda usar un amortiguamiento del orden del 50% del crítico.

Aceleración absoluta de la masa superior, \ddot{y} (cm/seg²) ACAPULCO .

T	T_1/T								
	0.99	0.97	0.95	0.90	0.87	0.85	0.80	0.77	0.75
1	280	230	240	270	255	240	210	202	200
2	240	270	220	150	115	105	62	60	60
3	270	200	132	56	50	50	42	32	32
4	230	152	60	44	42	29	29	29	22
5	200	62	50	34	28	22	18	16	16
6	160	57	43	30	20	18	15	12	10

Aceleración absoluta de la masa superior, \ddot{y} (cm/seg²) MEXICO .

T	T_1/T								
	0.99	0.97	0.95	0.90	0.87	0.85	0.80	0.77	0.75
1	50	50	50	50	52	56	62	64	65
2	54	55	61	72	82	81	79	78	78
3	56	63	76	74	75	78	81	94	95
4	57	75	75	78	88	96	78	77	74
5	63	75	76	94	69	73	44	42	42
6	70	75	88	75	44	41	28	19	18

REFERENCIAS .

1. Garza Tamez Federico. Sistema para la reducción de los efectos sísmicos en las edificaciones. 2o. Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Veracruz, Ver. 1968.
2. Rosenblueth Emilio y Newmark ---Folleto complementario diseño sísmico - de edificios. 1962 .
3. Korchinski I. L. Cargas sísmicas en edificios y estructuras. 1959.
4. K. Matsushita, M. Izumi. Some Analyses on Mechanism to Decrease Seismic Force Applied to Buildings. IV - 342.
Deflection Controlled Elastic Response of Buildings and Methods to Decrease the - Effect of Earthquake Forces Applied to Buildings IV - 360.
Proceedings third world conference on - - Earthquake Engineering, New Zealand, 1965.

5. Jacobsen Lydik S. and Robert Ayre. Engineering Vibrations with Applications to Structures and Machinery. 1958.
6. Rosenblueth Emilio y Newmark N. M. Ingeniería Sísmica. Libro a publicarse a fines de 1968 por la Prentice - Hall.
7. Bustamante, Jorge I. Los espectros elásticos de sismos mexicanos y el reglamento propuesto para el Distrito Federal. Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Guadalajara, Jal. 1965.
8. Bustamante Jorge I y Prince Jorge. Corrección de los acelerogramas de cuatro macrosismos registrados en la Ciudad de México.