

01161 6
29



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO INELASTICO
DINAMICO DE UNA ESTRUCTURA TIPO ESCOLAR,
ADECUADA A LAS NORMAS DE DISEÑO SISMICO
DEL D.F. VIGENTES**

T E S I S

**PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA**

DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Por: LEOPOLDO SALAZAR DARE

COMO REQUISITO PARA OBTENER

EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERIA

(E S T R U C T U R A S)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO 28 DE 1991



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

CAPITULO	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
I.1 Antecedentes	1
I.2 Objetivos y alcances	8
II. REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES PARA CUMPLIR CON LAS NORMAS DE DISEÑO SÍSMICO DEL DISTRITO FEDERAL EMITIDAS EN JULIO DE 1987	10
II.1 Aspectos de las Normas de Diseño Sísmico del D.F. referente a rigidizaciones	11
II.2 Reparación y reforzamiento de edificios existentes	12

CAPITULO	PAGINA
II.3 Descripción de la estructura original	19
II.4 Criterios de diseño de la estructura original	22
III. METODOLOGIA SEGUIDA PARA EL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA U2-C ORIGINAL Y RIGIDIZADA	26
III.1 Breve descripción del programa LAR2D	27
III.2 Descripción del modelo de histéresis de Takeda	29
III.3 Datos generales que requiere el programa LAR2D	33
III.5 Descripción de los sismos seleccionados para ser utilizados en los análisis	34
IV. RESULTADOS DE LOS ANALISIS	40
IV.1 Resumen de la secuencia seguida para analizar la estructura	41

CAPITULO	PAGINA
IV.2 Comparación de los desplazamientos de la estructura original y rigidizada bajo los sismos seleccionados	43
IV.3 Comparación de los cortantes basales y momentos de volteo	73
IV.4 Comparación de las aceleraciones por niveles	101
V. CONCLUSIONES	130
REFERENCIAS	134

I. INTRODUCCION

I.1 ANTECEDENTES

En la República Mexicana existen zonas de sismicidad máxima, fuerte, mediana y poca o nula (fig. 1) y, dentro de éstas, existen tres tipos de suelo:

Tipo 1.- Terrenos firmes tales como tepetates, arena cementada o arcillas muy compactadas.

Tipo 2.- Suelos de compresibilidad moderada tales como arena no cementada, limos de mediana o alta compacidad o arcilla de mediana compacidad.

Tipo 3.- Arcillas blandas y muy compresibles.

A cada una de estas sub-zonas corresponde un coeficiente sísmico, por lo cual, se tienen un total de 12 coeficientes sísmicos para diseño en todo el país (fig. 2).

El sismo del 19 de septiembre de 1985 provocó la falla de un gran número de edificios, cuya razón es, en primer término, la excepcional intensidad que el sismo alcanzó en una zona de la Ciudad de México, donde los movimientos del terreno fueron amplificados en forma extraordinaria por las características de vibración de los estratos de terreno blando que componen el subsuelo de la ciudad, lo que los hacía particularmente sensibles a los períodos dominantes del terreno firme subyacente.

El movimiento del terreno en esta zona se

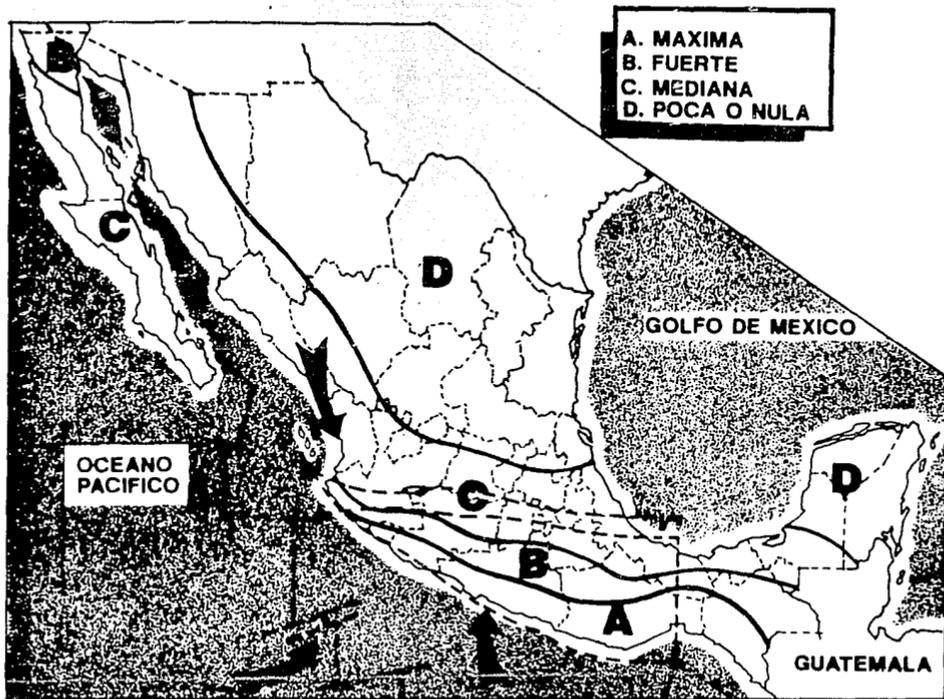
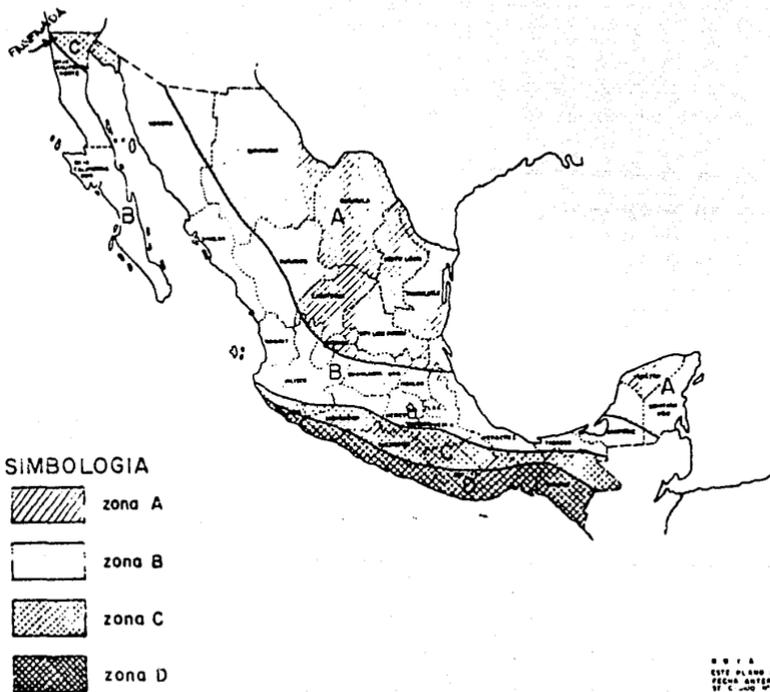


Figura 1



CLASIFICACION DE SUELO

TIPO 1	terrenos firmes tales como rocas, arena compactada o arcillas muy compactadas
TIPO 2	suelos de compactación moderada tales como arena no compactada, arena de mediana compactación o arcillas de mediana compactación
TIPO 3	arcillas blandas y muy compactadas

COEFICIENTE SISMICO REDUCIDO POR DUCTILIDAD PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO "A" (ESCUELAS)

ALCANTARILLADO	TIPO DE ESTRUCTURA	C = ED		C = LS	
		1	2	1	2
A	1	0.08	0.08		
	2	0.12	0.17		
	3	0.20	0.28		
B	1	0.12	0.16		
	2	0.20	0.32		
	3	0.30	0.40		
C	1	0.18	0.24		
	2	0.31	0.42		
	3	0.48	0.60		
D	1	0.37	0.49		
	2	0.64	0.72		
	3	0.72	0.78		

C. A. P. F. C. E.
 COMITÉ NACIONAL DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CDMX
 CALZADA DE LA TIERRA NUEVA, S/N. SECT. 20. CDMX.
 TEL. 56 23 21 21

RS-01

PERSONALIZACION SISMICA
 DE LA REPUBLICA MEXICANA

8 0 0 3
 ESTE PLANO ANEXO A TOMO LOS DE
 FICHA AUTOMATA 16 DATA 1988
 SF C 00 07 PLANO 1-01-88

Figura 2

caracterizó por la repetición de un número elevado de ciclos de gran amplitud y con frecuencias cercanas a los dos segundos.

Las construcciones que tenían período de vibración no muy inferior a dos segundos, respondieron con vibraciones elevadas que introdujeron fuerzas de inercia de gran consideración y que en muchos casos provocaron daños que, al reducir la rigidez de la estructura, aumentaron su período natural y provocaron que se vieran sujetas a sollicitaciones cada vez más elevadas que, en ocasiones, las llevaron a la falla. La evidencia de los registros instrumentales disponibles indica que las construcciones en una zona de la ciudad se vieron sometidas a sollicitaciones muy superiores a las especificadas en el Reglamento de Construcciones vigente entonces.

Debido a lo anterior, se han desarrollado estudios referentes al comportamiento sísmico de estructuras, de los cuales podemos resaltar algunos aspectos importantes:

- a) el comportamiento de los edificios ante sollicitaciones sísmicas, es más inelástico de lo que se suponía
- b) los materiales constructivos respondieron en forma distinta a la considerada
- c) se deberá analizar más detalladamente el comportamiento del sistema marco-muro de rigidez, tanto de concreto como de mampostería

d) se deben considerar hipótesis simplificadoras mas realistas para el análisis del conjunto suelo-cimentacion-estructura

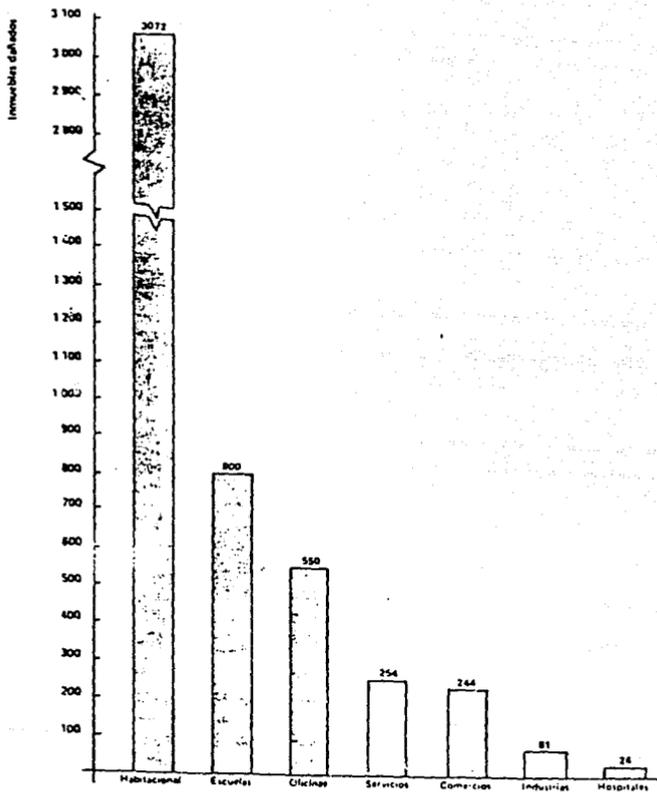
El comportamiento de los edificios escolares, fue relativamente bueno ante los sismos de Septiembre de 1985, debido a que su período fundamental de vibración quedó muy por debajo del período de la excitación, lo cual se debe, principalmente, a que éstas estructuras son por lo general de poca altura (uno a tres niveles).

Lo anterior se puede verificar en la tabla 1.1, la cual muestra el porcentaje de edificios con daños graves o colapsados con respecto al numero de niveles, observándose el bajo porcentaje de daños para estructuras de pocos niveles.

Sin embargo de acuerdo con un informe del Departamento del Distrito Federal (ref. 5), basado en los dictámenes realizados en los edificios, se tiene una relación del número de inmuebles dañados según su uso.

Los resultados se resumen en la gráfica de la fig.3, en la cual se observa que de 5025 inmuebles dañados por los sismos, el 15.92% corresponde a estructuras escolares, lo cual se justifica debido al gran número de estos inmuebles ubicados en la zona.

Posteriormente al sismo se realizaron programas de reconstrucción, reparación y refuerzo de los inmuebles dañados



Uso al que se destinaban los inmuebles dañados

Figura 3

por éste. Por otra parte, se están llevando a cabo programas específicos cuyos objetivos son de reforzar a las estructuras con el fin de adecuarlas a las Normas de Diseño por Sismo para el Distrito Federal emitidas en Julio de 1987.

NUMERO DE PISOS	PORCENTAJE DE CASOS DE COLAPSO O DAÑO GRAVE
1-2	0.9
3-5	1.3
6-8	8.4
9-12	13.6
>12	10.5

Tabla 1.1 Porcentaje de derrumbes o daños graves
(según referencia 5)

En México, el organismo del Estado que se encarga de la construcción de edificios escolares es el C.A.P.F.C.E. (Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas), creado por Decreto Presidencial en 1944, con el propósito de construir y equipar las edificaciones escolares que el Sistema Nacional de Educación requiere para todos sus niveles de enseñanza.

Debido al gran número de escuelas que se

construyen en toda la República, se cuenta con proyectos tipo de estructuras escolares y cuya aplicación ha tenido resultados satisfactorios. Dichos proyectos contemplan diferentes tipos de estructuraciones: marcos de concreto reforzado, marcos de estructura metálica, así como estructuras a base de muros de carga de mampostería principalmente. Los sistemas de piso más usados se forman con losas coladas en sitio, losas planas, así como losas formadas por elementos prefabricados (vigüeta y bovedilla).

I.2 OBJETIVOS Y ALCANCES

Este trabajo pretende evaluar el comportamiento estructural con análisis no lineal de un edificio escolar tipo (el cual es el que más se construye a nivel nacional de los proyectos tipo del C.A.P.F.C.E.) con el sismograma registrado en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el 19 de Septiembre de 1985 y el sismo registrado en Abril de 1989 en diferentes edificios escolares ubicados dentro del Distrito Federal.

Los objetivos específicos son:

- Comparar el comportamiento de la estructura original y rigidizada con muros de concreto reforzado, ante las excitaciones mencionadas.
- Verificar la influencia de los muros de concreto ante la disminución de rigidez con la excitación sísmica de la estructura

asi como la demanda de ductilidad en diferentes elementos.

-Comparar los resultados obtenidos con análisis inelástico y elástico para calibrarlos.

II. REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES PARA CUMPLIR CON LAS
NORMAS DE DISEÑO SISMICO DEL DISTRITO FEDERAL EMITIDAS

EN JULIO DE 1987

II.1 ASPECTOS DE LAS NORMAS DE DISEÑO SÍSMICO DEL D.F. REFERENTE A RIGIDIZACIONES

Con motivo de los sismos que se registraron en Septiembre de 1985 y en función de los daños que provocaron a un gran número de estructuras, sobre todo las que se ubican en la "zona del lago", las autoridades del Departamento del Distrito Federal, emitieron las "Normas de emergencia para diseño por sismo" en Octubre de ese mismo año y que modifican a las de 1977.

Posteriormente se publicó en 1987 el Nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias, en donde se presentan cambios notables tales como incremento a las cargas vivas, reducción de factores de resistencia de columnas y pilotes, así como a los factores de comportamiento sísmico. Además se modificaron los espectros de diseño, los cuales toman en cuenta la incertidumbre en la valuación de los períodos, los efectos de temblores de distintos orígenes, la influencia de amortiguamiento y de los distintos tipos de suelo. Así también, hubo cambios en los requerimientos que toman en cuenta la calidad de los materiales y a sus constantes elásticas.

El capítulo 11 de las Normas Técnicas

Complementarias para Diseño por Sismo está dedicado a estructuras existentes; en éste se mencionan los criterios a seguir para adoptar el factor de comportamiento sísmico a utilizar, la forma de tomar en cuenta los desplomes de la estructura así como la exigencia de comprobar que los sistemas de piso tienen la rigidez y resistencia suficientes para transmitir las fuerzas que se generan en ellos por los elementos de refuerzo que se han colocado y, de no ser así, reforzar los sistemas de piso para lograrlo. No obstante, las formas de reforzamiento o adecuación de las estructuras, no se mencionan de ninguna manera en ese capítulo.

II.2 REPARACION Y REFORZAMIENTO DE EDIFICIOS EXISTENTES

Rigidizar una estructura existente es incrementar su capacidad sismo-resistente original, por medio de una serie de modificaciones y mejoras a su estructuración y cuyo fin es tener un mejor comportamiento ante futuros sismos. La forma de corregir la estructuración consiste en la inclusión de nuevos elementos que aumenten y balanceen de manera uniforme su rigidez y resistencia.

Es importante tener en cuenta en la rigidización de edificios, que las soluciones propuestas vayan de acuerdo con su funcionalidad, tratando siempre de buscar que las modificaciones a la estructuras sean lo mejor posible, con lo cual nos evitamos reducir

la resistencia de elementos estructurales importantes.

En lo que se refiere a las estructuraciones escolares, tal como la que se presenta en este estudio, el criterio que define su rigidización es hacerlas cumplir con las Normas de Diseño por Sismo, tomando en cuenta que dicha rigidización se efectúa en estructuras que tuvieron un buen comportamiento ante los sismos de 1985 y por consiguiente no sufrieron daños.

En toda rigidización es importante revisar la redistribución de esfuerzos, tanto en la estructura como en la cimentación, en la cual se producen altas concentraciones de éstos y que pueden llevar a la necesidad de modificarla o bien, construir una cimentación adecuada para ello. Además, se debe revisar que las conexiones de los nuevos elementos garanticen continuidad en la estructura original, para que se tenga un trabajo de conjunto, tal y como se supone en el análisis.

Existen diferentes sistemas que se han utilizado en México, con el fin de reforzar y/o rigidizar estructuras, los cuales deben ser compatibles con la función de la estructura original. Entre los más comunes tenemos los siguientes:

- a) Rigidización de los marcos originales, por incremento de las secciones
- b) Muros de cortante o rigidez
- c) Confinamiento de muros de mampostería

- d) Contraventeo con elementos de acero estructural
- e) Contraventeo con cables de alta resistencia
- f) Contrafuertes
- g) Marcos adicionales de concreto reforzado
- h) Reducir la masa de la estructura demoliendo los pisos superiores

A continuación se presenta una descripción general de los sistemas mencionados:

- a) Rigidización de los marcos originales, por incremento de las secciones.

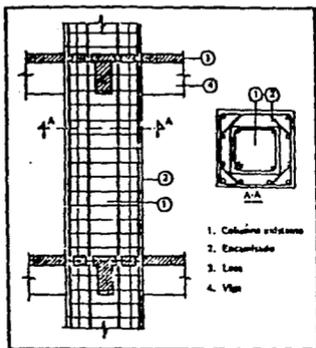
Este procedimiento se ha utilizado en un gran número de estructuras que se dañaron durante el sismo y consiste en aumentar sustancialmente las dimensiones de sus elementos estructurales, mediante el empleo de un recubrimiento de concreto reforzado o de perfiles de estructura metálica, como pueden ser soleras o ángulos (fig. 4).

Es recomendable rigidizar todos los marcos, ya que al reforzar sólo algunos, estos tienden a sufrir fallas y daños.

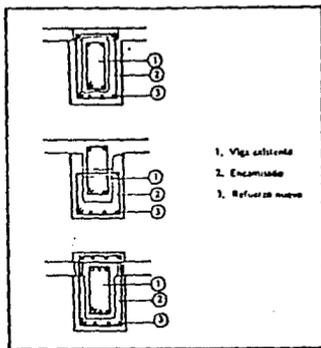
- b) Muros de cortante o rigidez

Los muros de cortante o rigidez son muros verticales en voladizo, diseñados para recibir fuerzas laterales y transmitir las al suelo. Las fuerzas que predominan son los cortantes, aunque un muro esbelto tendrá flexiones importantes.

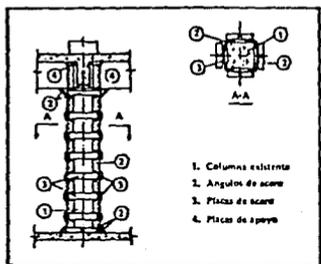
La adición de muros de cortante o de rigidez para



Encamizado continuo de columna con concreto reforzado.



Alternativa de encamizado de vigas con concreto reforzado.



Encamizado mixto de columna.

REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES (VIGAS Y COLUMNAS)

Figura 4

el refuerzo de estructuras es uno de los métodos mas efectivos, ya que reduce sus asimetrías e incrementa considerablemente su capacidad sismo-resistente. Por el contrario, cabe tomar en consideración que se producen grandes concentraciones de esfuerzo en la cimentación.

Los muros de cortante se han empleado con buenos resultados, en edificios de poca y mediana altura, en donde funcionan como pánels de cortante con o sin efectos de carga axial. En edificios altos, los muros de cortante actúan principalmente como voladizos a flexión.

El comportamiento de la mayoría de los muros de cortante se complica debido a la interacción del cortante, carga axial y la flexión. Es importante tomar en consideración el correcto funcionamiento de los mecanismos de anclaje entre muros y marcos, para verificar que se tenga un adecuado comportamiento ante cargas laterales.

c) Confinamiento de muros de mampostería

Este sistema ha tenido gran aplicación en la rigidización de estructuras escolares, sobre todo en el sentido transversal de éstas, recomendándose que la localización de los muros sea lo mas simétricamente posible, para evitar excentricidades que produzcan efectos de torsión considerables.

En el caso de contar con muros de tabique rojo

recocido, la rigidización se lleva a cabo confinándolos debidamente a la estructura por medio de dalas y castillos.

d) Contraventeo con elementos de acero estructural

Esta solución se ha adaptado a un gran número de estructuras tanto de acero como de concreto y tiene la ventaja de aumentar la rigidez de la estructura, sin incrementar significativamente su peso, lo cual evita adicionar considerablemente su masa, así como las fuerzas laterales que actúan sobre ella, disminuyendo así el potencial refuerzo de la cimentación.

Un problema que presenta esta solución, es que su conexión con estructuras de concreto es difícil, sobre todo para lograr una adecuada adherencia con el concreto existente.

e) Contraventeo con cables de alta resistencia

Este sistema se ha introducido recientemente en la rigidización longitudinal de estructuras escolares de concreto reforzado y consiste en un contraventeo con cables de acero de alta resistencia. Tiene la misma ventaja que la solución anterior, referente al incremento notable de rigidez, pero sin incrementar la masa de la estructura.

En lo que se refiere a las conexiones con la estructura, éstas requieren un detallado especial y una supervisión estricta para que se realicen de acuerdo al proyecto y trabajen tal

como se supone en el análisis.

f) Contrafuertes

Este procedimiento se realiza generalmente cuando se dispone de espacio suficiente en el exterior del edificio y cuando su elevación es pequeña. Estos elementos se diseñan de manera que resistan por sí mismos las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura.

Una ventaja de esta solución es que su construcción no interfiere con la utilización de la estructura. Este sistema ya ha tenido aplicación reciente en la rigidización de escuelas, sobre todo en las de uno y dos niveles, tanto para marcos de concreto reforzado, como de estructura metálica.

g) Marcos adicionales de concreto reforzado

Esta solución se conoce también como "macromarcos" y cuyos claros de crujeías y entrepisos son múltiples de los correspondientes a la estructura original. Son utilizados cuando las necesidades de circulación, iluminación o la concentración de grandes cargas a la cimentación limitan el uso de muros de cortante.

En general no aumenta grandemente la rigidez, en comparación con otros sistemas, aunque proporciona una mejor resistencia y ductilidad. Se tiene que analizar que la inclusión de dichos marcos no afecte a los ya existentes y los haga menos débiles

ante fuerzas sísmicas.

h) Reducir la masa de la estructura demoliendo los pisos superiores

Esta solución ha sido ampliamente aplicada a edificios de altura importante, ya que los propietarios al no disponer de recursos suficientes para el reforzamiento de la estructura, optan por eliminar niveles superiores.

El estudio estructural proporciona el número mínimo de niveles que deben ser demolidos para cumplir con las Normas de Diseño Sísmico. Una ventaja es que no se incrementan las solicitaciones en cimentación e inclusive se reducen.

II.3 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL

La estructura que se presenta para su estudio, forma parte de las estructuraciones escolares tipo C.A.P.F.C.E., a la cual se le denomina U2-C y cuya ubicación comprende diferentes zonas del Distrito Federal, es decir, se encuentra dentro de la zona sísmica B de la República Mexicana y considerando suelos tipo I, II y III (fig. 2).

Esta edificación cuenta con dos niveles y esta compuesta por marcos ortogonales, con claros de 3.19m en el sentido longitudinal, excepto uno de 4.00m, en donde se alojan las escaleras para acceso al nivel superior, localizándose generalmente en la

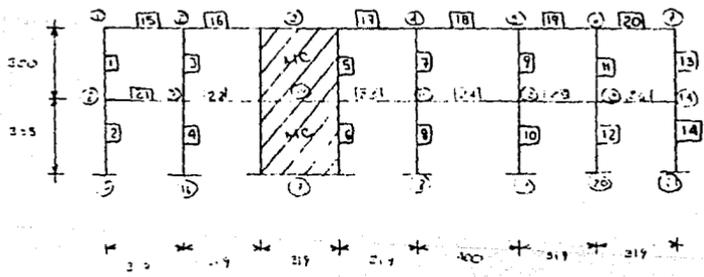
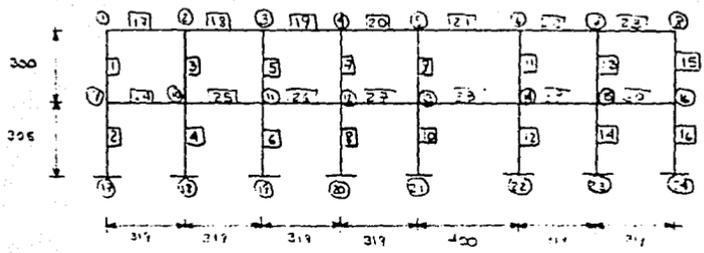


Figura 6

parte central del edificio. Las escaleras se apoyan en los muros de mampostería, por lo cual no se incluyen traveses adicionales en el entre-eje de las escaleras de los marcos longitudinales, siendo éstos los denominados por los ejes A y B (fig. 45)

En el sentido transversal, los marcos de los ejes 1 al 10 cuentan con un sólo entre-eje de 8.00m y un volado de 2.00m en el primer nivel para alojar un pasillo, mientras que en el nivel azotea se tienen volados de 2.30m en ambas fachadas (fig. 5)

El sistema estructural está formado por medio de losas coladas en sitio, traveses transversales, longitudinales y columnas rectangulares de concreto reforzado.

En general, este tipo de estructura tiene su aplicación en todos los niveles educativos, construyéndose tanto en zonas urbanas como semiurbanas. Además, este tipo de estructura se construye hasta de 13 entre-ejes; aunque, por restricciones del programa utilizado en el presente estudio, únicamente se consideraron 7 entre-ejes (fig.6).

II.4 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL

A continuación, se mencionan algunos de los principales criterios que se tomaron en cuenta para el diseño original de la estructura, con lo cual se pretende tener un marco de

referencia para su modelado.

El diseño de la estructura original, se basó en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, publicado el 15 de Abril de 1977. Para el análisis, se idealizó por medio de un sistema de marcos planos formados por barras con las propiedades de las secciones de la estructura, considerando unas cargas vivas por acciones de cargas gravitacionales y de sismo de 100 y 300 kg/ m², para los niveles de azotea y entrepiso respectivamente. Para ambas condiciones de carga, se analizaron los marcos por el método de Kani, el cual es un proceso iterativo aproximado, siendo el punto de partida del mismo las ecuaciones de pendiente-deformación.

Es importante mencionar, que en el análisis, se realizó la alternación de la carga viva, es decir, se consideraron las siguientes combinaciones de acciones:

- a) Aulas llenas, pasillos llenos
- b) Aulas llenas, pasillos vacíos
- c) Aulas vacías, pasillos llenos

Observándose en general, que las dos primeras combinaciones proporcionaron los elementos mecánicos más desfavorables, en los marcos de la estructura.

Algunos de los parámetros de resistencia que se tomaron en el diseño de la estructura analizada son:

Concreto: $f'c=200\text{kg/cm}^2$

$$E=10000\sqrt{f'c}$$

Acero: $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

Además en el análisis de la estructura, no se tomó en cuenta el efecto de losa o de sección "T" para el cálculo de los momentos de inercia de trabes, sino que únicamente se consideró como sección rectangular. Las rigideces de entrepiso se calcularon empleando las fórmulas de Wilbur.

Para el análisis sísmico de la estructura, ésta fue clasificada dentro del grupo "A" ($F.A.=1.3$), es decir, pertenece a las construcciones cuyo funcionamiento es especialmente importante a raíz de un sismo o que en caso de fallar causaría pérdidas directas o indirectas, excepcionalmente altas en comparación con el costo necesario para aumentar su seguridad.

Un aspecto importante referente al diseño original, es que no se consideró la colaboración de los muros transversales de tabique para absorber los efectos de sismo, propios de la zona donde se ubica la estructura. Por lo anterior, se tomó un factor de comportamiento sísmico $Q=4$ en ambas direcciones, considerando que la resistencia en todos los niveles se proporcionaba por marcos no contraventeados y cuya capacidad para tomar acciones de sismo, era cuando menos el 15% de la fuerza sísmica actuante.

Con los parámetros anteriores se obtuvo el cortante basal de diseño y, posteriormente, se realizaron tanto el análisis sísmico estático (debido a que la altura del edificio es menor de 60m.), así como el análisis de torsiones, con los cuales se obtuvieron las fuerzas sísmicas totales en los marcos, efectuándose con estos resultados el análisis estructural de los marcos del edificio.

Por último, en lo referente a la cimentación, cabe mencionar que se realizó para diferentes capacidades del terreno.

**III. METODOLOGIA SEGUIDA PARA EL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL Y
RIGIDIZADA**

III.1 BREVE DESCRIPCION DEL PROGRAMA LARZD

Los programas LARZ han sido desarrollados para determinar la respuesta dinámica no lineal de marcos de concreto reforzado sujetos a excitaciones sísmicas. El programa original fue desarrollado por Otani en 1971, en 1979 Saïdi lo amplió. Las versiones actuales LARZDW-1.0 y LARZSW-1.0 de López (Enero de 1988), permiten analizar muros trabajando en paralelo con los marcos.

Los programas están elaborados para investigación y algunas otras aplicaciones, no para diseño. LARZWS-1.0 permite el análisis estático para una historia de cargas laterales; LARZWD-1.0 estima la respuesta dinámica de una estructura definida.

Para introducir los datos, existen dos formas: uno, que es la opción más simple, es mediante el uso de una hoja de cálculo en la cual estan contenidas todas las propiedades de los materiales de la estructura y su configuración se ensambla de manera muy sencilla. Mediante el uso de un preprocesador se genera el archivo de datos automáticamente y de esta forma se ahorra tiempo. Una limitación de esta forma de introducir los datos es que no se tiene acceso a todas las capacidades del programa. Otra forma de generar los datos es utilizar el archivo de entrada standard, el cual es mas laborioso su desarrollo pero sí permite el acceso a todas las capacidades del programa tales como que los marcos y muros

pueden tener diferentes números de pisos, los elementos pueden tener rigidez y resistencia ilimitada (acepta elementos de falla entre nudos), y las propiedades de los elementos pueden ser asimétricas.

El programa LARZWD, que fue el que se utilizó en el presente estudio, genera un total de 9 archivos:

- 1.- Máximos desplazamientos por piso, aceleraciones y fuerzas, cortante basal, momentos en la base, momentos y rotaciones máximas en cada elemento particular.
- 2.- Máxima respuesta de cada nivel
- 3.- Historia de desplazamientos en cada nivel de la estructura
- 4.- Historia de aceleraciones en cada nivel
- 5.- Historia del cortante basal y momentos en la base
- 6.- Historia del desplazamiento relativo de cada piso
- 7.- Historia de momentos en los extremos de los elementos estructurales
- 8.- Historia de rotaciones elásticas en los extremos de los elementos
- 9.- Tiempo acumulado correspondiente a los demás archivos generados

La versión de LARZ utilizada en este estudio fue desarrollada por Ricardo López en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Newmark del Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Illinois, Urbana.

III.2 DESCRIPCION DEL MODELO DE HISTÉRESIS DE TAKEDA

A partir del análisis no lineal de estructuras de concreto reforzado bajo cargas cíclicas (o dinámicas), se tuvo especial interés en el comportamiento histerético de los miembros. Cuando los resultados experimentales de cargas cíclicas en elementos de concreto reforzado y conexiones se desarrolló, fue evidente que las fórmulas de funciones matemáticas cerradas no permitía la versatilidad suficiente para igualar el comportamiento medido. Aunque, los multisegmentos de modelos histeréticos consisten de porciones lineales, sí reproducen los resultados experimentales.

Dentro de este grupo está el Modelo de Takeda, el cual en varios casos conduce a resultados satisfactorios. Este modelo es una de las alternativas de sistemas histeréticos, el cual puede ser usado por el modelo analítico implementado en el programa LARZD empleado en este trabajo.

El modelo de Takeda no incluye los efectos de "estrangulamiento" (tendencia para muy bajo incremento de rigidez próxima al origen, seguido por un endurecimiento), los cuales son frecuentemente observados en resultados experimentales. El modelo aunque no considera este efecto es ya de por sí complicado.

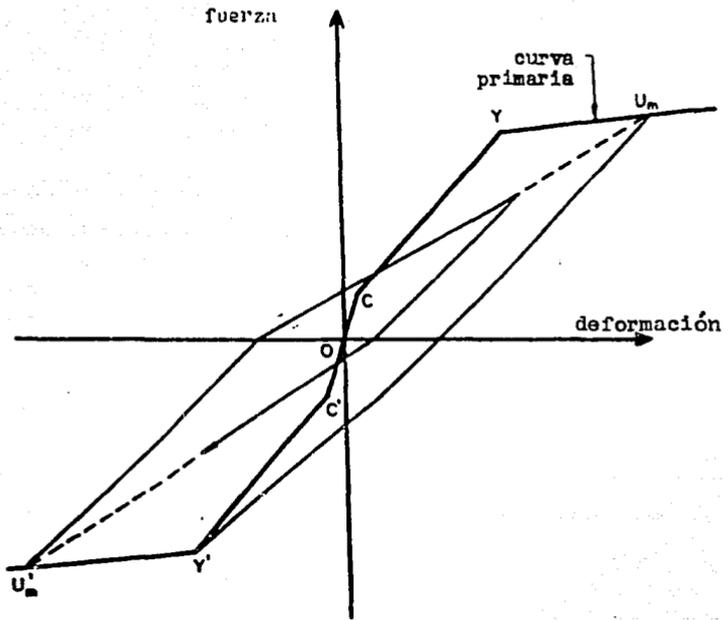
Un modelo simple que considera los efectos de endurecimiento es el modelo de "Sina". Otros sistemas histeréticos

menos complicados han sido utilizados por diversos investigadores; Otani modificó el modelo de Takeda al tomar en cuenta la falta de adherencia. El modelo bilineal ha sido usado extensivamente ya que se equipa con facilidad.

Para estados de carga y descarga, en sistema histerético bilineal resulta un incremento en los valores de rigidez los cuales son considerablemente en exceso de los correspondientes valores medidos. Para correlacionar los resultados de las pruebas con el modelo, se ha desarrollado un nuevo modelo histerético bilineal, el cual considera la carga y descarga con ramas invertidas.

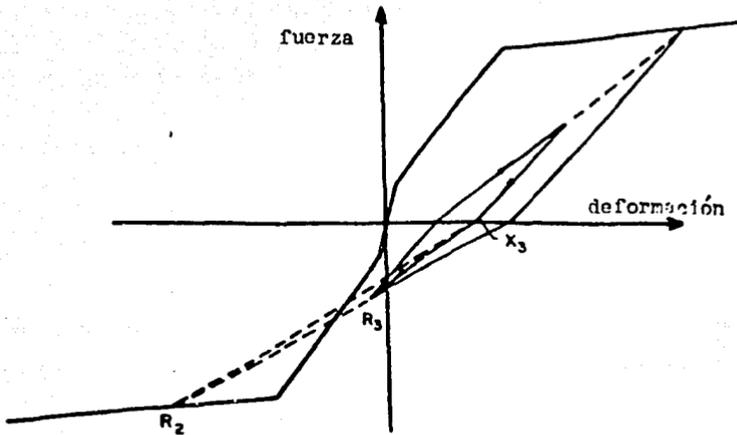
Basado en varios resultados experimentales, el modelo de Takeda consiste en 16 reglas de operación de una curva primaria trilineal. La curva primaria puede incluir deformaciones adicionales causadas por falta de adherencia; sin embargo, las reglas no cubren el efecto de estrangulamiento el cual puede ser causado por el deslizamiento del refuerzo.

Las reglas determinan diferentes características de rigideces en los estados de agrietamiento, fluencia, descarga y ciclos sucesivos de recarga. El modelo considera el agrietamiento como un punto de ruptura, lo cual resulta en algo de disipación de energía bajo cargas cíclicas aún en estado de

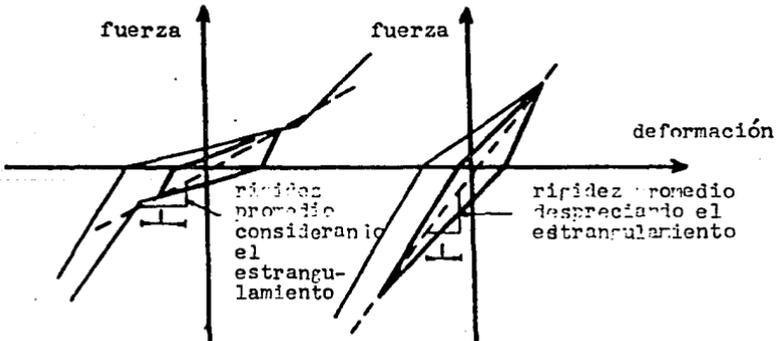


MODELO DE HISTERESIS DE TAKEDA

(fig. 7)



CURVA PARA PEQUEÑAS AMPLITUDES EN EL MODELO DE TAKEDA (fig. 8)



COMPARACION DE RIGIDEZ PROMEDIO CON Y SIN ESTRANGULAMIENTO PARA BAJAS AMPLITUDES

(fig. 9)

prefluencia, lo cual coincide con la realidad. Muchas de las reglas utilizadas en el modelo de Takeda están relacionadas con el las curvas fuerza-desplazamiento durante ciclos de baja amplitud, los cuales están dentro del límite de ciclos de amplitud más grande previamente obtenido. Por ejemplo, la curva fuerza-desplazamiento está especificada para ir de X_3 a R_3 (esta acción requiere una regla especial) en vez que, digamos, de X_3 a R_2 (lo cual no requeriría una regla especial). Como se mencionó anteriormente, el modelo no considera el estrangulamiento. Una observación del modelo es que ignora deformabilidad que puede ocurrir en vigas, columnas o conexiones a bajas amplitudes. (Ver fig. 9)

III.4 DATOS GENERALES QUE REQUIERE EL PROGRAMA LARZD

Para correr el programa, se requiere el cálculo previo de las propiedades de resistencia de los elementos que conforman la estructura, es decir, las relaciones momento-curvatura para traveses y columnas; además, el cortante de agrietamiento, de fluencia y post-fluencia para elementos muro. Este cálculo en el presente estudio se realizó con un programa llamado CO-SECOR ref. 13, el cual toma en cuenta la carga axial, recubrimientos, espaciamiento de estribos, área de acero de franjas intermedias, etc.

El programa LARZD requiere que se proporcione el

módulo de elasticidad, de cortante, masa por niveles, descripción de dimensiones generales del marco, el número de líneas que contiene el archivo del sismo a modelar, número de puntos por línea del acelerograma, el número de tiempo para la integración de la aceleración (el cual es recomendable que sea el período entre 10); además del incremento de tiempo (el cual en este estudio fue de 0.02), el coeficiente de amortiguamiento para la matriz de masa y el de la matriz de rigidez (los cuales fueron de 0.0 y 0.02 respectivamente) y el modelo de histéresis a utilizar, el cual se dió el de Takeda-Sozen (sección III.2).

III.5 DESCRIPCIÓN DE LOS SISMOS SELECCIONADOS PARA SER UTILIZADOS EN LOS ANÁLISIS

Con motivo de los sismos ocurridos en Septiembre de 1985, diversas instituciones gubernamentales y privadas, se ocuparon a establecer una red de registro sísmico en diversos puntos del Distrito Federal. De esta forma, cuando ocurrió el sismo del 25 de Abril de 1989, se obtuvo abundantes registros acelerográficos, (fig. 16); algunos de ellos son:

-En Xochipilli (35 seg.)

-Tlatelolco (51 seg.)

RED ACELEROGRAFICA DE LA CD. DE MEXICO

JUAN ANTONIO OTERO PLIEGO

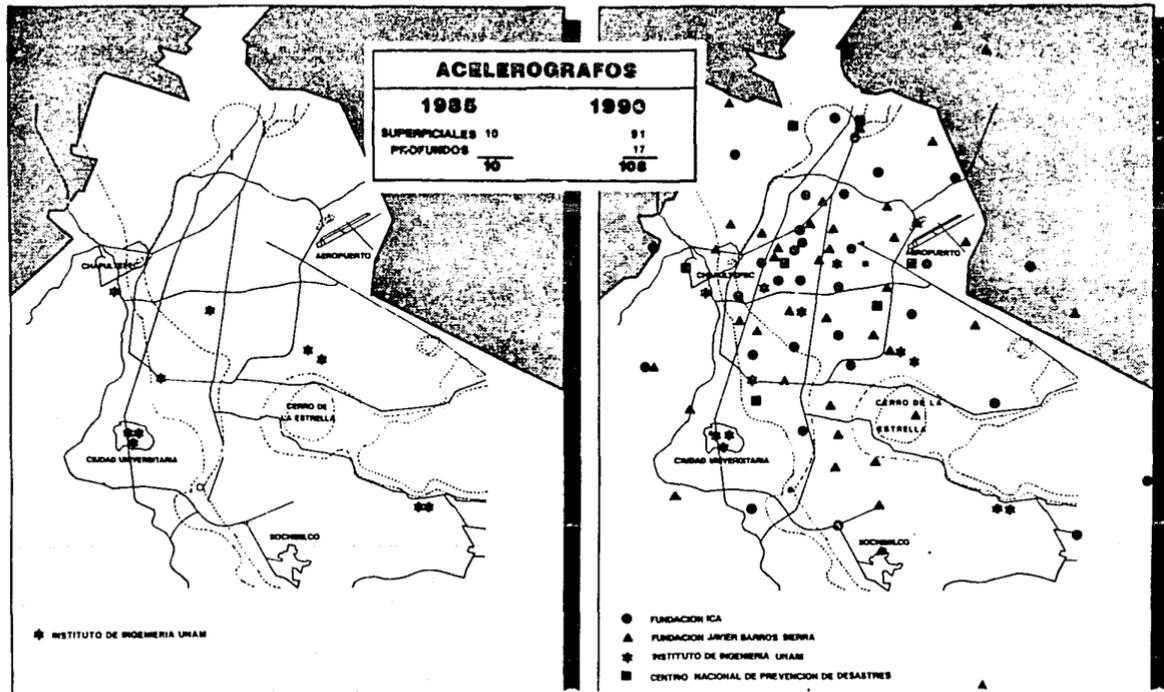


Figura 16

- Plutarco Elías Calles (156 seg.)
- Culhuacán (164 seg.)
- Experimental 8 (47 seg.)
- Sec. #3 Azotea Norte (49 seg.)
- Deportivo Moctezuma (173 seg.)
- Deportivo Azcapotzalco (135 seg.)
- Cerro de la estrella (63 seg.)
- Neza-IMSS (126 seg.)
- Secundaria No. 95 IBERO (177 seg.)
- Cerro del peñón (23 seg.)
- J. Esparza Oteo (61 seg.)
- CETIS 54 (283 seg.)
- Sn. Pedro Actopan (86 seg.)
- Palacio de los Deportes (243 seg.)
- Unidad Colonia (110 seg.)
- Rodolfo Menéndez (219 seg.)
- Reforma y Gandhi (12 seg.)
- Mariano Escobedo (15 seg.)
- Córdova (192 seg.)
- Sec. 23 Liverpool (40 seg.)
- Sec. Téc. 2 Corregidora de Qro. (229 seg.)
- Cerro de Tepeyac (49 seg.)

- La Salle (1 seg.)
- Hospital Juárez (202 seg.)
- FJBS (108 seg.)
- Colinas del sur (37 seg.)
- Cuernavaca (122 seg.)

En la fig.17 se tienen los datos descriptivos de los sismos que se utilizaron para modelar a la estructura en estudio, los cuales corresponden a las estructuras escolares en que se tienen instrumentos.

E9 sec#9 E9 sec#3 azotea norte
 - E115 - E115 Hora de inicio - 14:29:54.06 Duración - 49 seg. Evento #
 115 Hor115 Hora dee9340002

Canal	Canal	Max (m/seg ²)	Hora	Min (m/seg ²)	Hora
1	1	0.08380	14:30:43.70	-0.17717	14:30:43.32
2	2	0.57939	14:30:42.27	-0.47405	14:30:40.81
3	3	0.46208	14:30:41.23	-0.51714	14:30:44.51

DATOS DEL SISTEMA OMEGA

Num/Ser: Num/Ser: 244
 Día: Día: 515
 Hora: Hora: 14
 Minuto: Minuto: 31
 Segundo: Segundo: 0
 Muestra: Muestra: 763

Sec #95 Isec #95 Ibero
 - S115 - S115 Hora de inicio - 14:29:50.82 Duración - 177 seg. Evento #
 115 Hor115 Hora de22240002

Canal	Canal	Max (m/seg ²)	Hora	Min (m/seg ²)	Hora
1	1	0.04788	14:30:39.30	-0.11971	14:30:37.86
2	2	0.20111	14:30:37.90	-0.23702	14:30:32.64
3	3	0.29927	14:30:44.19	-0.13168	14:30:42.10

DATOS DEL SISTEMA OMEGA

Num/Ser: Num/Ser: 624
 Día: Día: 515
 Hora: Hora: 14
 Minuto: Minuto: 23
 Segundo: Segundo: 50
 Muestra: Muestra: 571

sec 23 Isec 23 liverpool
 s115 - s115 Hora de inicio - 14:30:14.03 Duración - 40 seg. Evento #
 115 Hor115 Hora de58200003

Canal	Canal	Max (m/seg ²)	Hora	Min (m/seg ²)	Hora
1	1	0.16280	14:30:42.77	-0.29209	14:30:43.15
2	2	0.40941	14:30:39.70	-0.36871	14:30:40.41
3	3	0.38068	14:30:37.01	-0.39025	14:30:38.15

DATOS DEL SISTEMA OMEGA

Num/Ser: Num/Ser: 120
 Día: Día: 115
 Hora: Hora: 14
 Minuto: Minuto: 30
 Segundo: Segundo: 20
 Muestra: Muestra: 604

Sec.Tec.2Sec.Tec.2 Corregidora Qro.
 - S115 - S115 Hora de inicio - 14:29:50.09 Duración - 229 seg. Evento

115	Hor 115	Hora de inicio	62310002			
Canal	Canal	Max (m/seg ²)	Hora	Min (m/seg ²)	Hora	
1	1	0.04549	14:30:53.45	-0.17717	14:30:49.99	
2	2	0.46208	14:30:47.45	-0.52193	14:30:46.39	
3	3	0.46637	14:30:56.24	-0.37589	14:30:42.77	

DATOS DEL SISTEMA OMEGA

Num/ Ser: Num/ Ser: 231
Dia: Dia: 115
Hora: Hora: 14
Minuto: Minuto: 29
Segundo: Segundo: 50
Muestra: Muestra: 74

La Salle	La Salle					
- L115	- L115	Hora de inicio	14:30:02.42	Duración	1 seg.	Evento #
115	Hor 115	Hora de inicio	623502-5			
Canal	Canal	Max (m/seg ²)	Hora	Min (m/seg ²)	Hora	
1	1	0.03531	14:31:02.85	-0.12429	14:30:55.51	
2	2	0.31643	14:30:42.73	-0.76097	14:30:41.27	
3	3	0.31364	14:30:36.18	-0.34955	14:31:08.38	

DATOS DEL SISTEMA OMEGA

Num/ Ser: Num/ Ser: 255
Dia: Dia: 115
Hora: Hora: 14
Minuto: Minuto: 30
Segundo: Segundo: 10
Muestra: Muestra: 736

Figura 17 (Cont.)

IV. RESULTADOS DE LOS ANALISIS

IV.1 RESUMEN DE LA SECUENCIA SEGUIDA PARA ANALIZAR LA ESTRUCTURA

En resumen, la secuencia seguida para modelar la estructura U2-C fue la siguiente:

1. A partir del plano estructural que contiene el armado y dimensiones de la estructura U2-C existente hasta Septiembre de 1985, se determinaron las propiedades de materiales, relaciones momento-curvatura y propiedades geométricas de las secciones tal como se describió en la sección III.3.

2. Con los datos del punto anterior se generó un archivo de la estructura tal como se encuentra y otro con un muro de rigidez trabajando en paralelo, ya que ésta versión del programa LARZ permite considerar muros actuando en paralelo al marco en estudio.

3. Se modeló la estructura un total de 12 veces sin muros y con ellos con los siguientes sismos:

-SCT1.EW de Septiembre de 1985

-Sec. #3 Azotea Norte de Abril de 1989

-Sec. #95 IBERO de Abril de 1989

-Sec. #23 Liverpool de Abril de 1989

-Sec. Tec. #2 Corregidora de Querétaro de Abril de 1989

-La Salle de Abril de 1989

El tiempo de cómputo para modelar la estructura, no obstante que el

equipo utilizado es el más avanzado a nivel internacional es aproximadamente de 40 minutos para el sismo SCT1.EW y de 6.5 horas para los restantes, con esta estructura.

4. A partir de los archivos generados en cada corrida, fueron seleccionados las relaciones desplazamiento-tiempo para el primero y segundo niveles, cortantes en la base-tiempo, momentos en la base-tiempo y aceleraciones-tiempo para cada nivel.

5. Se graficaron las relaciones seleccionadas en el punto anterior para mostrar el comportamiento de la estructura con muros y sin ellos respecto al tiempo para los sismos seleccionados.

IV.2 COMPARACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL Y RIGIDIZADA CON LOS SISMOS SELECCIONADOS

A partir de los archivos TIME.PLT y DISP.PLT generados por el programa LARZD, se graficaron los resultados para la estructura con muros y sin ellos para cada sismo; a continuación se presentan algunos comentarios para cada corrida:

- Estructura sin muros ante el sismo SCT.EW de Septiembre de 1985

En las gráficas No. 1 y 2 se muestra la historia de desplazamientos. Se tiene un desplazamiento máximo en el segundo nivel de 4.92 cm, lo cual excede en 30% al desplazamiento relativo de entrepiso permisible por el Reglamento de Construcciones en vigor, no obstante la disminución de rigidez al considerar el comportamiento inelástico de la estructura, no se excede el desplazamiento de forma muy considerable, aproximadamente en el segundo 63 se tiene el máximo desplazamiento para el segundo nivel. La demanda de ductilidad mayor se alcanza en el elemento 4 de columnas y es de 1.08852 y 24 de trabes, de 3.86919, siendo ambos miembros parte de la primera cruzía (fig.6).

- Estructura con muros ante el sismo SCT.EW de Septiembre de 1985

En las gráficas 3 y 4 se muestra la historia de desplazamiento, donde el máximo resulta de 0.22cm, el cual es el 4.47% del desplazamiento obtenido con la estructura sin muros, lo

que significa que se proporciona un nivel de servicio muy satisfactorio ya que ante futuros sismos la estructura no sufre desplazamientos apreciables para los usuarios de escuelas. La demanda de ductilidad mayor se presenta en las columnas elemento 6 (0.79627) y elemento 5 (0.18156) lo cual es 24 veces menor a lo demandado con la estructura sin muros. En trabes la mayor ductilidad se presenta en el elemento 22 (0.15994), lo cual es 16.25 veces menor a lo obtenido sin muros; la zona de mayor demanda se encuentra en la proximidad del muro.

- Estructura sin muros ante el sismo Sec. #3, Azotea Norte (Abril de 1989)

En las gráficas 5 y 6 se muestra la historia de desplazamientos. El desplazamiento máximo es de 0.06cm en el segundo nivel y de 0.04cm en el primer nivel. En estas gráficas se observa cómo la estructura oscila respecto a una deformación permanente de -0.02cm en el segundo nivel y de -0.015cm en el primero, lo cual, aunque imperceptible por los ocupantes, sí está ocurriendo en el comportamiento estructural ante el sismo.

- Estructura con muros ante el sismo en la Sec. #9, Azotea Norte (Abril de 1989)

En las gráficas 7 y 8 se muestra la historia de desplazamientos. El desplazamiento máximo ocurre en los segundos 92 y 128, y es de -0.04cm. Nótese que éste desplazamiento muestra un

comportamiento interesante ya que sufre movimiento brusco de corta duración (pulso), restableciendo de inmediato la configuración inicial. El segundo nivel no sufre movimiento apreciable en centésimas de centímetro durante los primeros 160 seg. de sismo.

- Estructura sin muros ante el sismo en la Sec. #95 IBERO (Abril de 1989)

En las gráficas 9 y 10 se muestra la historia de desplazamiento. La estructura oscila respecto a una deformación permanente de -0.05cm en el segundo nivel y de 0.035 en el primero. Igual que en el sismo registrado en la Sec. #3, la estructura oscila respecto a una deformación permanente aunque casi imperceptible. La mayor demanda de ductilidad es de 0.04992 en columnas (elemento 4 fig.6) y de 0.05493 en traveses (elemento 24 fig.6).

-Estructura con muros ante el sismo en la Sec. #95 IBERO (Abril de 1989)

En las gráficas 11 y 12 se muestra la historia de desplazamiento. La estructura sufre deformaciones imperceptibles físicamente de -0.01 cm recuperando de inmediato el equilibrio en el segundo nivel, mientras en el primero no hay movimiento apreciable en centésimas de centímetro para los primeros 160 seg. La ductilidad en el muro es de 0.06934 y en la trabe (elemento 24 fig.6) es de 0.01551.

-Estructura sin muros ante el sismo en la Sec. #23 LIVERPOOL (Abril

de 1989)

En las gráficas 13 y 14 se muestra la historia de desplazamiento durante los primeros 160 seg. de sismo. La estructura sufre una deformación de -0.03cm en el segundo nivel casi desde el inicio del sismo y oscila respecto a dicha deformación permanente, mientras en el primer nivel lo hace respecto a -0.02cm . La mayor demanda de ductilidad ocurre en el elemento 4 de columnas (fig.6) y en el 24 de trabes.

-Estructura con muros ante el sismo en la Sec. #23 LIVERPOOL (Abril de 1989)

En las gráficas 15 y 16 están las historias de desplazamiento durante los primeros 160 seg. de sismo. Se presenta una deformación de -0.01cm con intervalos de tiempo separados (pulso) recuperándose de inmediato el equilibrio en el segundo nivel, mientras que en el primero sufre un desplazamiento máximo de -0.0064cm ., siendo inferior a una centésima de centímetro y por ello imperceptible. La ductilidad en el muro es de 0.04551 y en las trabes de 0.01010.

-Estructura sin muros ante el sismo en la Sec. Téc. #2 Corregidora de Querétaro (Abril de 1989).

En las gráficas 17 y 18 se muestra la historia de desplazamiento durante los primeros 160 seg. de sismo. La estructura sufre una deformación de -0.015cm en el segundo nivel casi desde el

inicio del sismo y oscila respecto a dicha deformación permanente, mientras en el primer nivel lo hace respecto a -0.01cm . La mayor demanda de ductilidad ocurre en el elemento 4 de columnas (fig. 6) y es de 0.01893 y en el 24 de traveses (fig. 6) de 0.01571 , siendo casi uniforme en cada entrepiso.

-Estructura con muros ante el sismo en la Sec. Téc. #2 Corregidora de Querétaro (Abril de 1989).

En las gráficas 19 y 20 se muestra la historia de desplazamiento durante los primeros 160seg. de sismo. Se presenta una deformación máxima de -0.0039cm en el segundo nivel y de -0.0082cm en el primero, siendo ambos inferiores a una centésima de centímetro por lo cual resulta imperceptible para los ocupantes. La ductilidad en el muro es de 0.02763 y en traveses de 0.00813 .

-Estructura sin muros ante el sismo en LA SALLE (Abril de 1989).

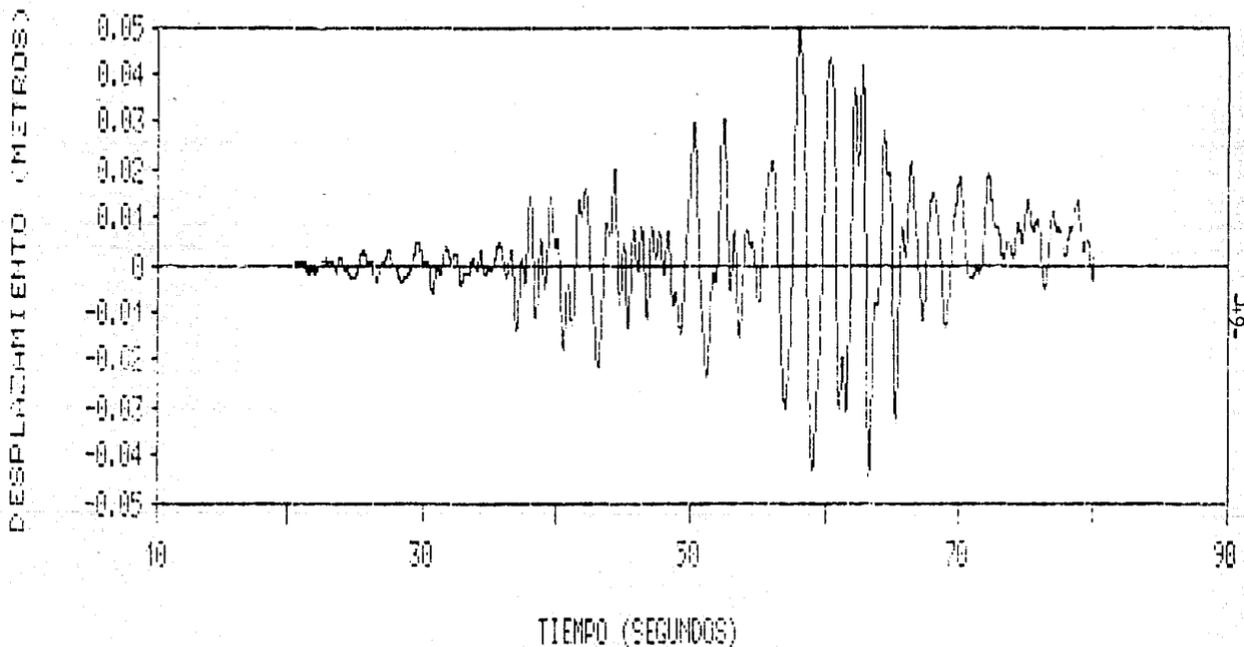
Las gráficas 21 y 22 muestran la historia de desplazamientos. La estructura sufre un desplazamiento de -0.01 cm en el segundo nivel y oscila con movimientos pulsares de 0.00 a -0.02 cm . El primer nivel se desplaza -0.015 cm y oscila mas uniformemente respecto a dicha deformación. El máximo desplazamiento es de -0.0321 cm y -0.0493 cm para los niveles segundo y primero respectivamente.

-Estructura con muros ante el sismo en LA SALLE (Abril de 1989).

En las gráficas 23 y 24 se presentan los

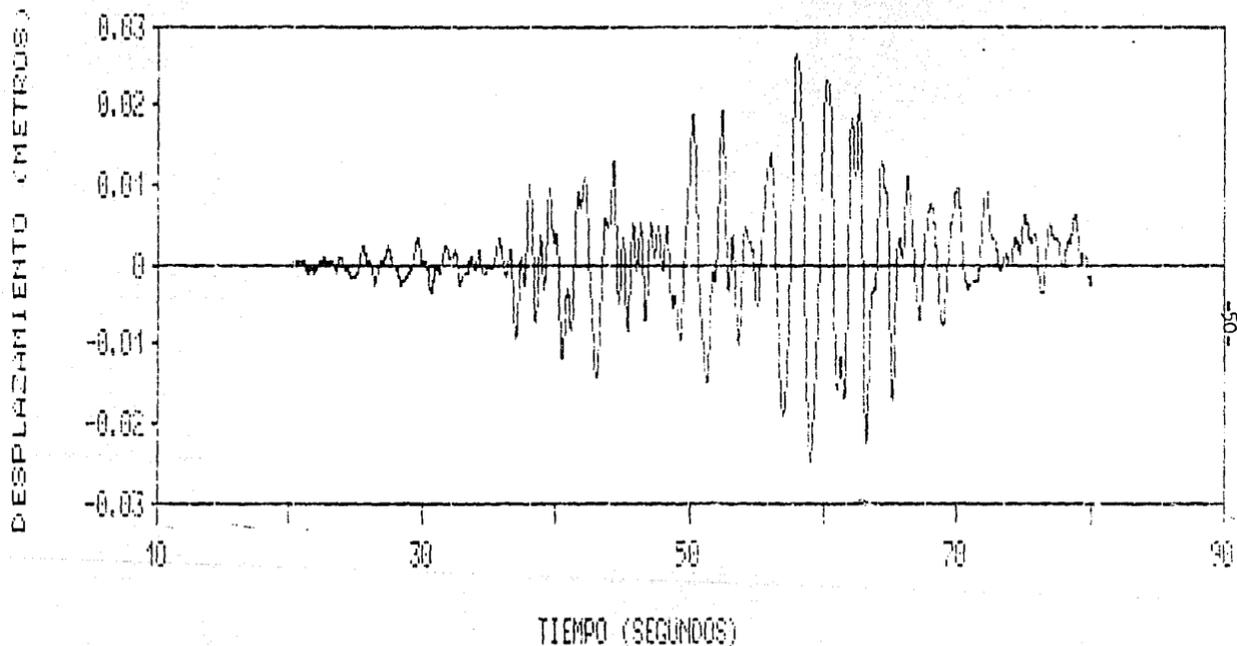
desplazamientos para los primeros 160 seg. de sismo; como son inferiores a una centésima de centímetro no los registra la gráfica. La máxima deformación es de -0.0028 y -0.0060 para los niveles segundo y primero respectivamente, lo cual representa un 9% aproximadamente del obtenido con la estructura sin muros.

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



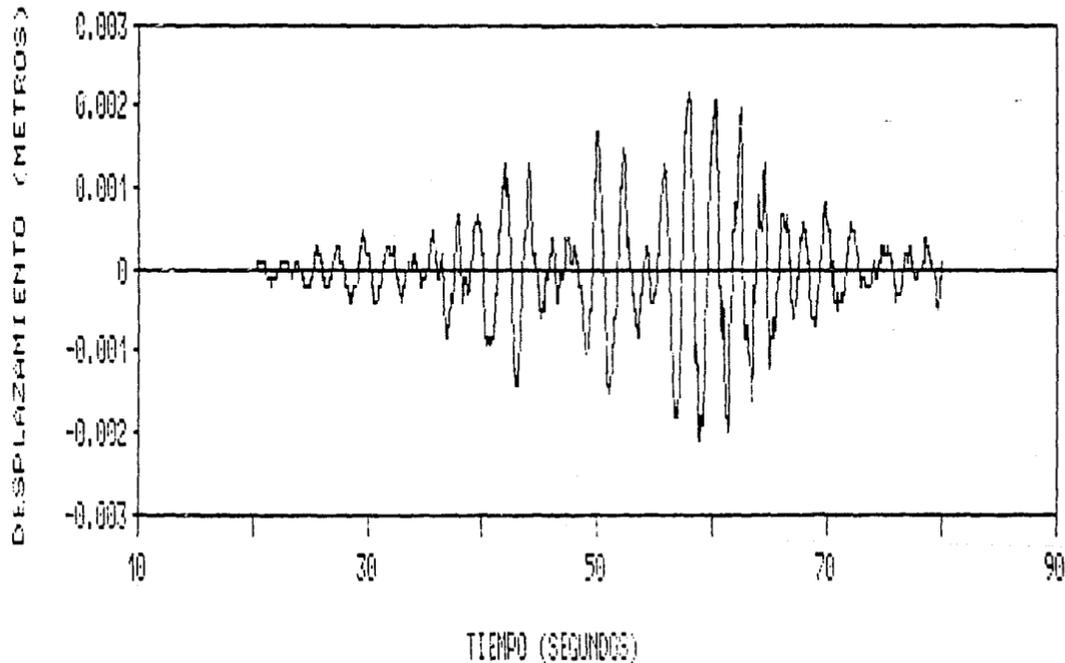
GRAFICA NO. 1
SISMO: SCTL.EW

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



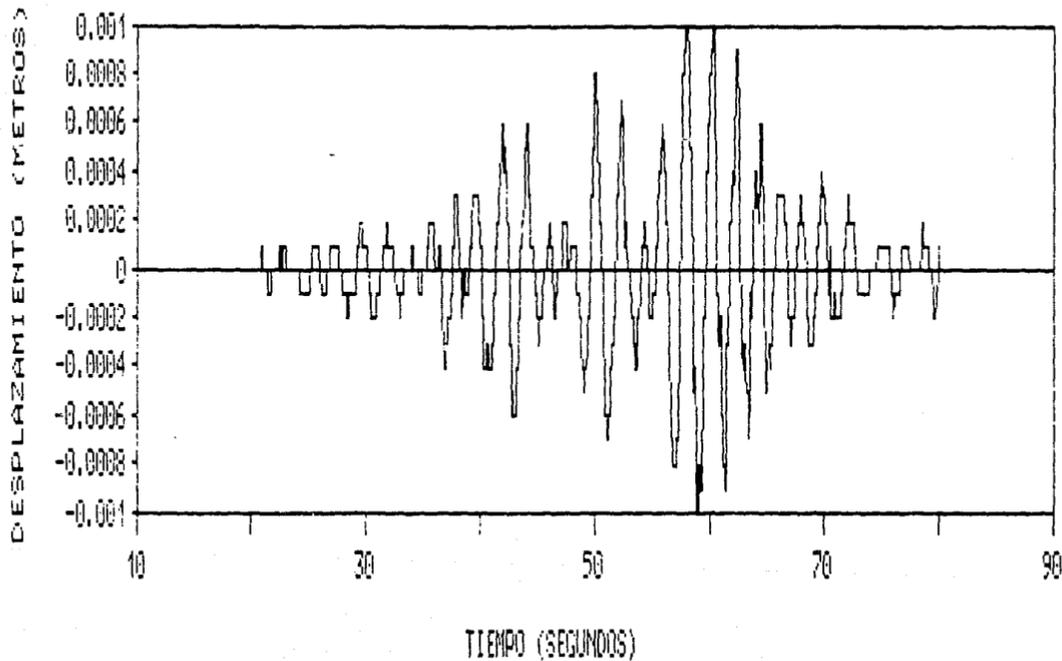
GRAFICA NO. 2
SISHO: SCTL.EW

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS

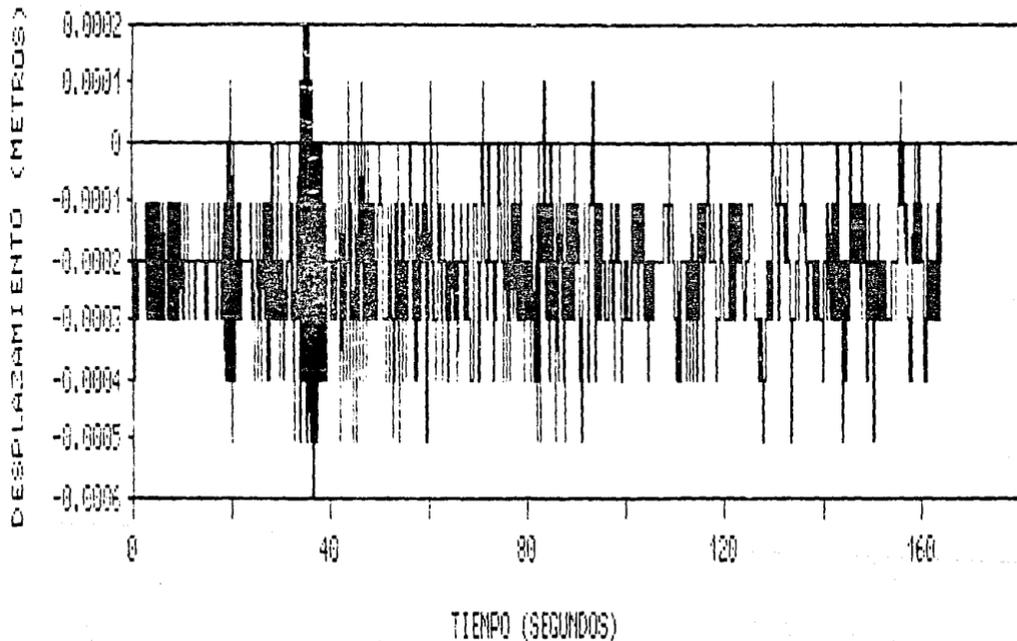


GRAFICA NO. 3
SISMO: SOTL.37

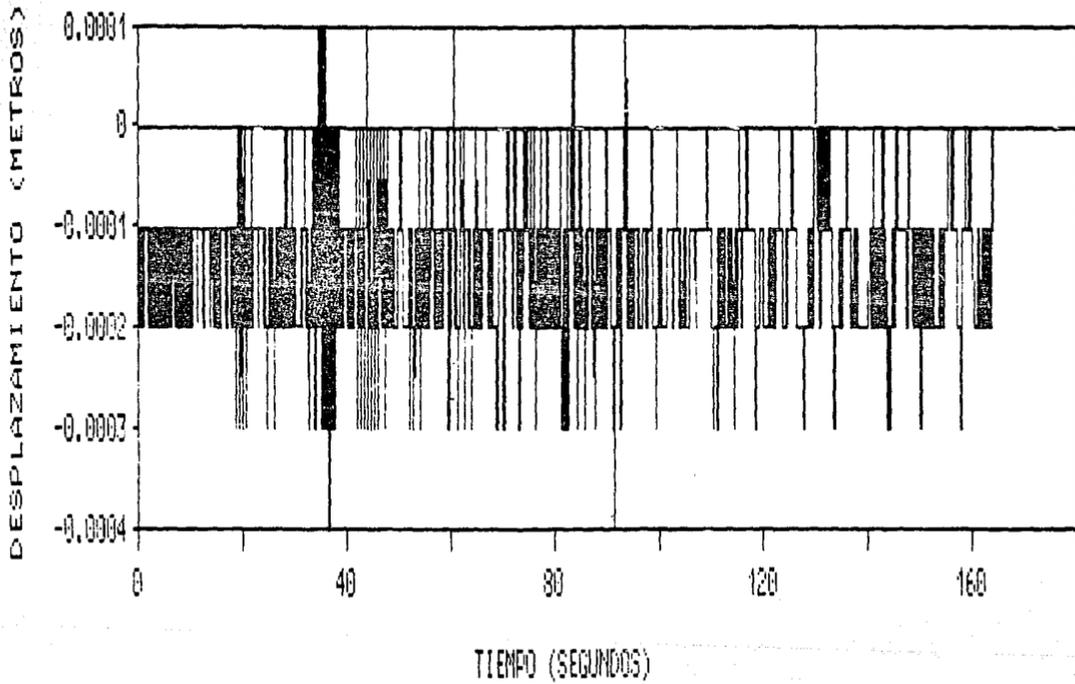
DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS

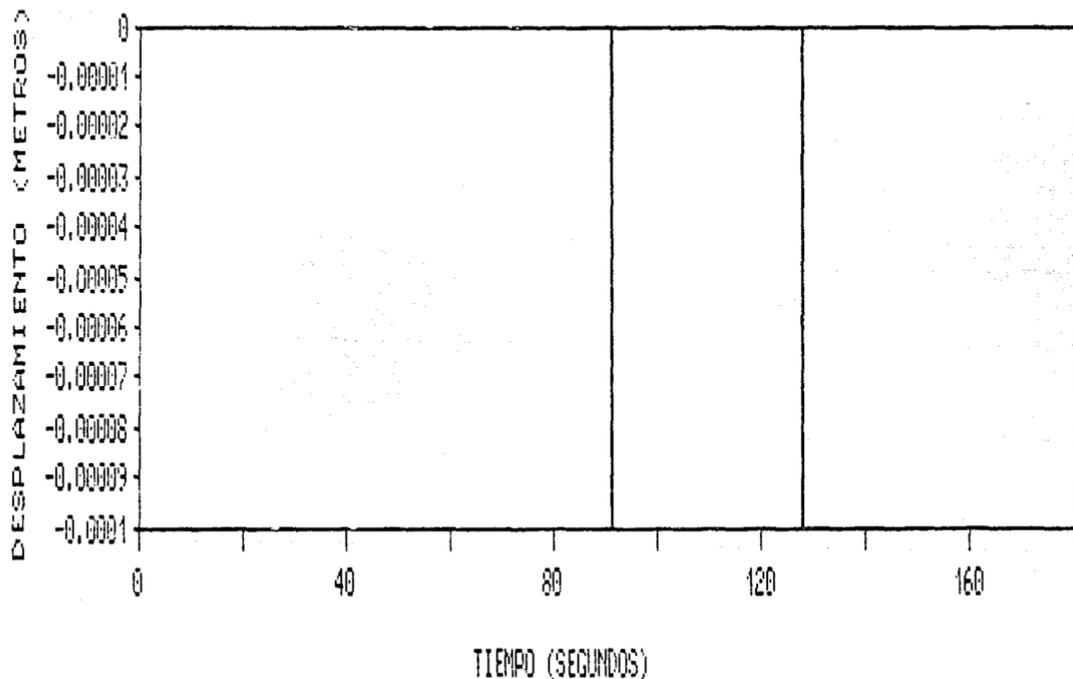


DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 6
SISMO: SEC. #3 AZOTEA NORTE

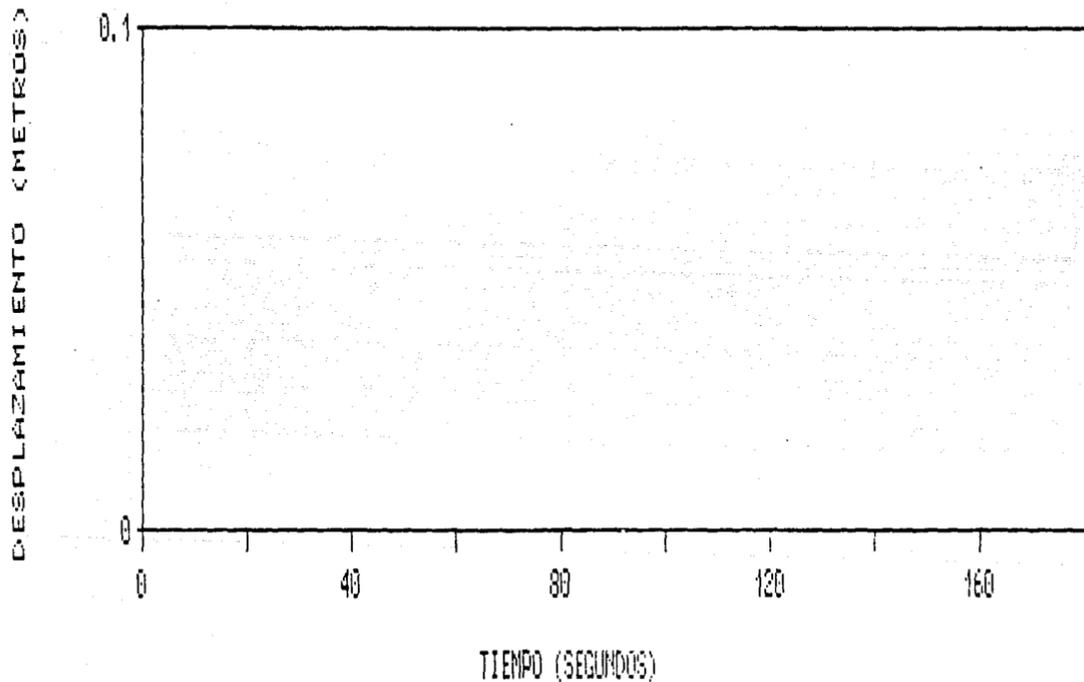
DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 7
SISMO: SEC. 43 ANTEPA NORO

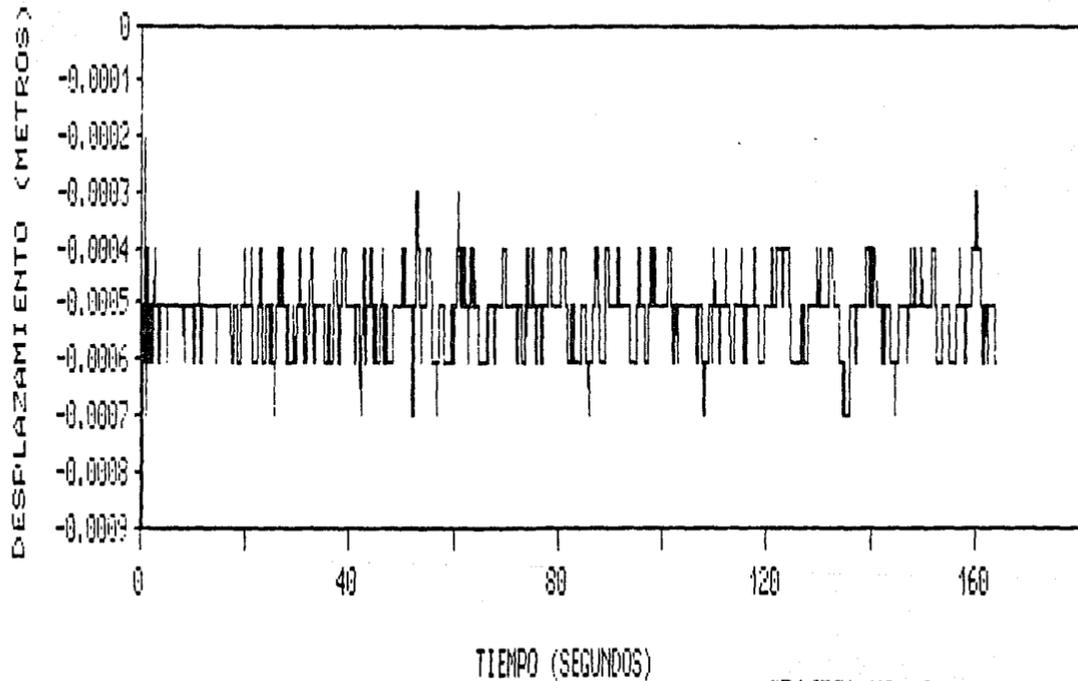
-55-

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



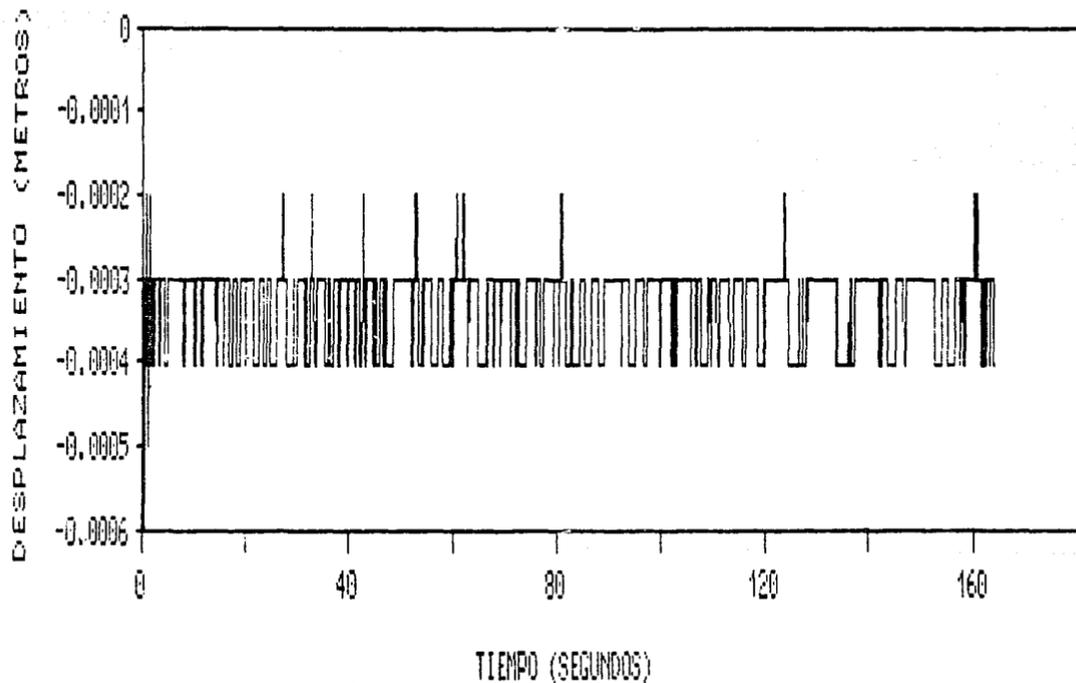
GRAFICA NO. 8
SISMO: SEQ. #3 ALICIA NORTE

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



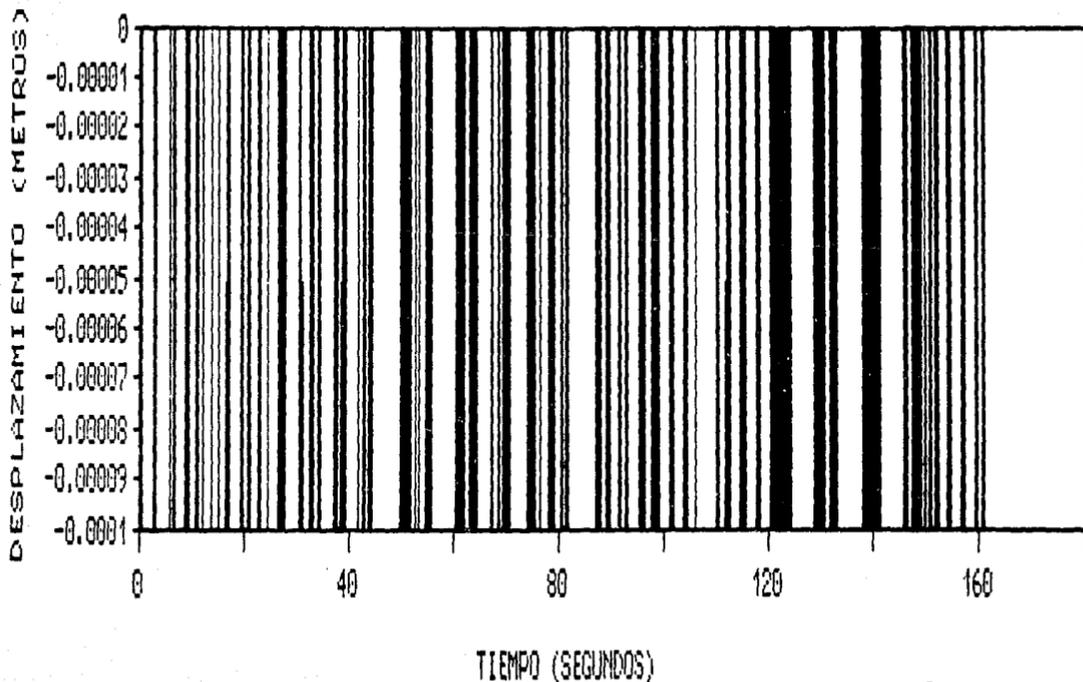
GRAFICA NO. 9
SIGLO: SEC. #25 I.B.R.O

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



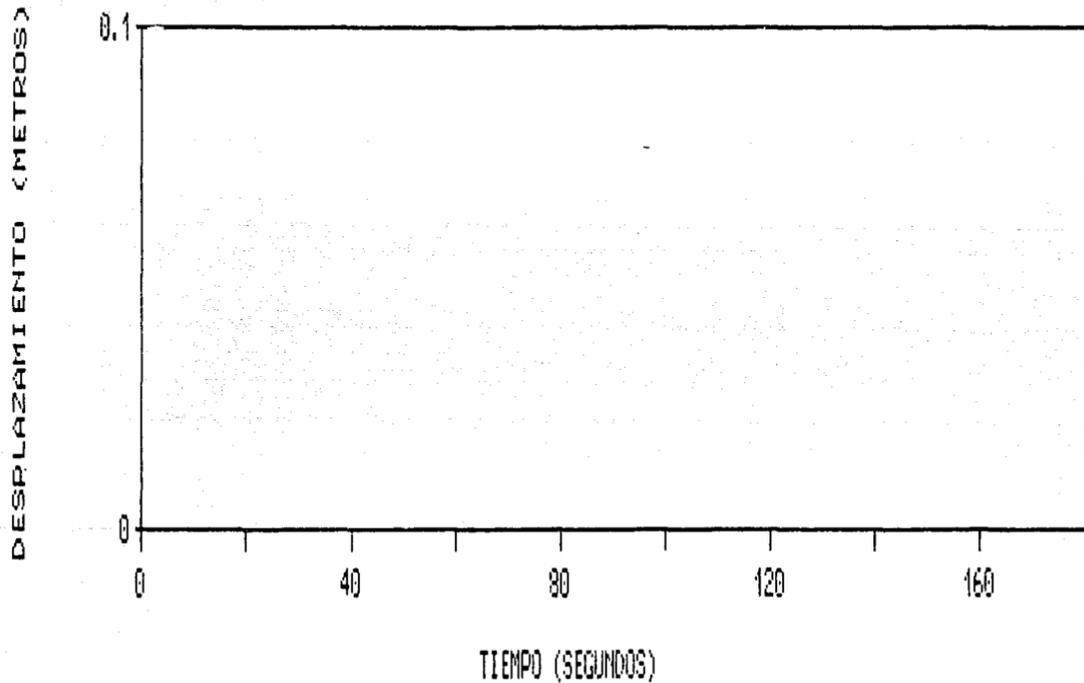
GRAFICA NO. 10
SISMO: SEC. #25 IBERO

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 11
SISMO: SEC. #95 IBERO

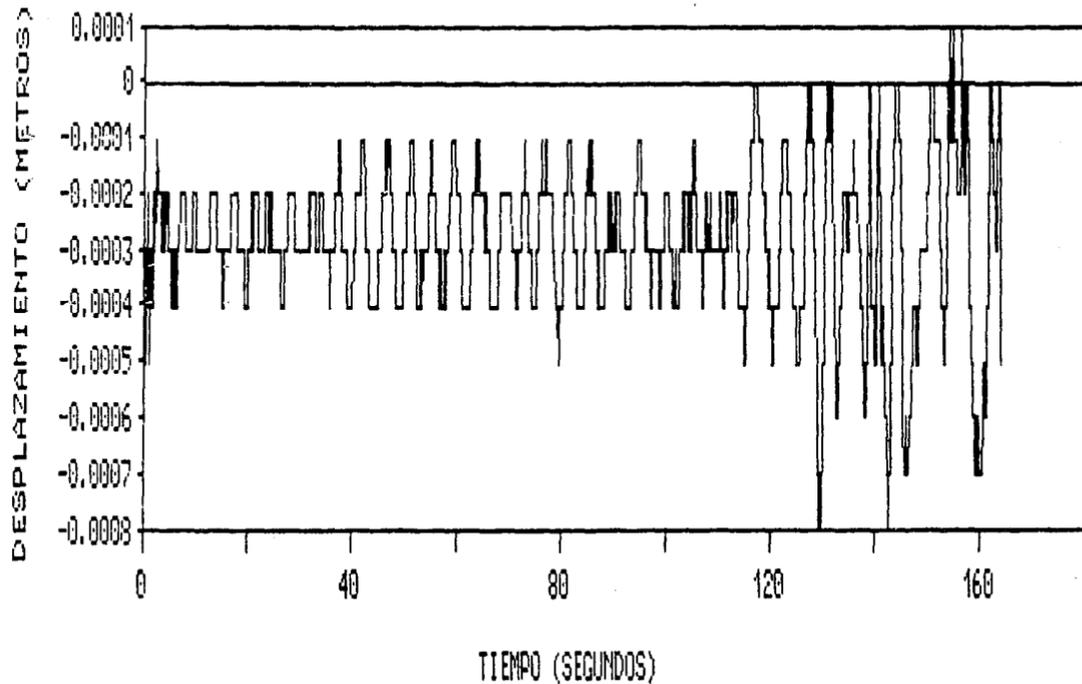
DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



-09-

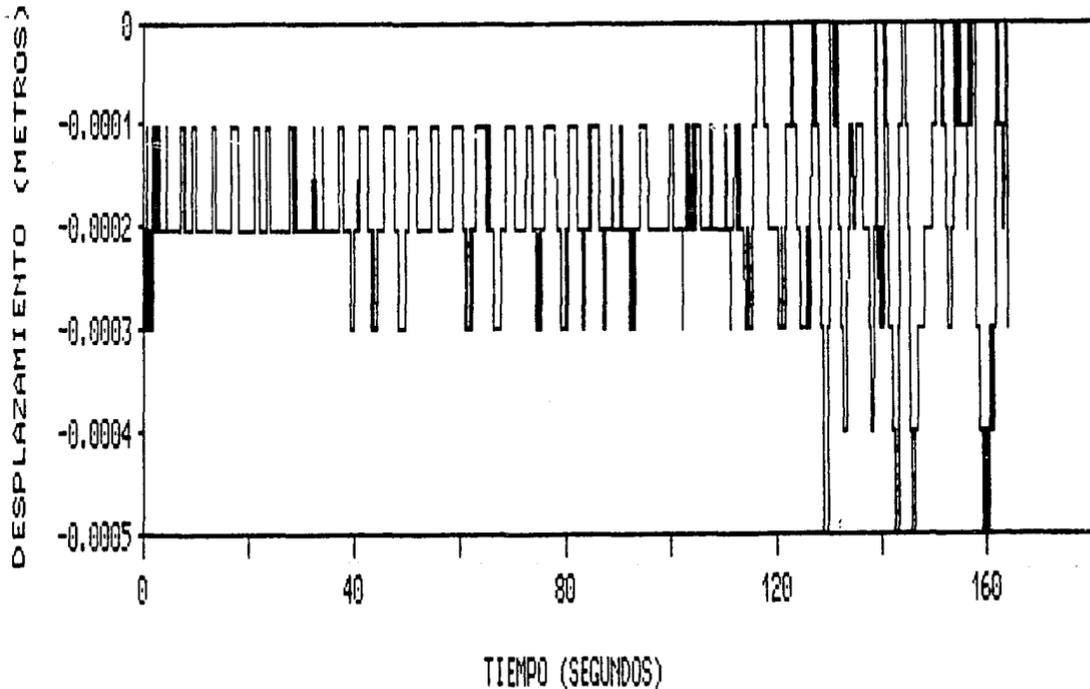
GRAFICA NO. 12
SISMO: SEC. #95 IBERO

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



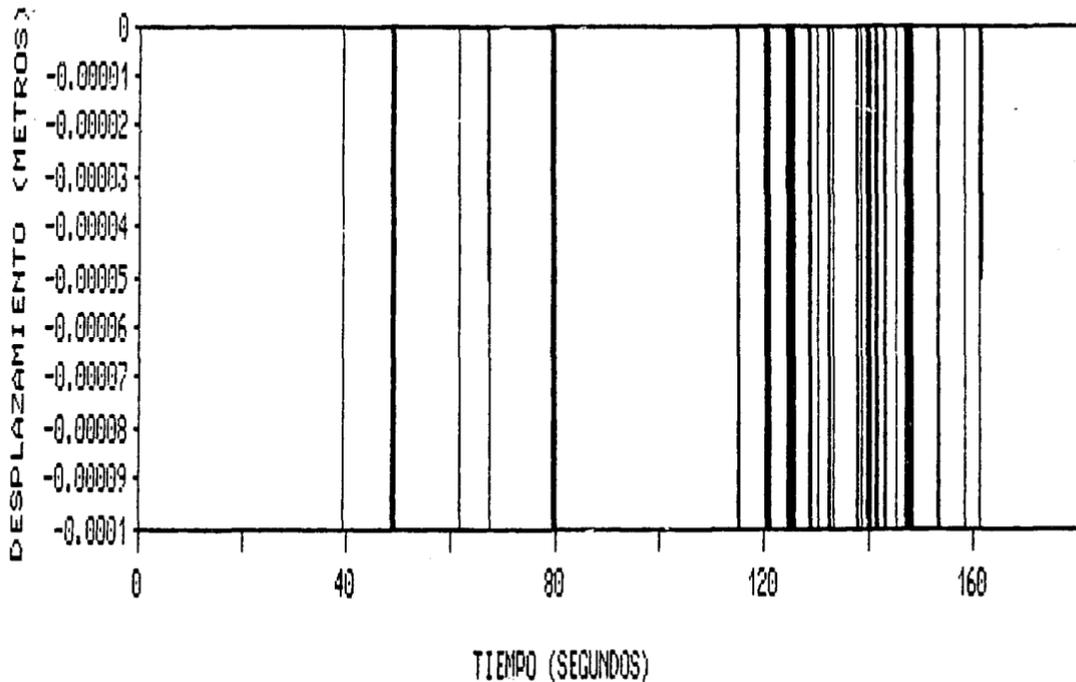
GRAFICA NO. 13
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



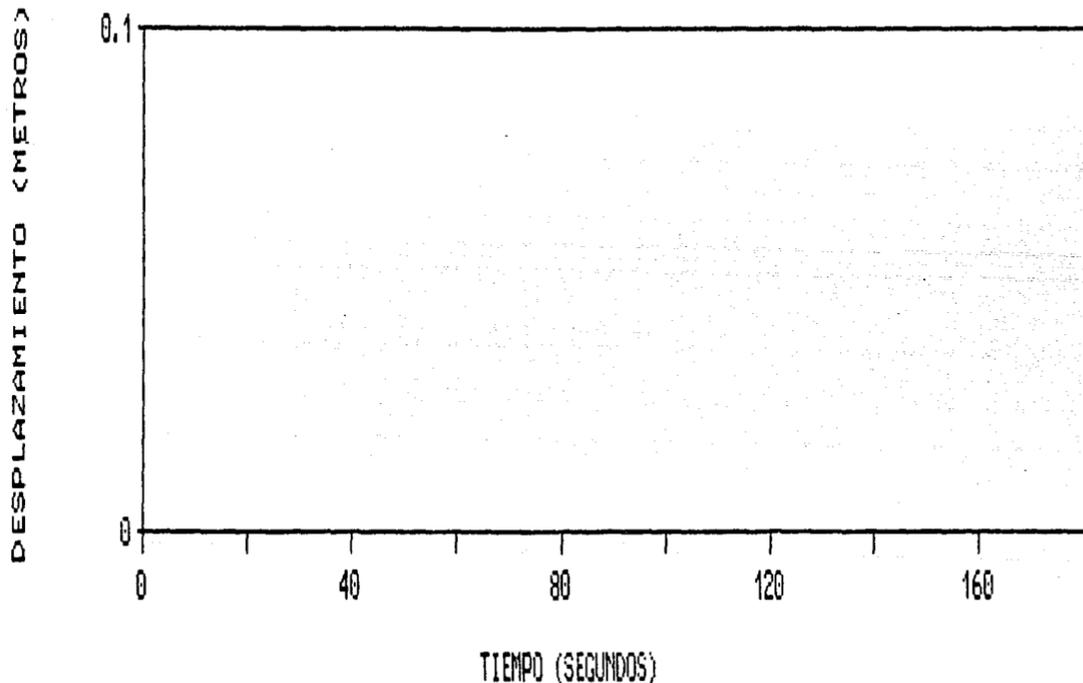
GRAFICA NO. 14
SIGMO: SEC. #23 LIVERPOOL

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



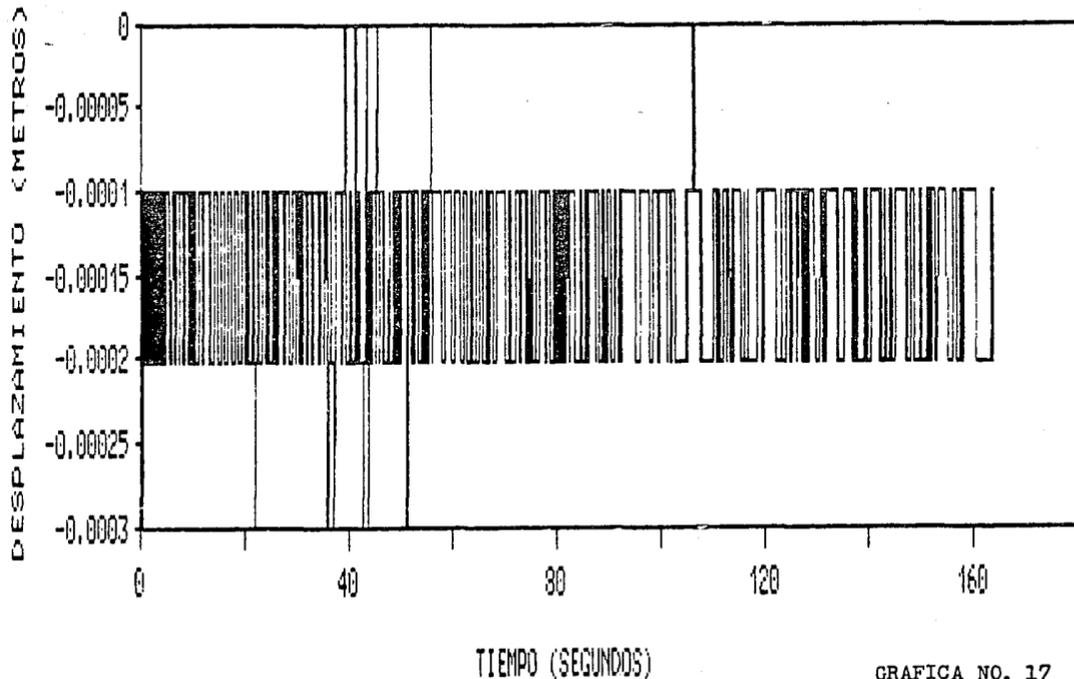
GRAFICA NO. 15
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



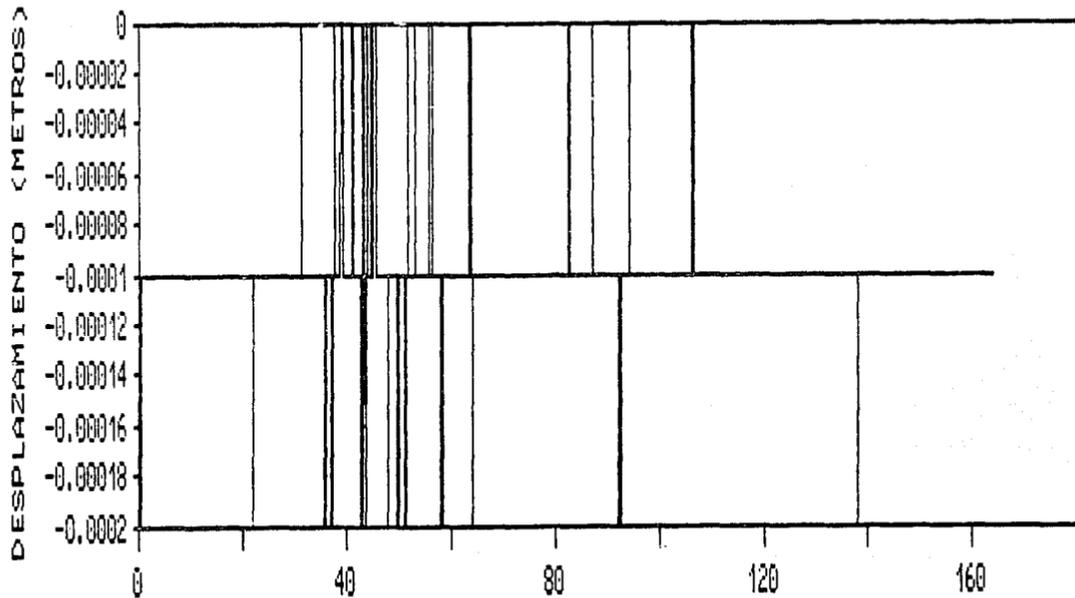
GRAFICA NO. 16
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 17
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE QRO.

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS

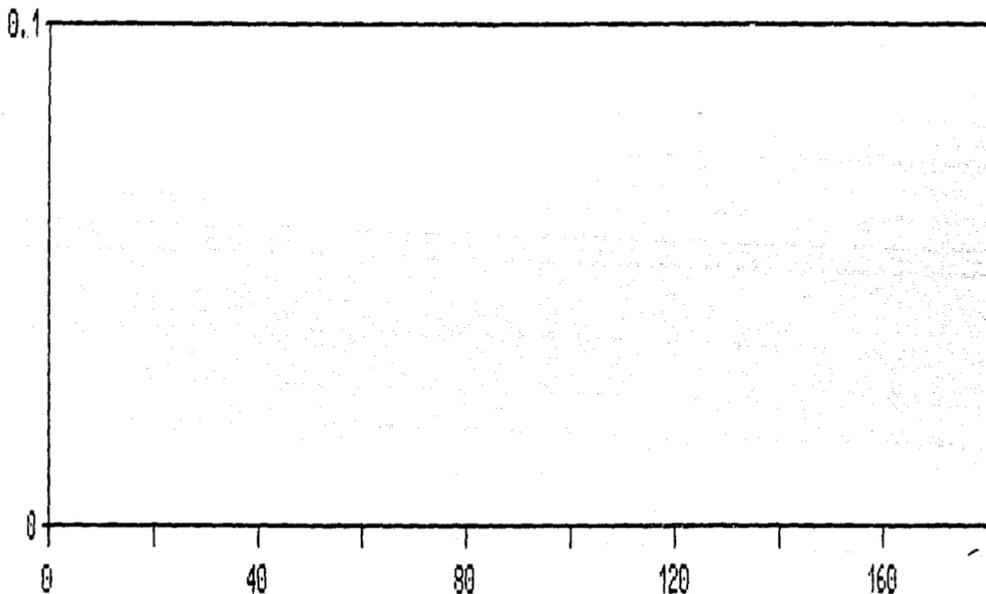


TIEMPO (SEGUNDOS)

GRAFICA NO. 18
SISMO: SEC. TEC. #2
CORR. DE QRO.

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS

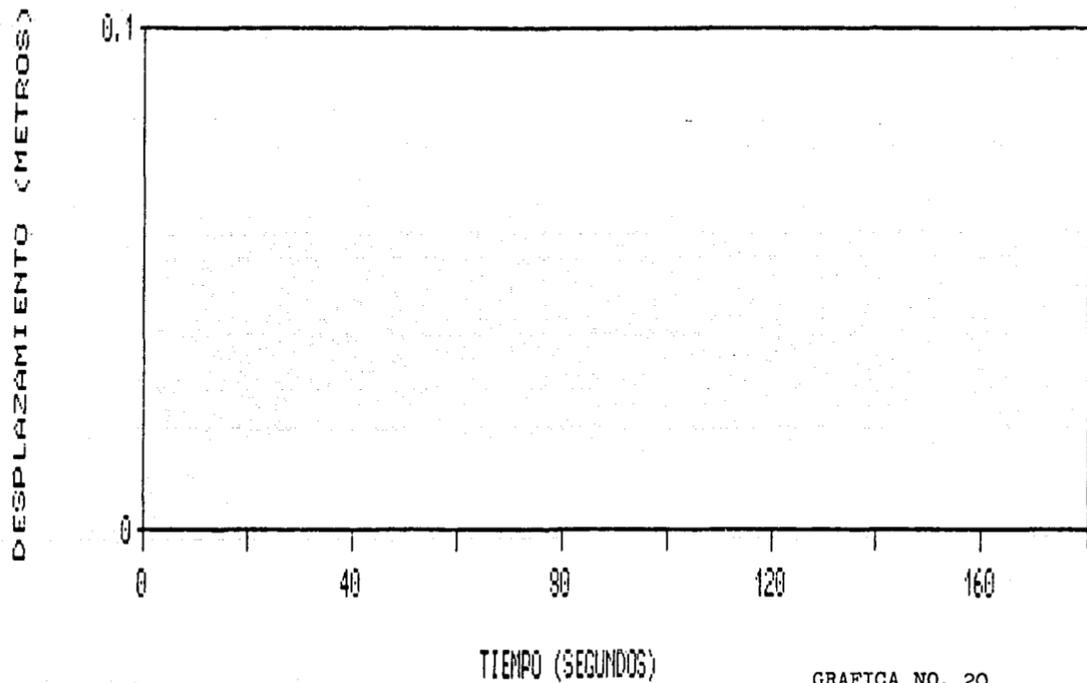
DESPLAZAMIENTO (METROS)



TIEMPO (SEGUNDOS)

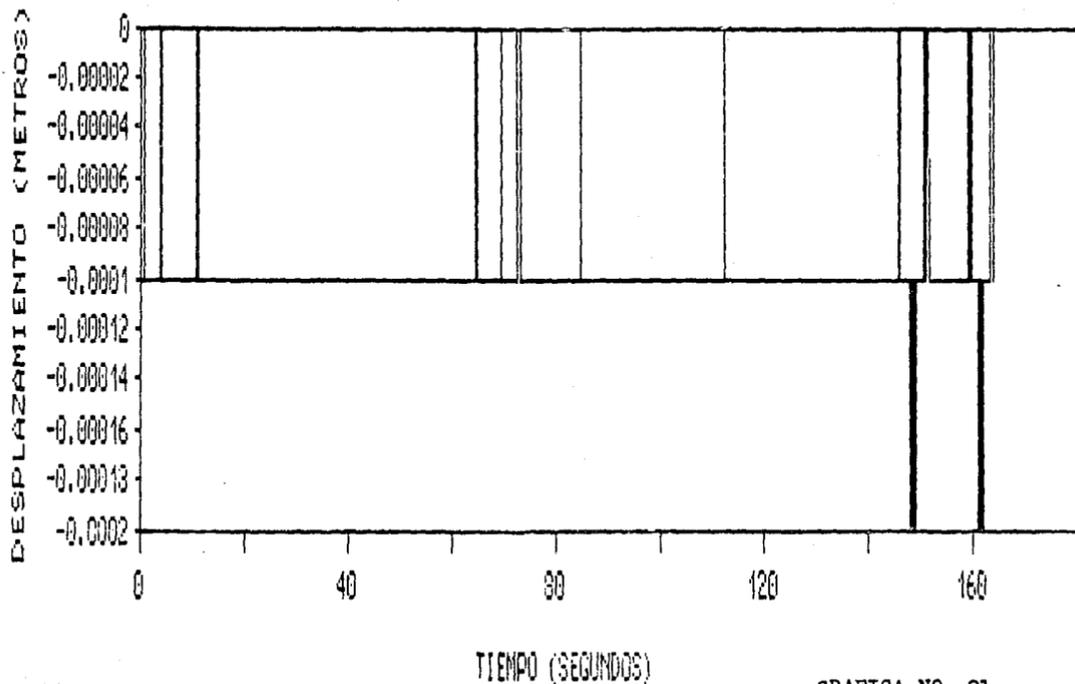
GRAFICA NO. 19
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE QRO.

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



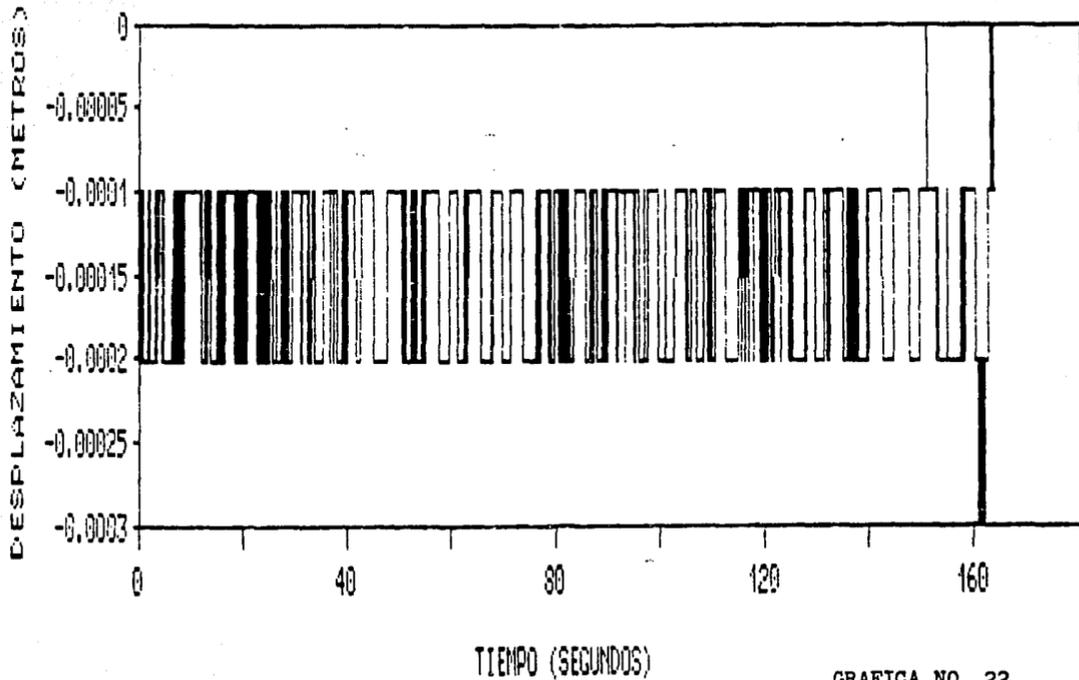
GRAFICA NO. 20
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE CRO

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



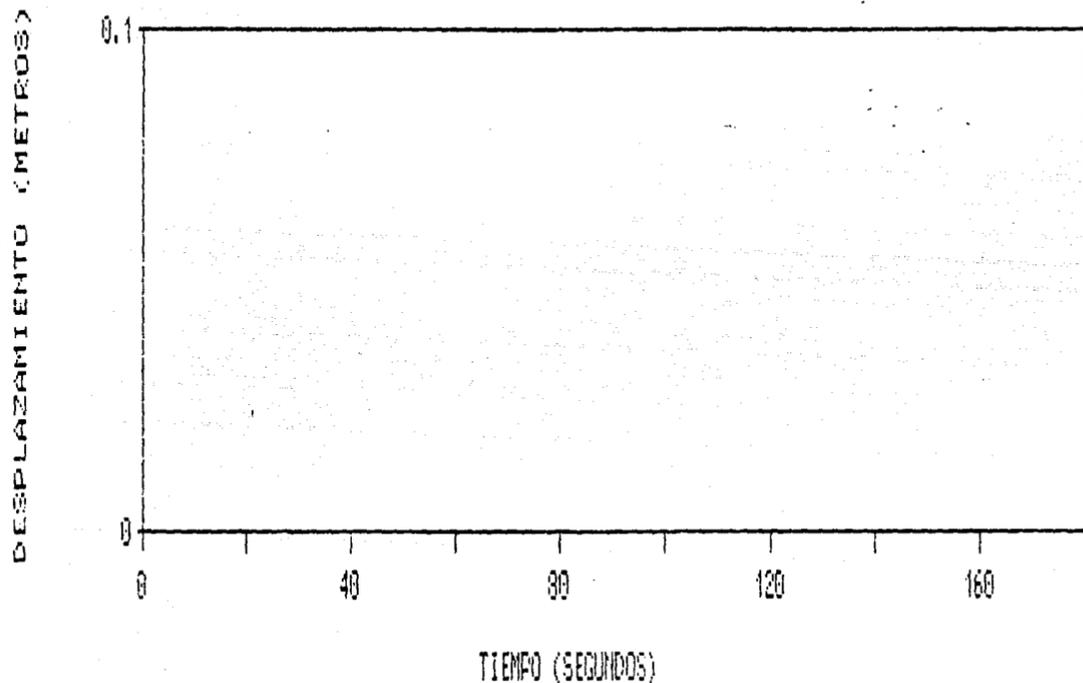
GRAFICA NO. 21
SISMO: LA SALLE

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



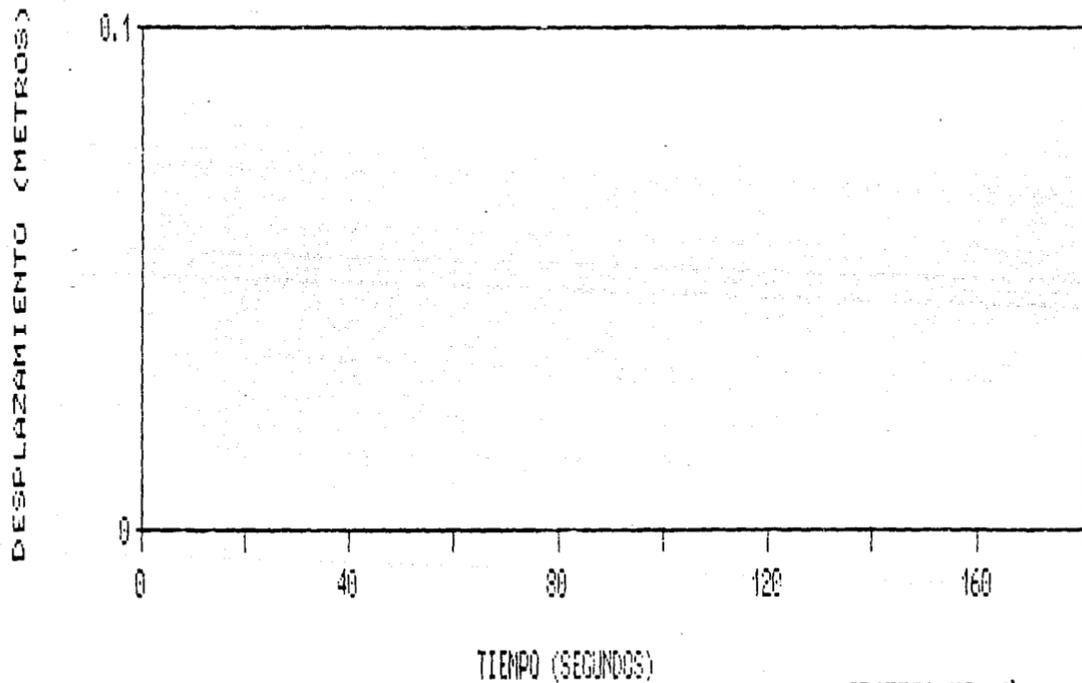
GRAFICA NO. 22
SISMO: LA SALLE

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 23
SISMO: LA SALLE

DESPLAZAMIENTO-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



IV.3 COMPARACIÓN DE LOS CORTANTES BASALES Y MOMENTOS DE VOLTEO

A partir de los archivos TIME.PLT y BSHMO.PLT generados por el programa LARZD, se graficaron los resultados para la estructura sin muros y con ellos para cada sismo; a continuación se presentan algunos comentarios para cada corrida.

En las gráficas 25 y 26 se muestran los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura sin muros ante el sismo SCT.EW de Septiembre de 1985. El cortante basal máximo es de 46.4979 ton., para lo cual corresponde un coeficiente sísmico de 0.20, tal como se define en el RCDF. El máximo momento en la base es de 197.0466 ton.m y ocurre aproximadamente en el segundo 62.

En las gráficas 27 y 28 se presentan los cortantes basales y momento de volteo para la estructura con muros ante el sismo en SCT.EW de Sept. de 1985. El cortante basal máximo es de 40.6056, el cual es el 76% del cortante obtenido de la estructura con muros, y por ende el coeficiente sísmico correspondiente es de 0.17. El máximo momento en la base es de 177.42 ton.m, siendo absorbido en un 64% por el muro de concreto, lo cual como desventaja provoca una excesiva concentración de esfuerzos en una zona de la cimentación.

En las gráficas 29 y 30 están los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura sin muros ante el

sismo en la Sec. #3 Azotea Norte de Abril de 1989. El cortante basal máximo es de 1 tonelada en los primeros 160 seg. y el momento de volteo de 4.32 ton.m; los cuales son el 2% de lo obtenido con el sismo en SCT1.EW.

En las gráficas 31 y 32 se presentan los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura con muros ante el sismo en la Sec. #3 Azotea Norte de Abril de 1989. El cortante basal máximo es de 0.9 ton, es decir el 90% de lo obtenido de la estructura sin muros. El momento de volteo mayor es de 3.89 t.m.

Las gráficas 33 y 34 muestran los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura sin muros ante el sismo en la Sec. #95 IBERO de Abril de 1989. El cortante basal máximo es de 2.9785 ton y el máximo momento de volteo es de 12.5871 t.m.

En las gráficas 35 y 36 están los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura con muros ante el sismo de la Sec. #95 IBERO de Abril de 1989. El cortante basal máximo es de 3.5167 ton, es decir, 18% mayor al obtenido sin muros; el momento de volteo mayor es de 14.4289 ton.m. El muro absorbe el 78% del momento máximo de volteo.

En las gráficas 37 y 38 se presentan los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura sin muros ante el sismo en la Sec. #23 LIVERPOOL de Abril de 1989. El cortante

basal mayor es de 1.76 ton. para los primeros 160 seg. de sismo y el momento de volteo mayor de 7.35 ton.m para dicho intervalo de tiempo.

En las gráficas 39 y 40 se muestran los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura con muros ante el sismo en la Sec. #23 LIVERPOOL de Abril de 1989. El cortante basal máximo es de 2.7919 ton. y el máximo momento de volteo es de 12.7996ton.m, siendo absorbido en un 57.7% por el muro de concreto.

Las gráficas 41 y 42 describen los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura sin muros ante el sismo en la Sec. Téc. #2 Corregidora de Querétaro de Abril de 1989. El cortante basal máximo es de 1.4937 ton. y el momento de volteo mayor es de 6.3325 ton.m.

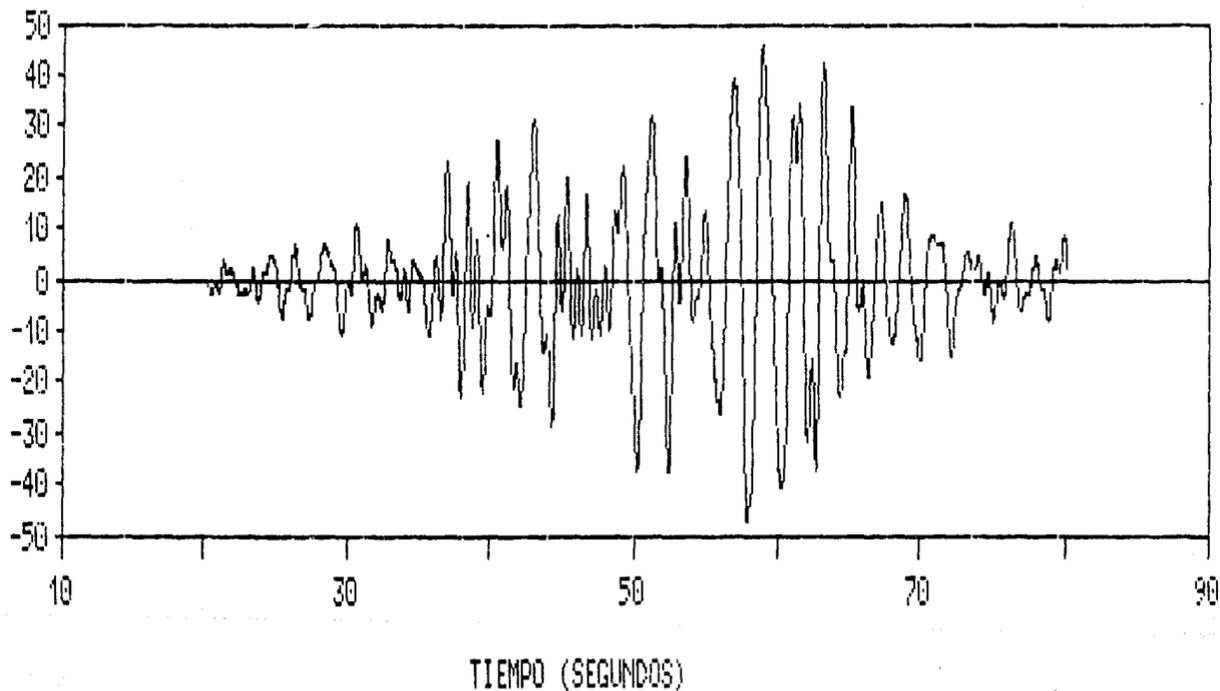
En las gráficas 43 y 44 están los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura con muros ante el sismo en la Sec. Téc. #2 Corregidora de Querétaro de Abril de 1989. El máximo cortante basal es 1.6975ton. y el momento de volteo mayor de 7.7520 ton.m, siendo absorbido en un 57.84% por el muro de concreto.

En las gráficas 45 y 46 se muestran los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura sin muros ante el sismo en LA SALLE de Abril de 1989. El comportamiento es alternado respecto a un cortante constante de 0.3 ton y momento de

volteo de 1.4 ton.m; los máximos son 1.0763 ton y 4.5602 ton.m respectivamente.

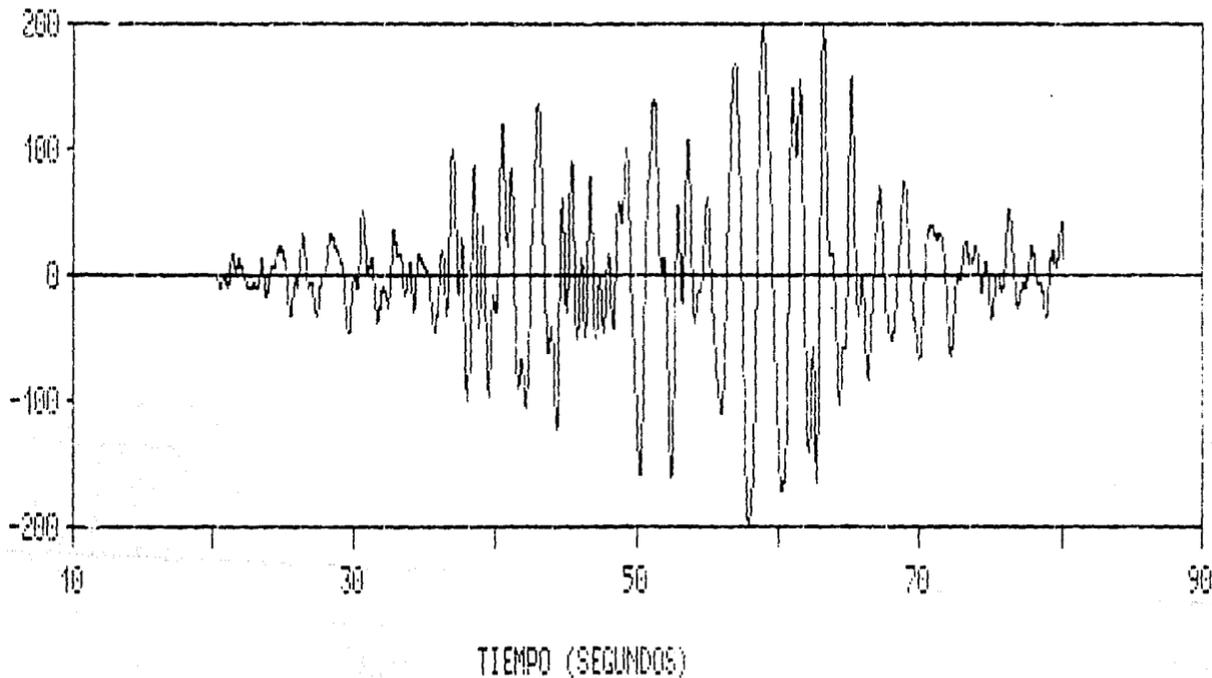
En las gráficas 47 y 48 se presentan los cortantes basales y momentos de volteo para la estructura con muros ante el sismo en LA SALLE (Abril de 1989). La estructura presenta un comportamiento alternado respecto a un cortante de 0.3 ton y un momento de volteo de 1.5 ton.m; los máximos son 1.242 ton y 5.6699 ton.m respectivamente y son alrededor del 25% mayores a lo obtenido en la estructura sin muros.

CORTANTE EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



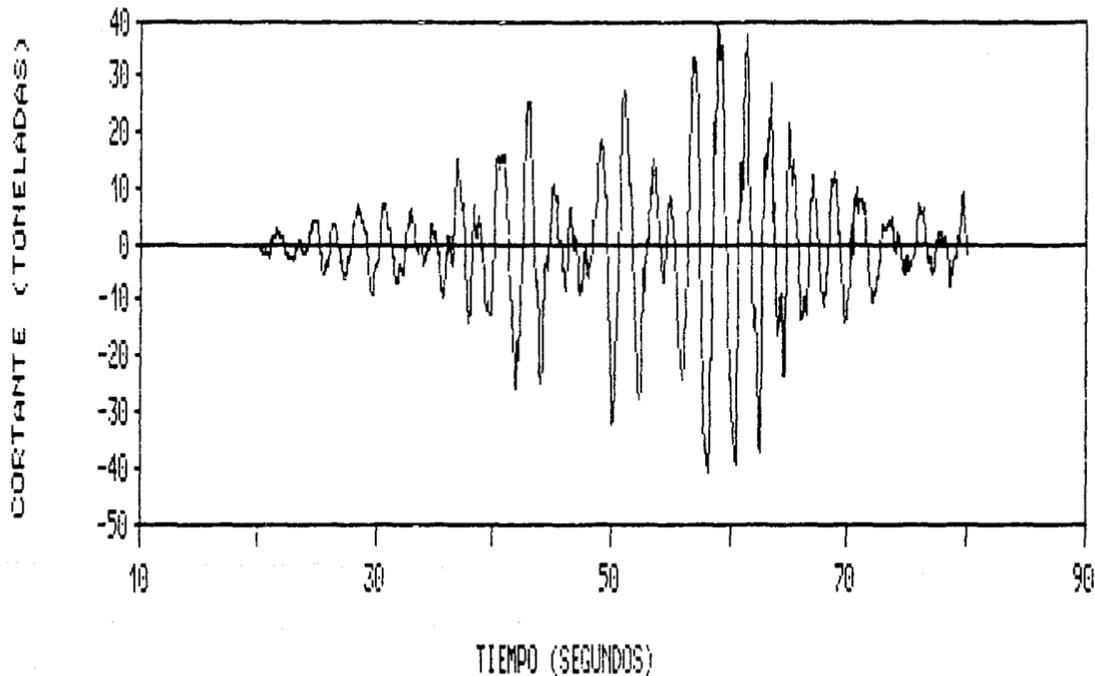
GRAFICA NO. 25
SISMO: SCT1.EW

MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 26
SIGMO: SCTL.EW

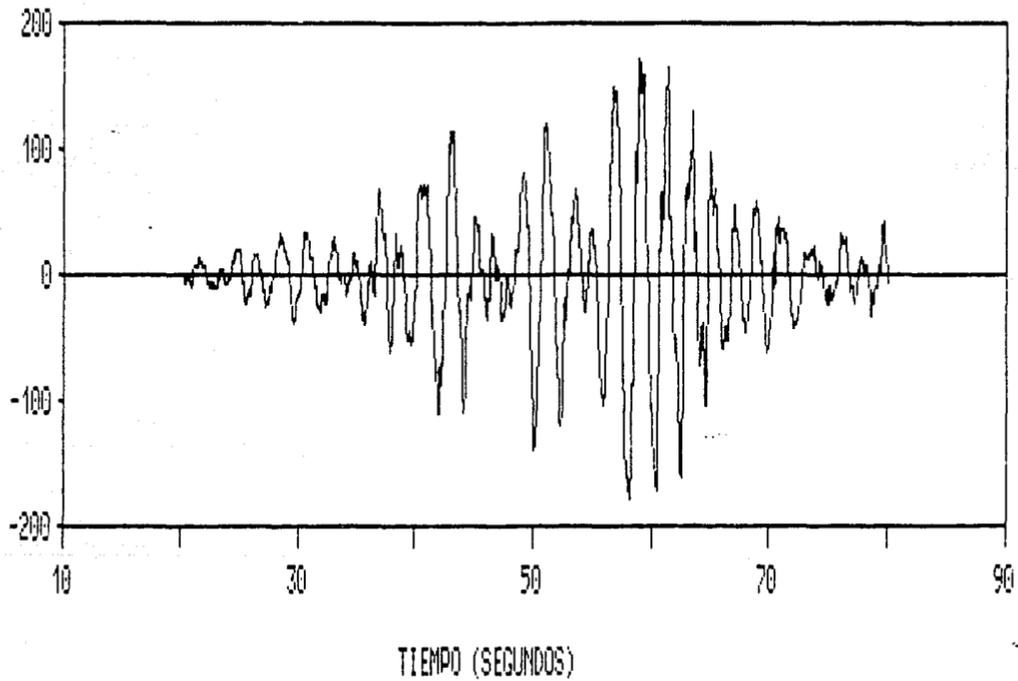
CORTANTE EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 27
SISMO: SCTL.EW

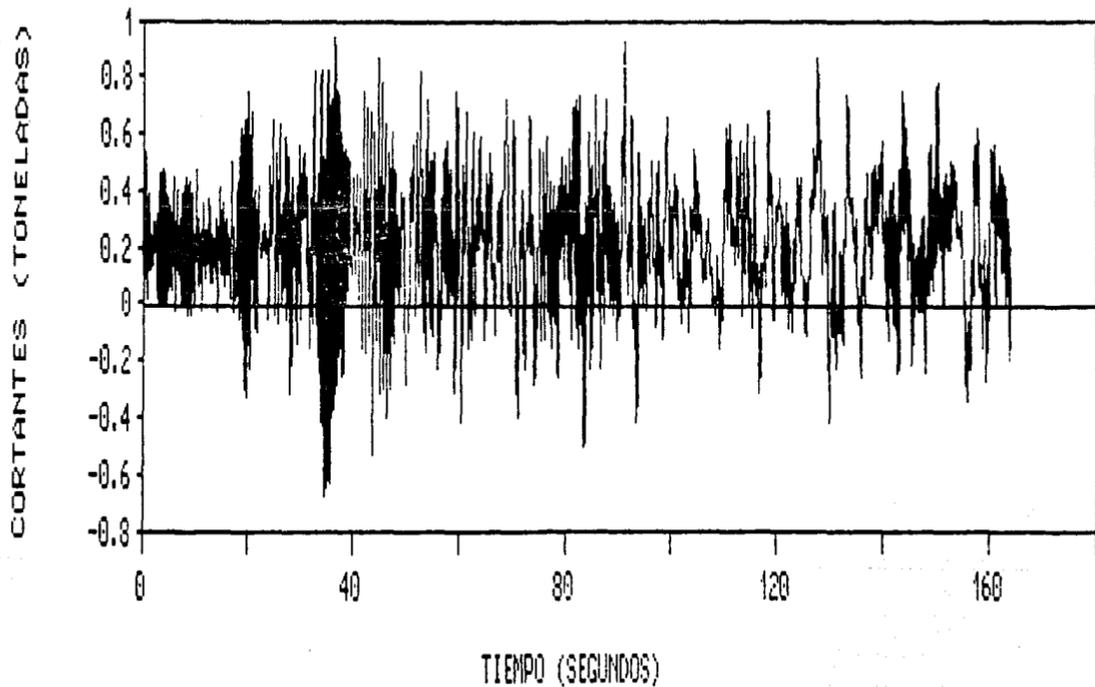
MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 28
SISMO: SCL. EN

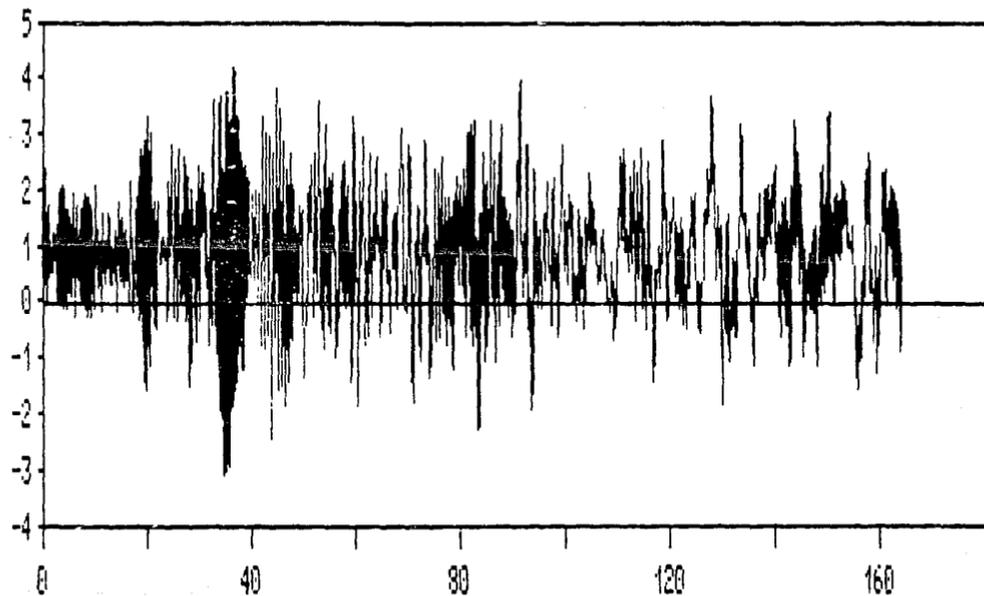
CORTANTES EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 29
SISMO: SEC. #3 AZOTEA NORTE

MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS

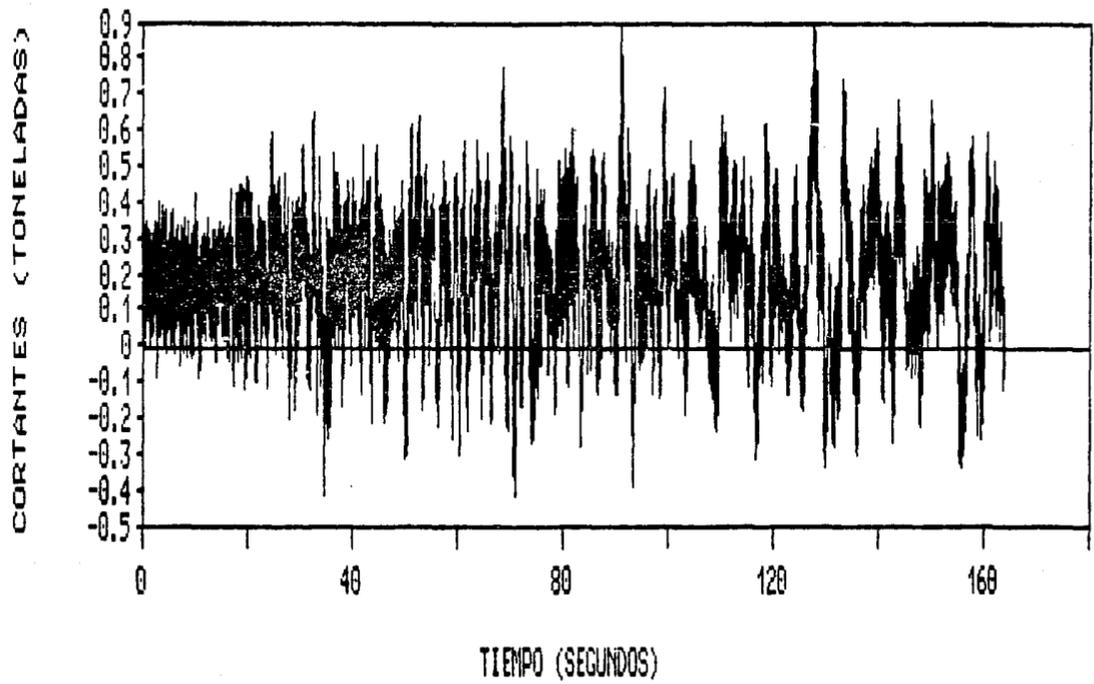
MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)



TIEMPO (SEGUNDOS)

GRAFICA NO. 30
SISMO: SEC. 33 ATOTEA NORTE

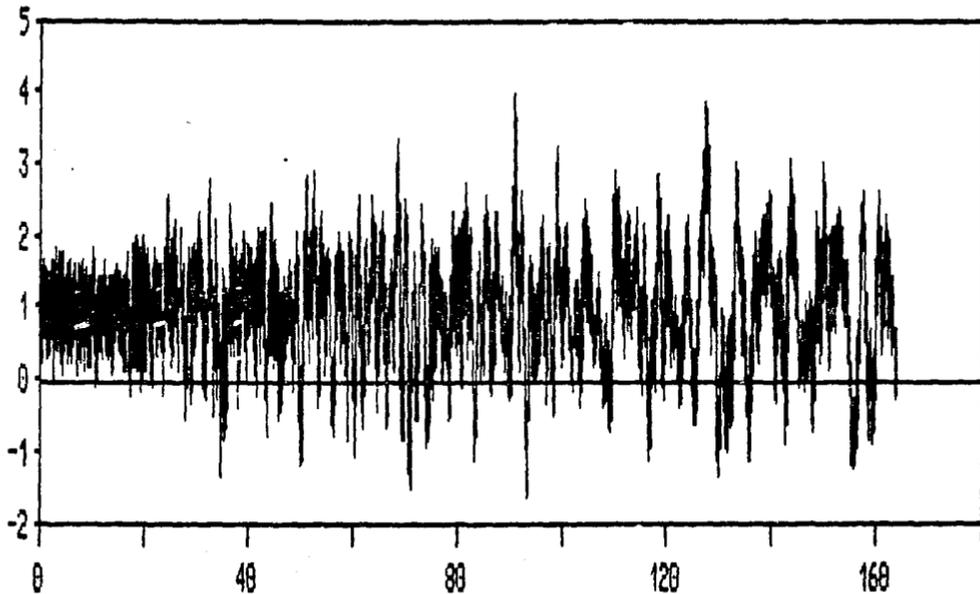
CORTANTES EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 31
SISMO: SEC. #3 AZOTEA NORTE

MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

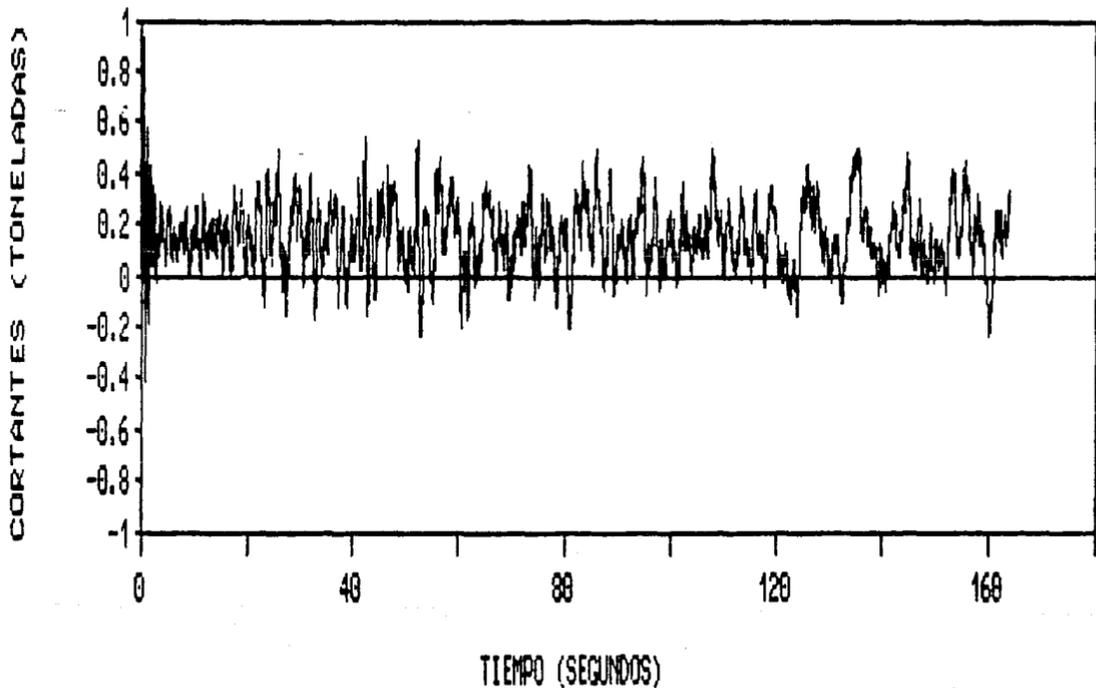
MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



TIEMPO (SEGUNDOS)

GRAFICA NO. 32
SISMO: SEC. #3 AZOTEA NORTE

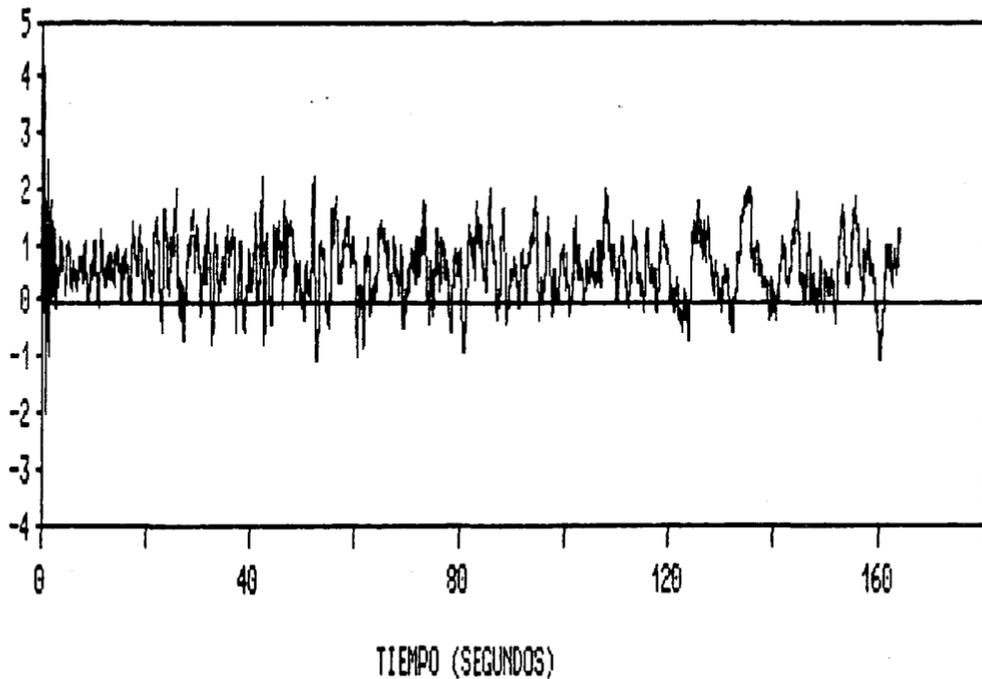
CORTANTES EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 33
SISMO: SEC. #95 IBERO

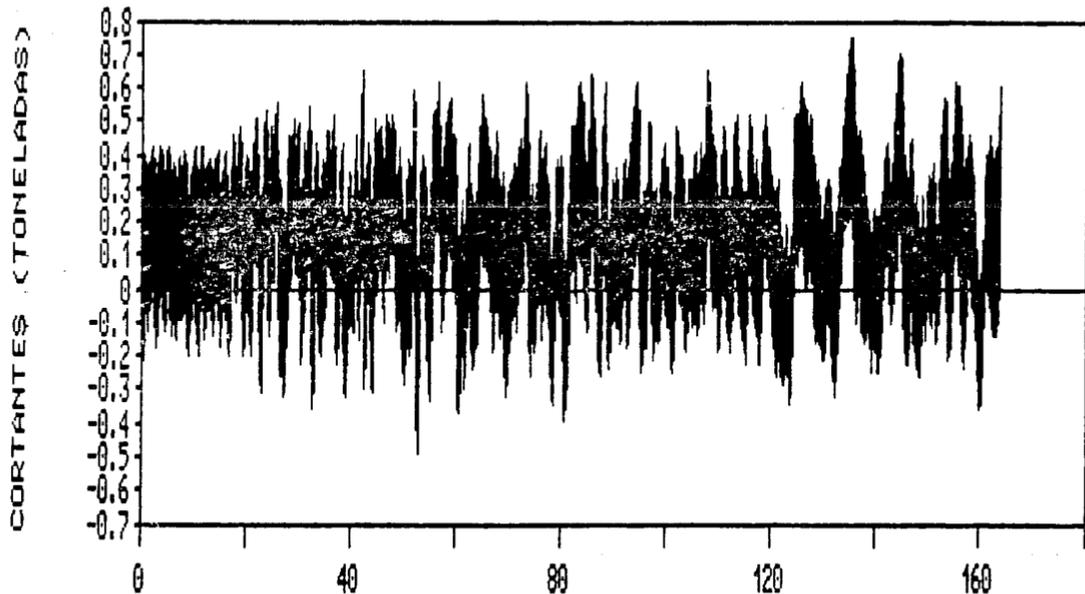
MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 34
SISMO: SEC. #95 IBERO

CORTANTES EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS

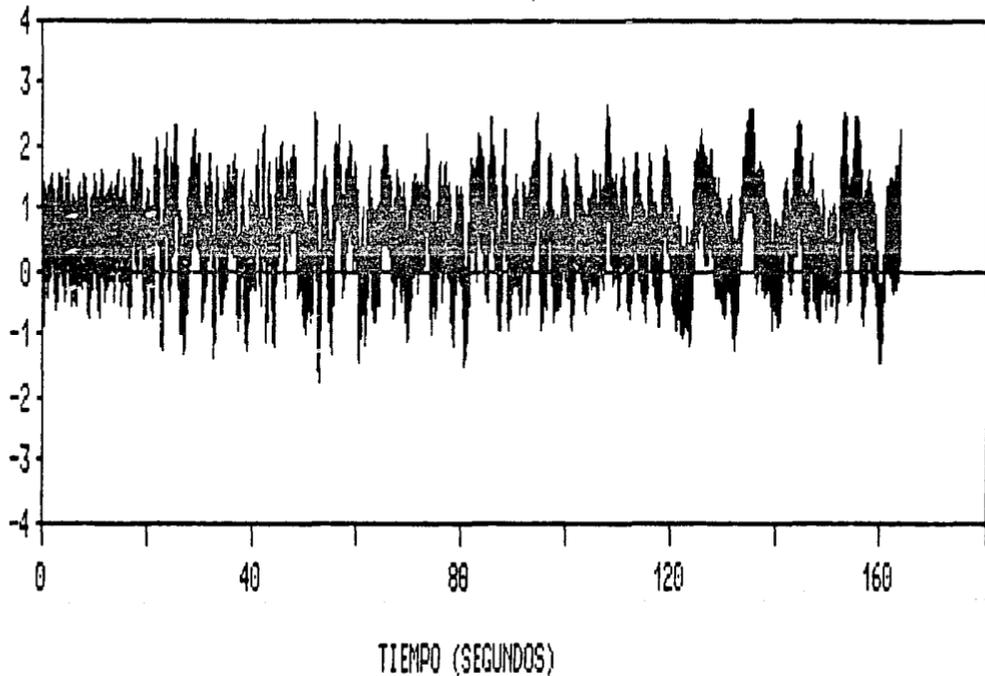


TIEMPO (SEGUNDOS)

GRAFICA NO. 35
SISMO: SEC. #95 IBERO

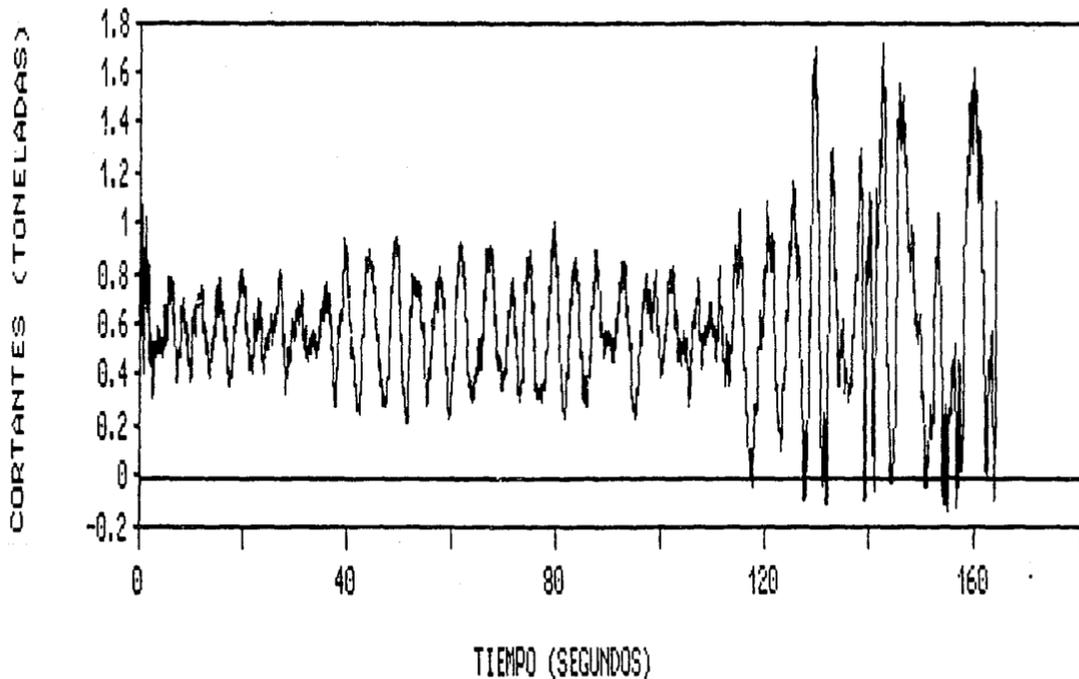
MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



GRÁFICA NO. 36
SIGMO: SEC. #95 IBERO

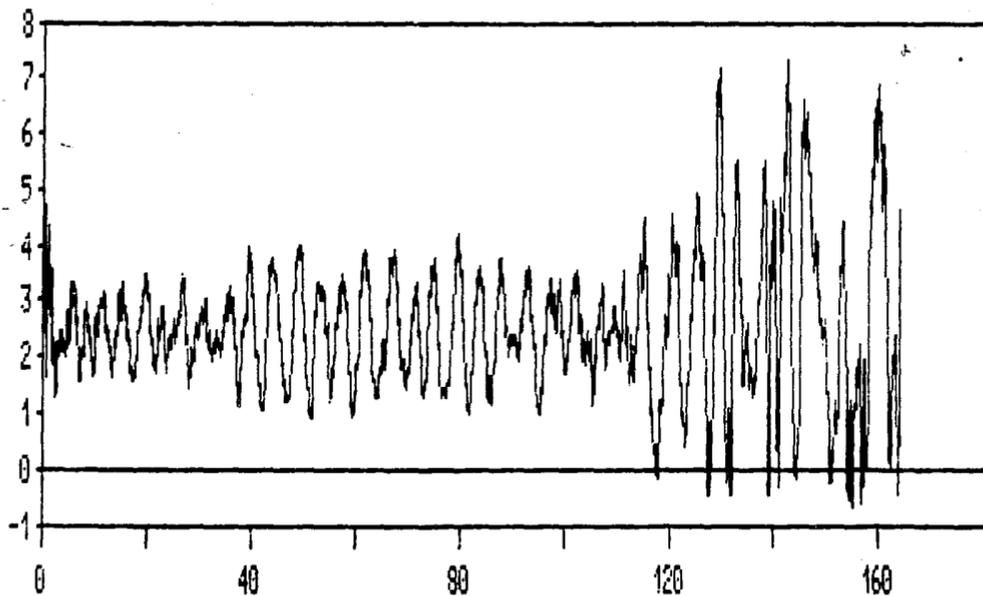
CORTANTES EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 37
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

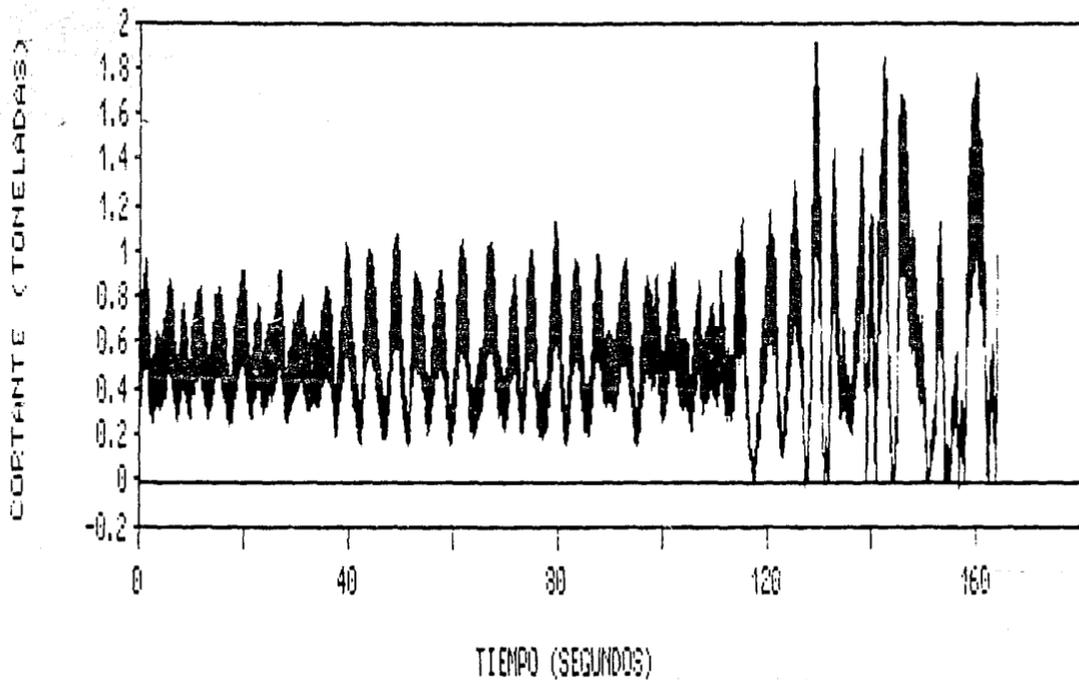
MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



TIEMPO (SEGUNDOS)

GRAFICA NO. 38
SIGMO: GRC. #23 LIVERPOOL

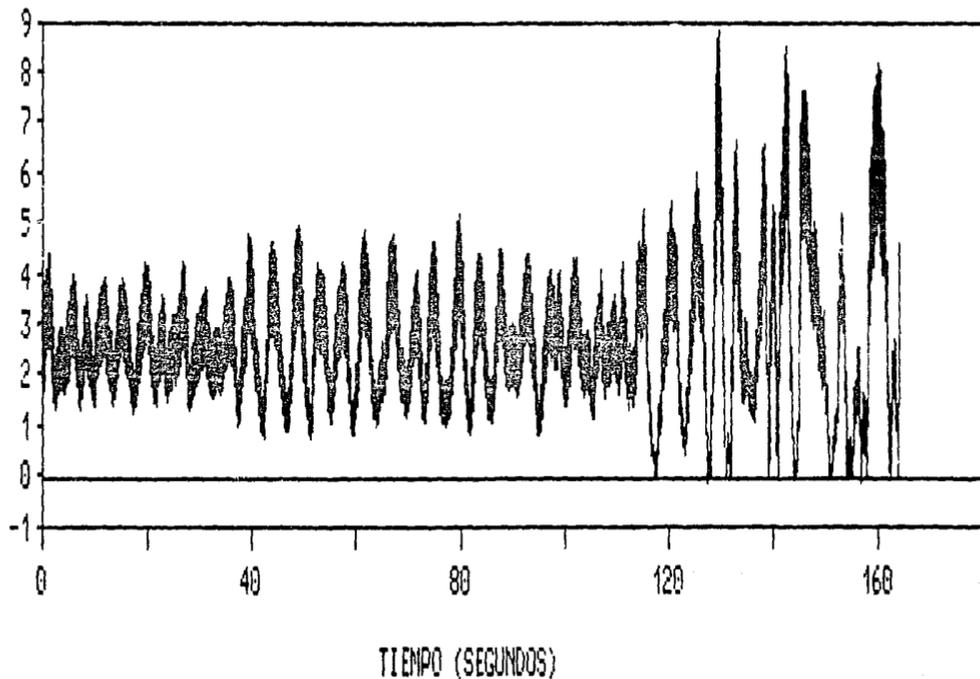
CORTANTE EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 39
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

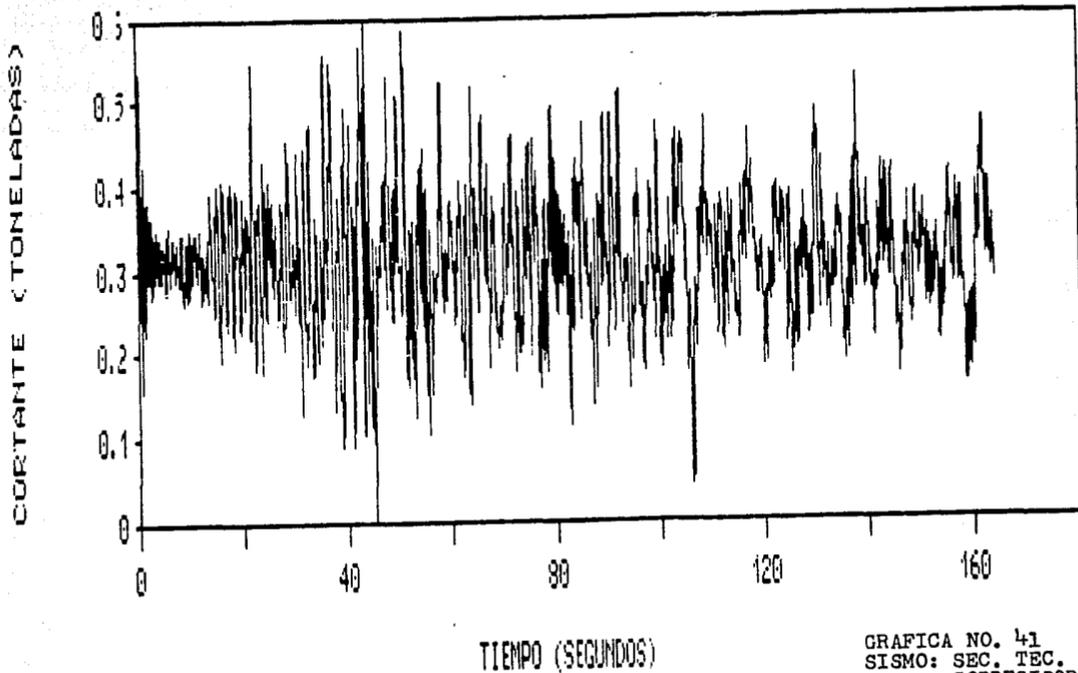
MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 40
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

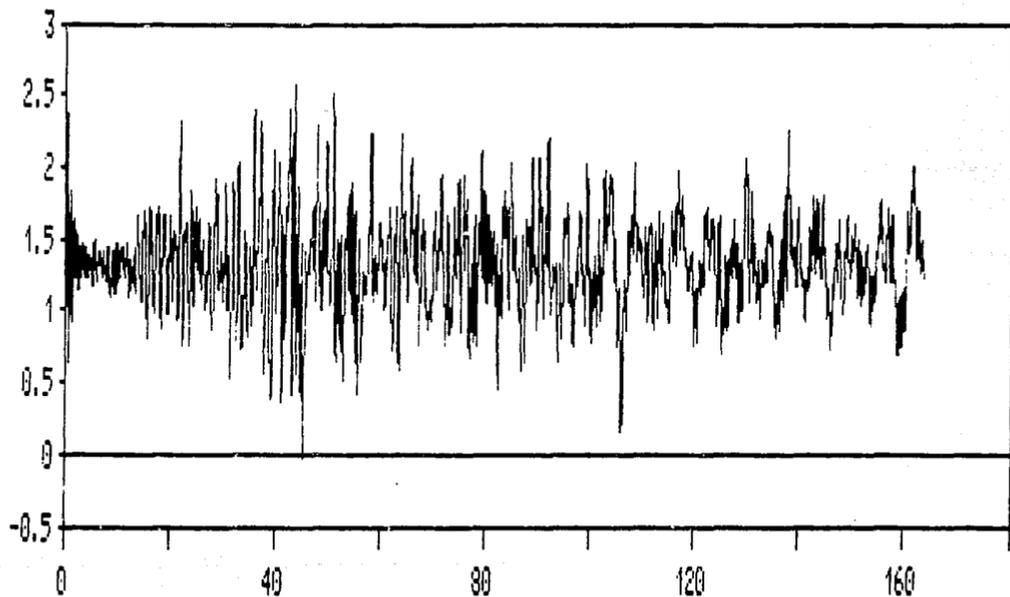
CORTANTE EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 41
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE @RO

MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

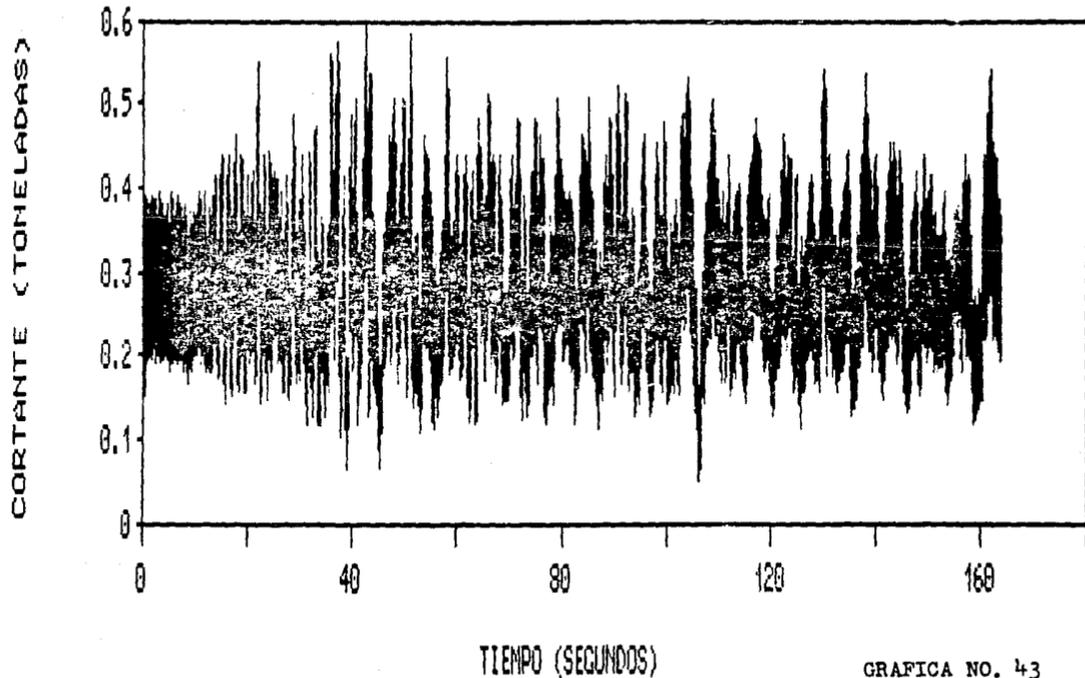
MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



TIEMPO (SEGUNDOS)

GRAFICA NO. 42
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE QR Q.

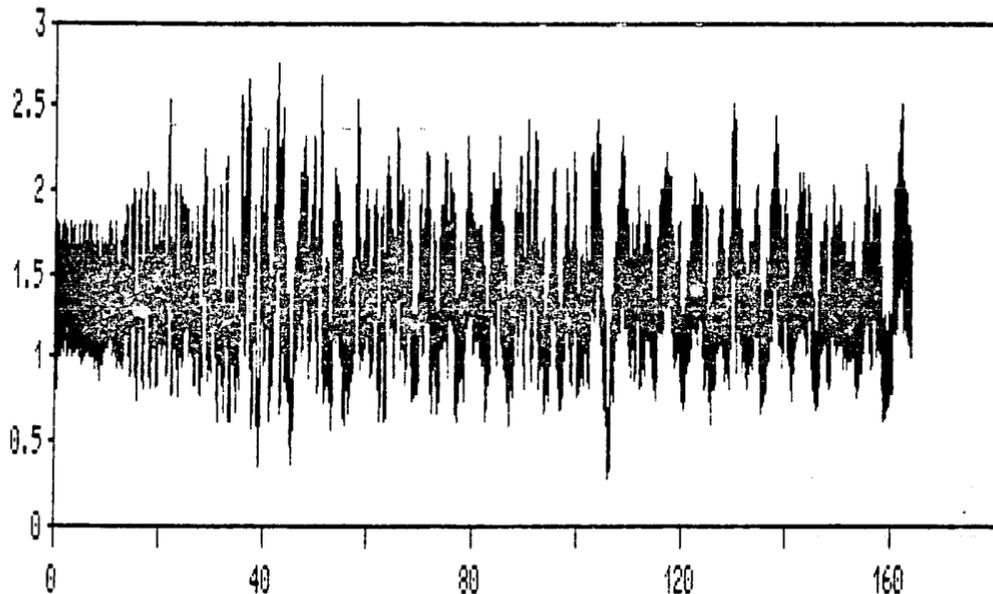
CORTANTE EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 43
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE QRO.

MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

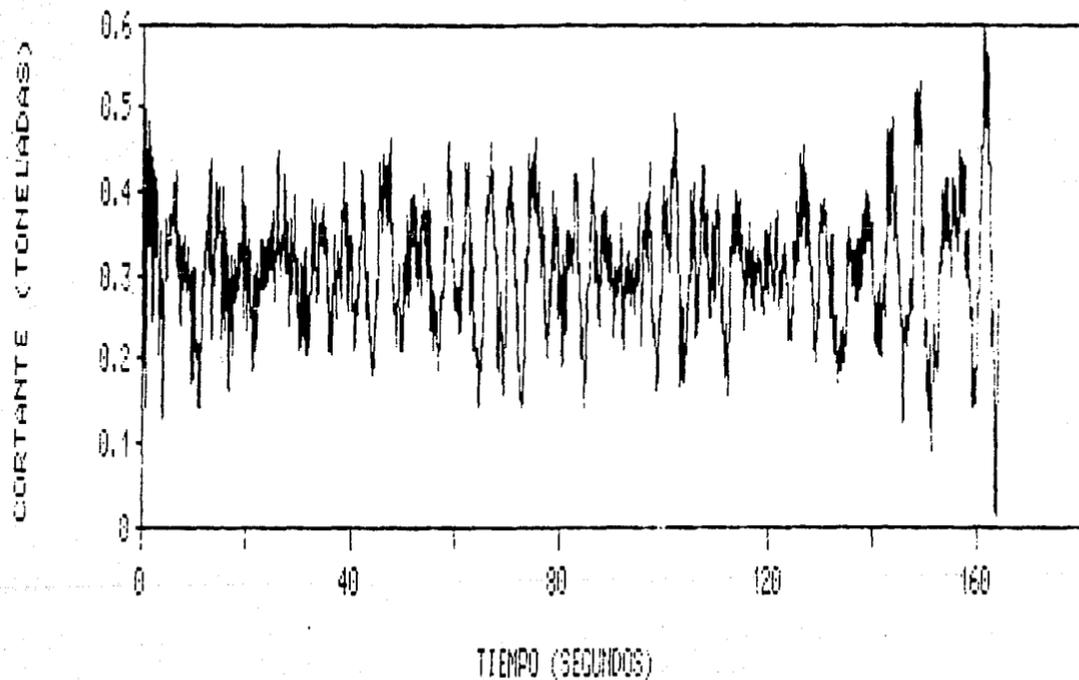
MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



TIEMPO (SEGUNDOS)

GRAFICA NO. 44
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE QRO.

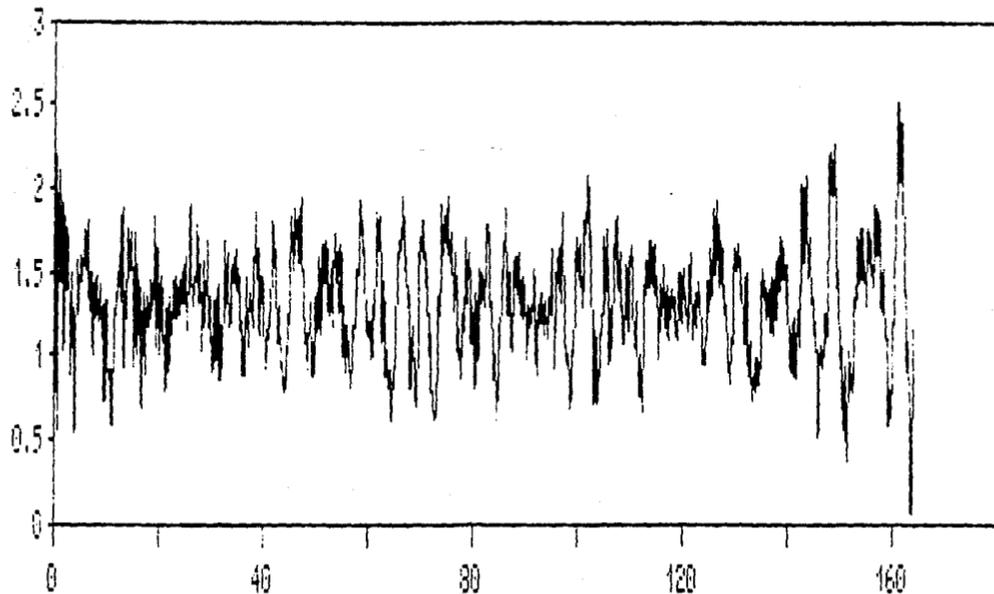
CORTANTE EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 45
SISMO: LA SALIE

MOMENTOS EN LA BASE (TON-M)

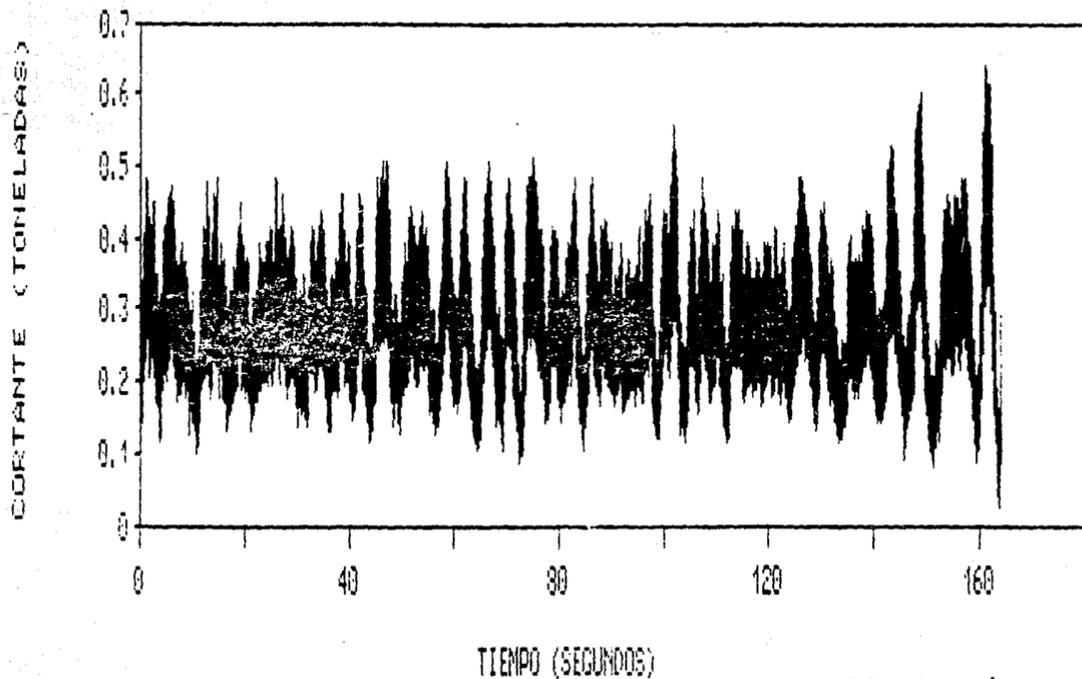
MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA SIN MUROS



TIEMPO (SEGUNDOS)

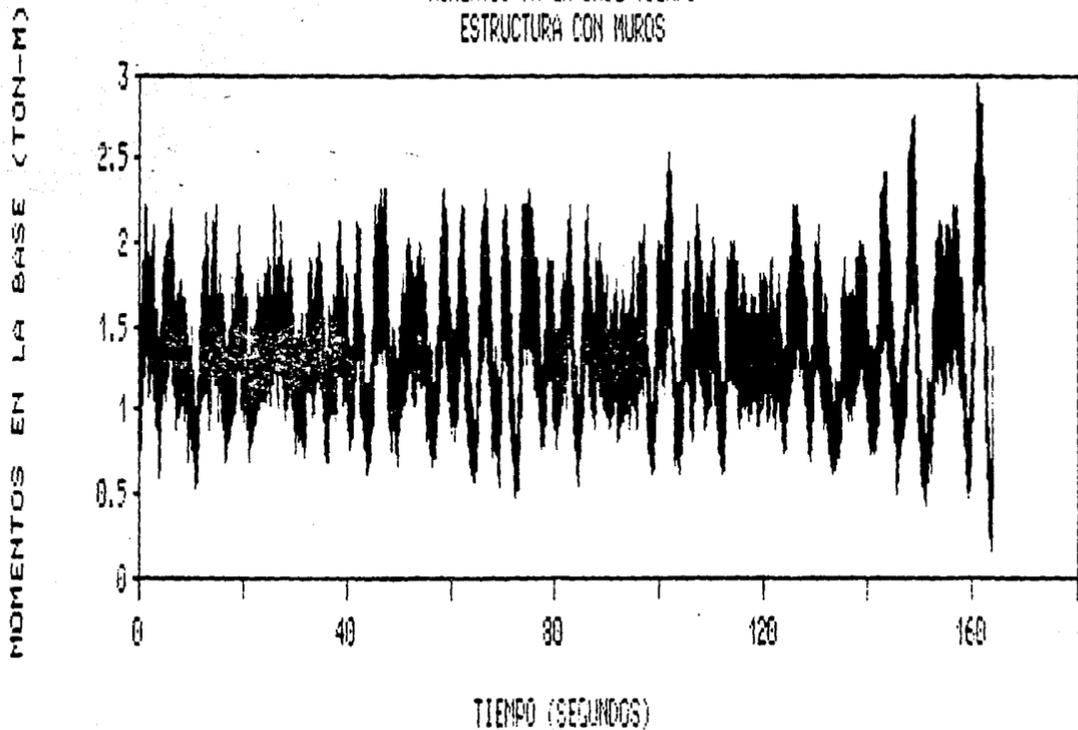
GRAFICA NO. 46
SISMO: LA SALLE

CORTANTE EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MURÓS



GRAFICA NO. 47
SISMO: LA SALLE

MOMENTOS EN LA BASE-TIEMPO
ESTRUCTURA CON MUROS



-100-

GRAFICA NO. 48
SISMO: LA SALLE

IV.4 COMPARACION DE LAS ACELERACIONES POR NIVELES

A partir de los archivos TIME.PLT y ACCEL.PLT generados por el programa LARZD, se graficaron los resultados para la estructura sin muros y con ellos para cada sismo; a continuación se presentan algunos comentarios por cada corrida.

En las gráficas 49 y 50 se presentan las aceleraciones para los niveles segundo y primero respectivamente de la estructura sin muros ante el sismo SCT.EW. La máxima aceleración ocurre en el segundo 63 aproximadamente y es de 2.37 m/s^2 para el segundo nivel y de 1.88 m/s^2 para el primer nivel, los cuales corresponden a valores de $0.274g$ y $0.2015g$.

En las gráficas 51 y 52 están las aceleraciones para los niveles segundo y primero de la estructura con muros ante el sismo SCT.EW. La máxima aceleración ocurre en el segundo 59 y es de 1.69 m/s^2 para el segundo nivel y 1.68 m/s^2 para el primer nivel, los cuales son alrededor del 85% de la obtenida con la estructura sin muros; es decir, la sensación de aceleración ante el sismo se reduce en un 15% aproximadamente para los ocupantes.

En las gráficas 53 y 54 se presentan las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura sin muros ante el sismo en la Sec. #3 Azotea Norte con el sismo ocurrido en Abril de 1989. Se tiene una aceleración máxima uniforme de

alrededor de 0.03 m/s^2 en ambos niveles.

En las gráficas 55 y 56 están las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura con muros ante el sismo en la Sec. #3 Azotea Norte. Se presenta una aceleración oscilante con un valor máximo de 0.029 m/s^2 , lo cual es el 98% del obtenido para la estructura sin muros.

Las gráficas 57 y 58 muestran las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura sin muros ante el sismo en la Sec. #95 IBERO. Hay una aceleración máxima de 0.13 m/s^2 y 0.12 m/s^2 para el segundo y primer nivel respectivamente. Durante los primeros 160 seg. de sismo las aceleraciones ocurren en un rango casi positivo solamente.

En las gráficas 59 y 60 se presentan las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura con muros ante el sismo en la Sec. #95 IBERO. La aceleración máxima es de 0.193 m/s^2 y 0.168 m/s^2 para el segundo y primer nivel respectivamente, siendo 44% superior a la obtenida en la estructura sin muros. Sin embargo, los desplazamientos son muy inferiores a los obtenidos con la estructura sin muros.

En las gráficas 61 y 62 están las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura sin muros ante el sismo en la Sec. #23 LIVERPOOL. La aceleración mayor para los primeros 160 seg. de sismo es de 0.0074 m/s^2 para el primero y

segundo nivel.

Las gráficas 63 y 64 muestran las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura con muros ante el sismo en la Sec. #23 LIVERPOOL. La máxima aceleración es de 0.168 m/s^2 y 0.139 m/s^2 para el segundo y primer nivel respectivamente. Para los primeros 160 seg. de sismo la aceleración es 35% mayor a la obtenida en la estructura sin muros.

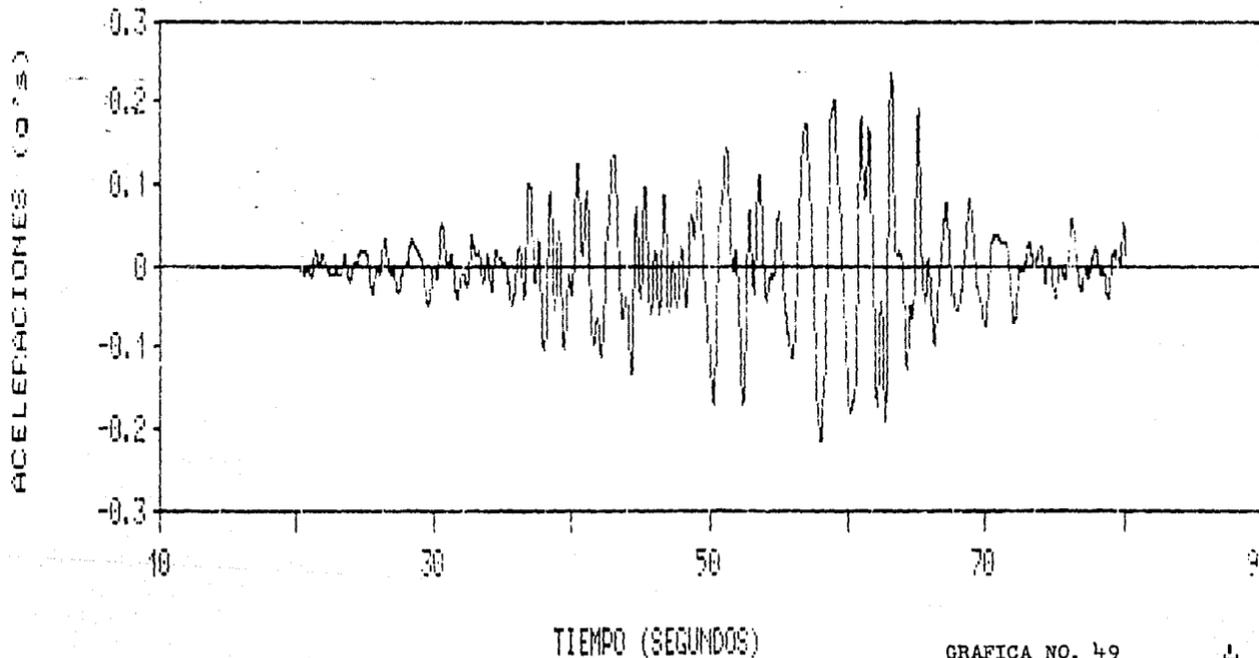
Las gráficas 65 y 66 presentan las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura sin muros ante el sismo en la Sec. Téc. #2 Corregidora de Querétaro. La aceleración mayor es de 0.064 m/s^2 y 0.060 m/s^2 para el segundo y primer nivel respectivamente.

En las graficas 67 y 68 estan las aceleraciones para el segundo y primer nivel de la estructura con muros ante el sismo en la Sec. Téc. #2 Corregidora de Querétaro. La aceleración máxima es de 0.102 m/s^2 y 0.084 m/s^2 para el segundo y primer nivel respectivamente, lo cual es 59.4% mayor que la obtenida sin muros.

Las gráficas 69 y 70 describen las aceleraciones en el segundo y primer nivel de la estructura sin muros ante el sismo en LA SALLE. La aceleración máxima es de 0.046107 m/s^2 y 0.043164 m/s^2 para el segundo y primer nivel respectivamente. El comportamiento es oscilatorio respecto a aceleraciones de 0.0014 m/s^2 y 0.0013 m/s^2 en los niveles segundo y primero.

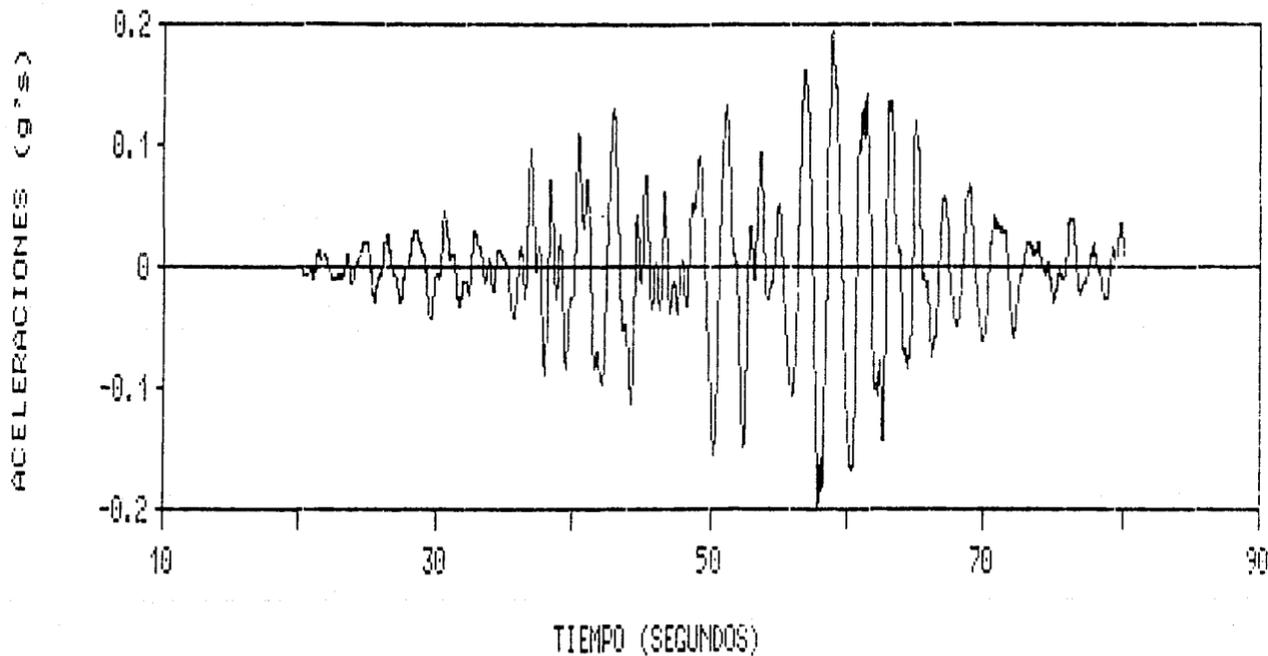
En las gráficas 71 y 72 muestran las aceleraciones por nivel de la estructura con muros ante el sismo en LA SALLE de Abril de 1989. Se presenta un comportamiento alternado respecto a una aceleración de 0.0015 m/s^2 . Las máximas son 0.075 m/s^2 y 0.062 m/s^2 para los niveles segundo y primero respectivamente y representan un 63% mayores a las obtenidas en la estructura sin muros.

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



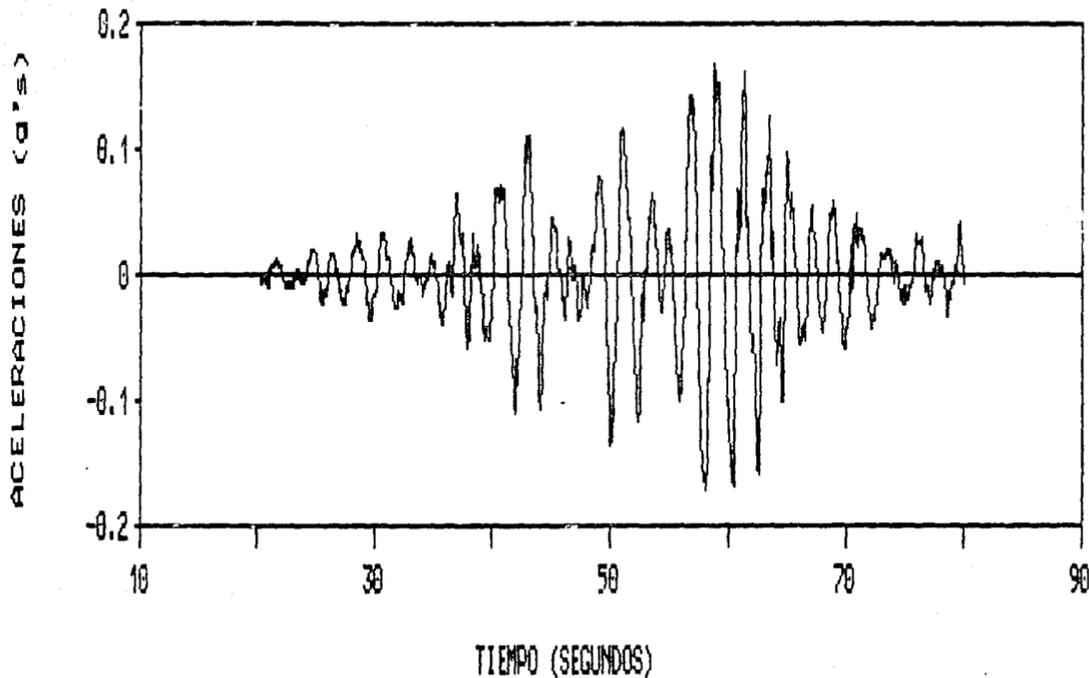
GRAFICA NO. 49
SISMO: SCT1.EW

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



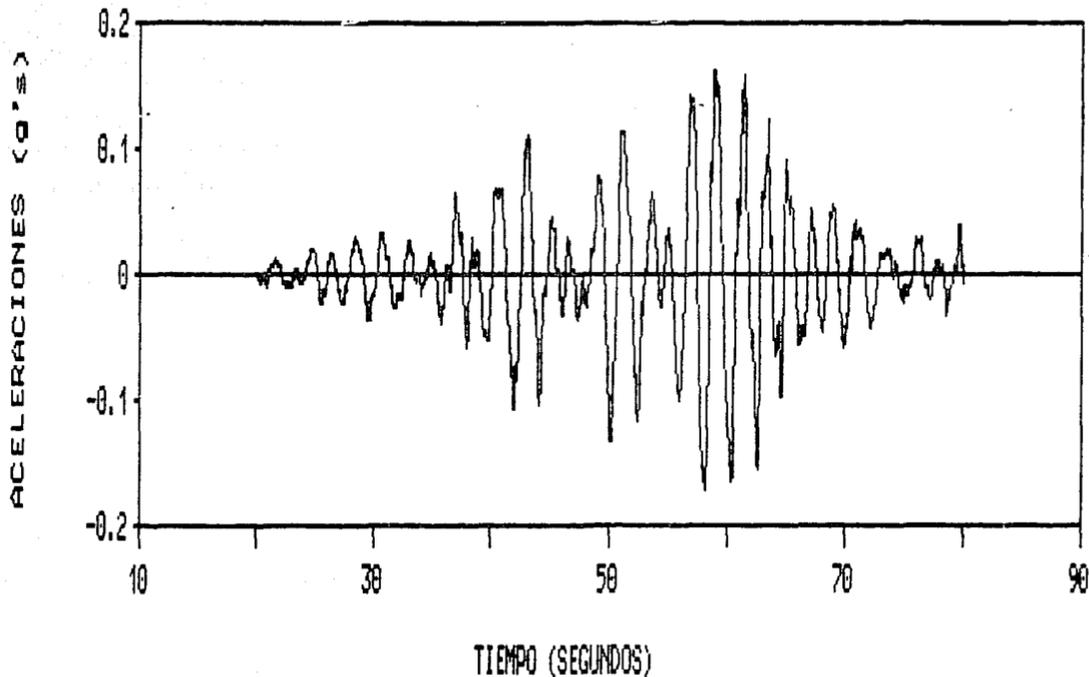
GRAFICA NO. 50
SISMO: SCT1.EW

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



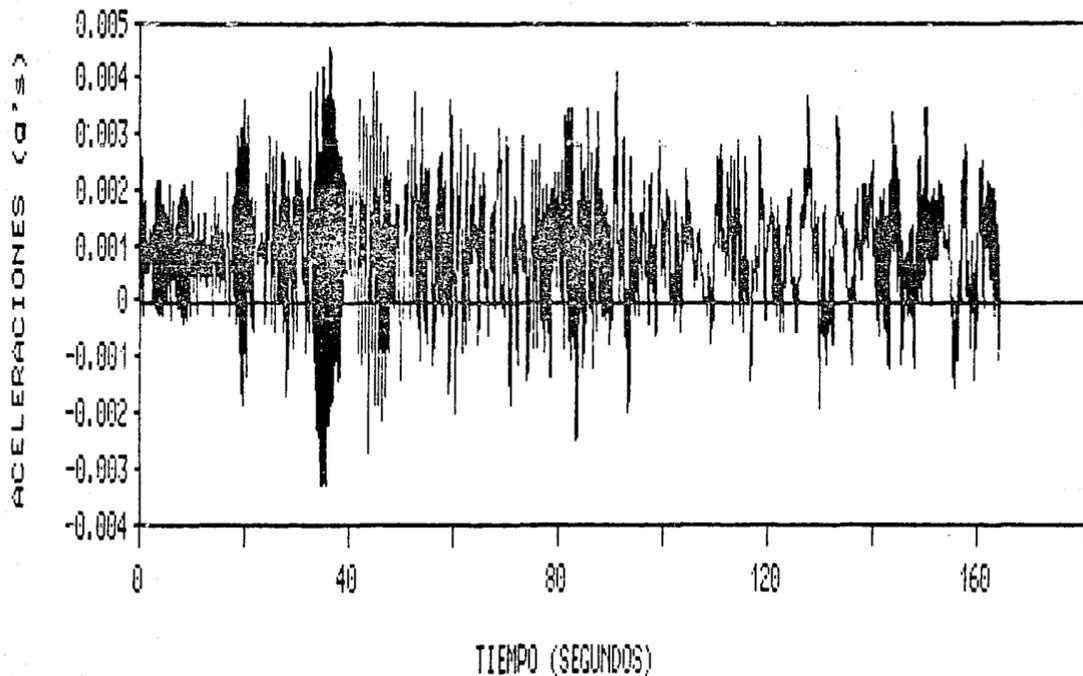
GRAFICA NO. 51
SISMO: SCTL.8W

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS

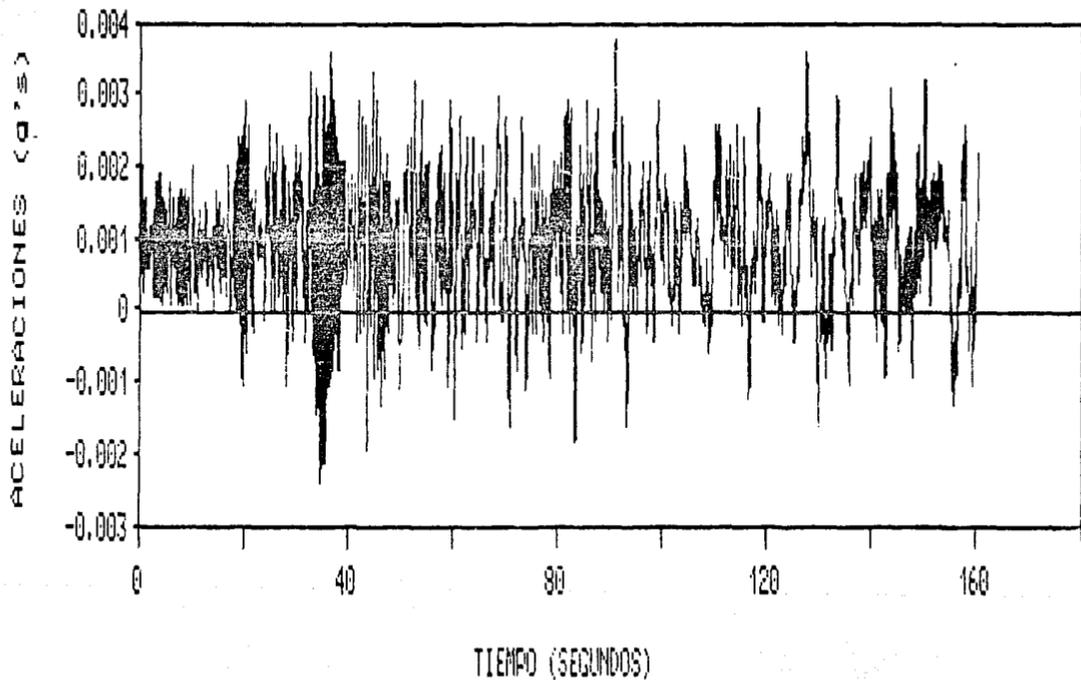


GRAFICA NO. 52
SISMO: SCTL.EW

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS

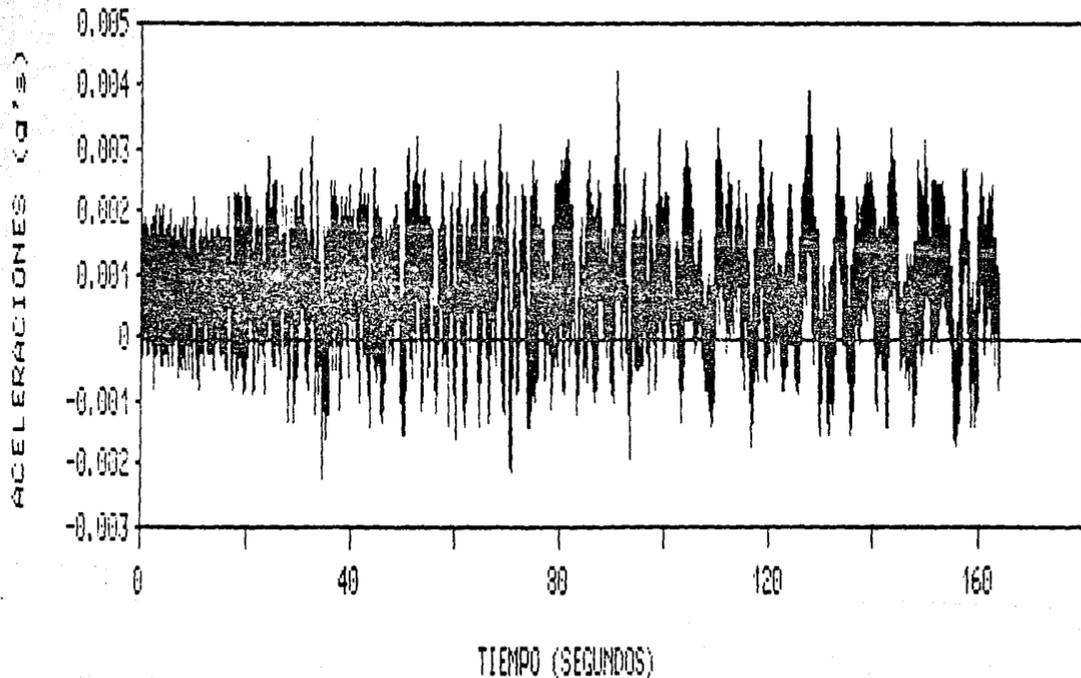


ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



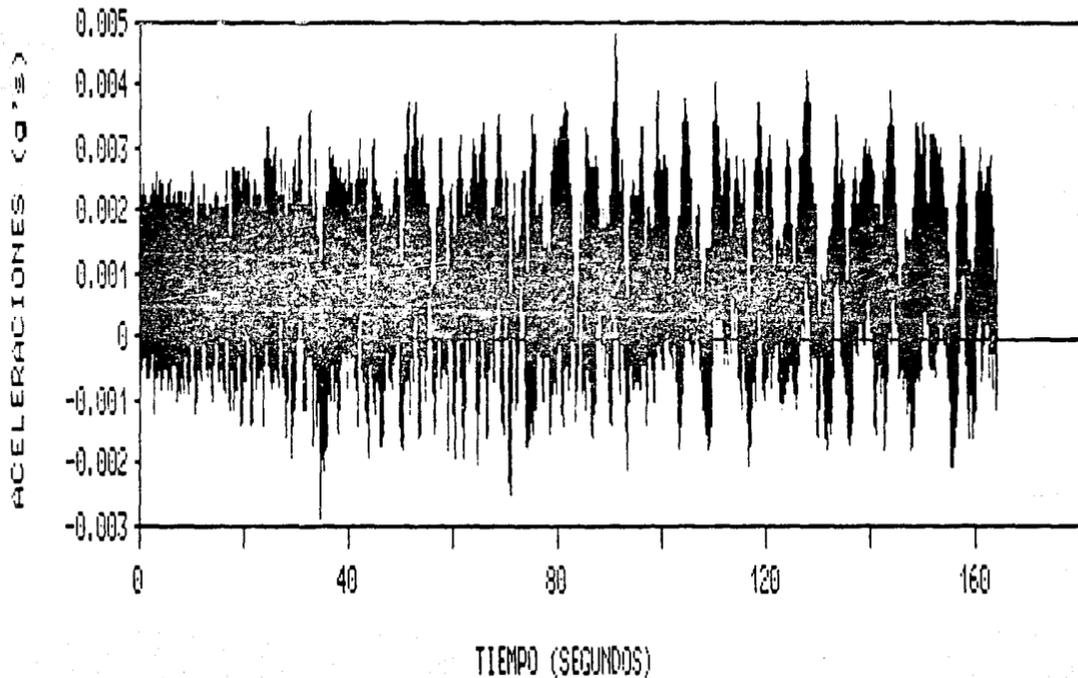
GRAFICA NO. 54
SIGMO: SEC. #3 NOTBA NORTE

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



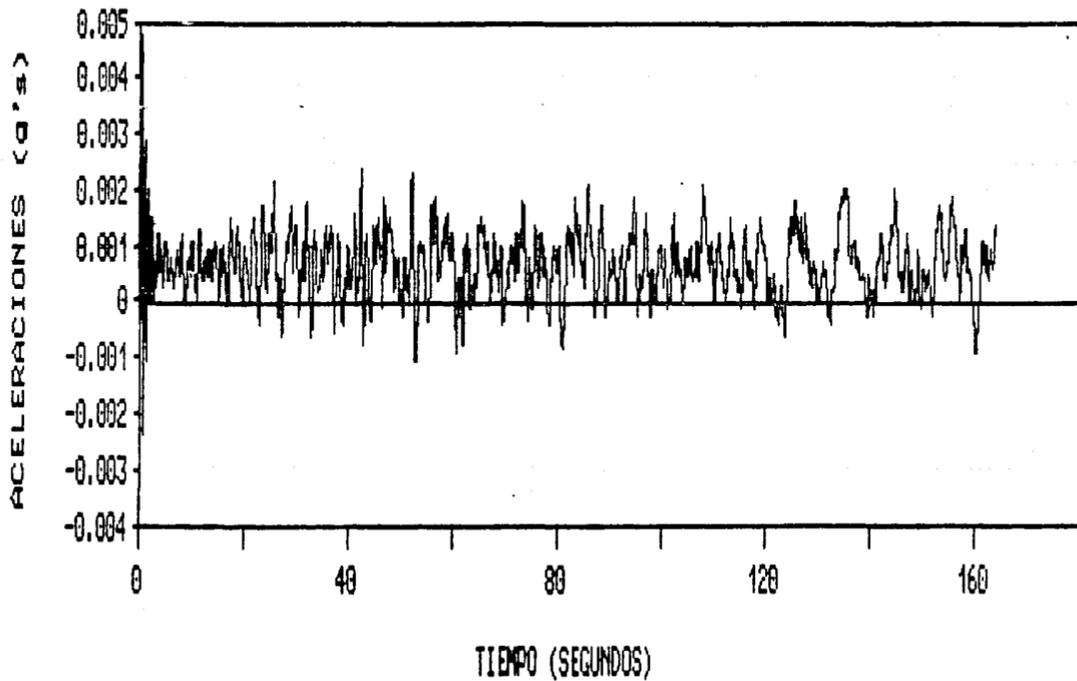
GRAFICA NO. 55
SISMO: SEC. #3 ...ZOTEA NORTE

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



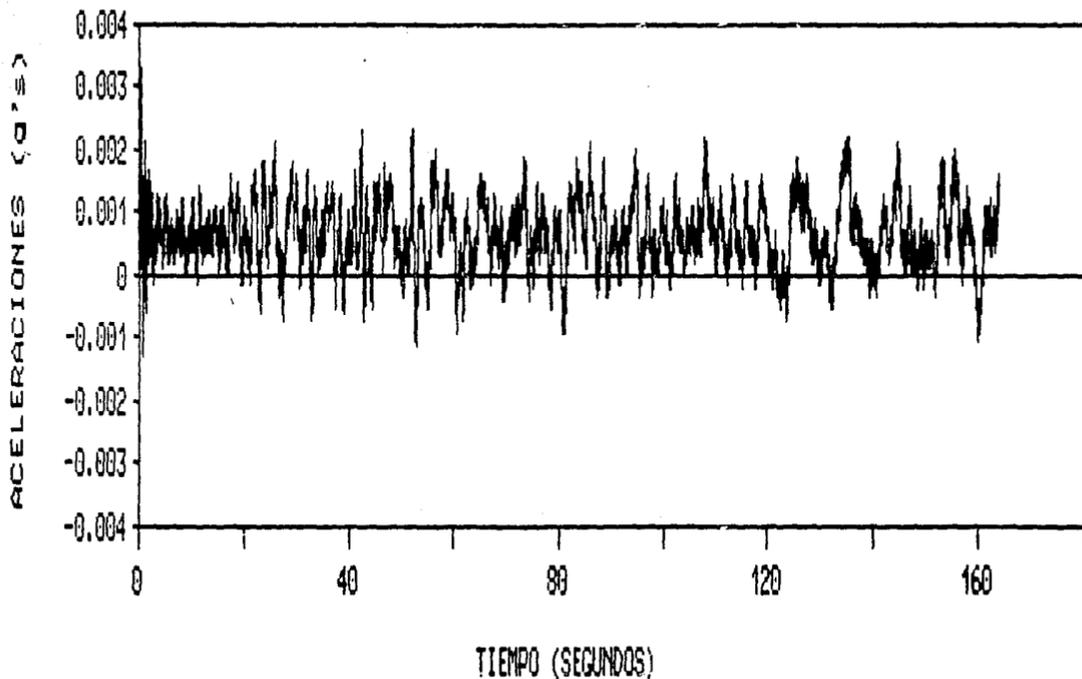
GRAFICA NO. 56
SISMO: SEC. #3 AZOTEA NORTE

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



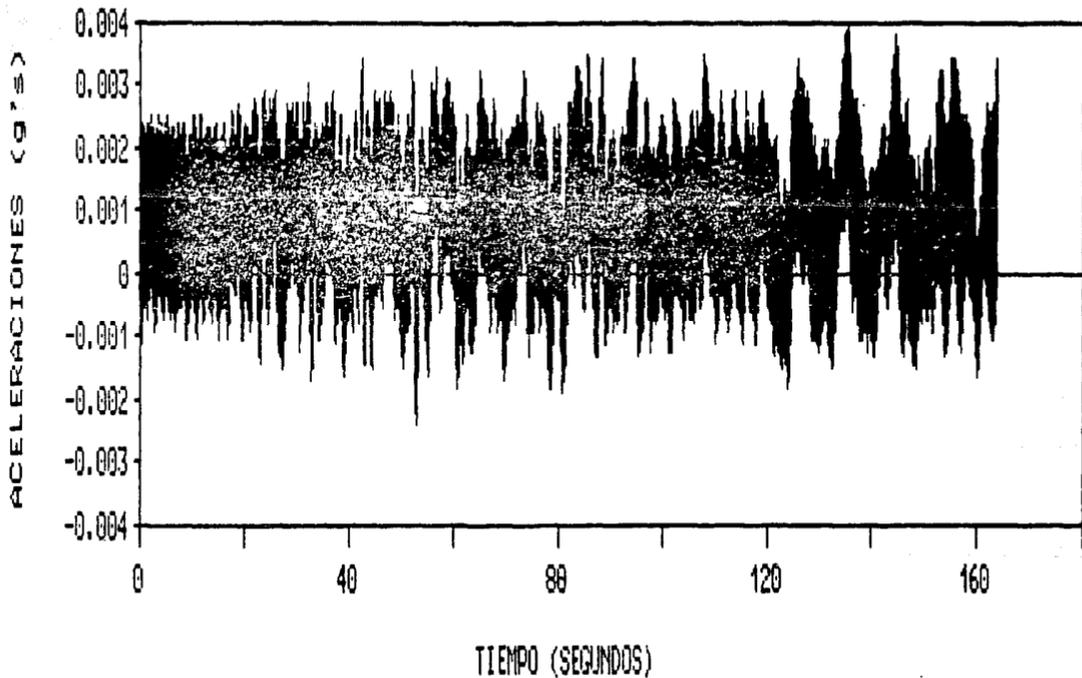
GRAFICA NO. 57
SISMO: SEC. #95 IBERO

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



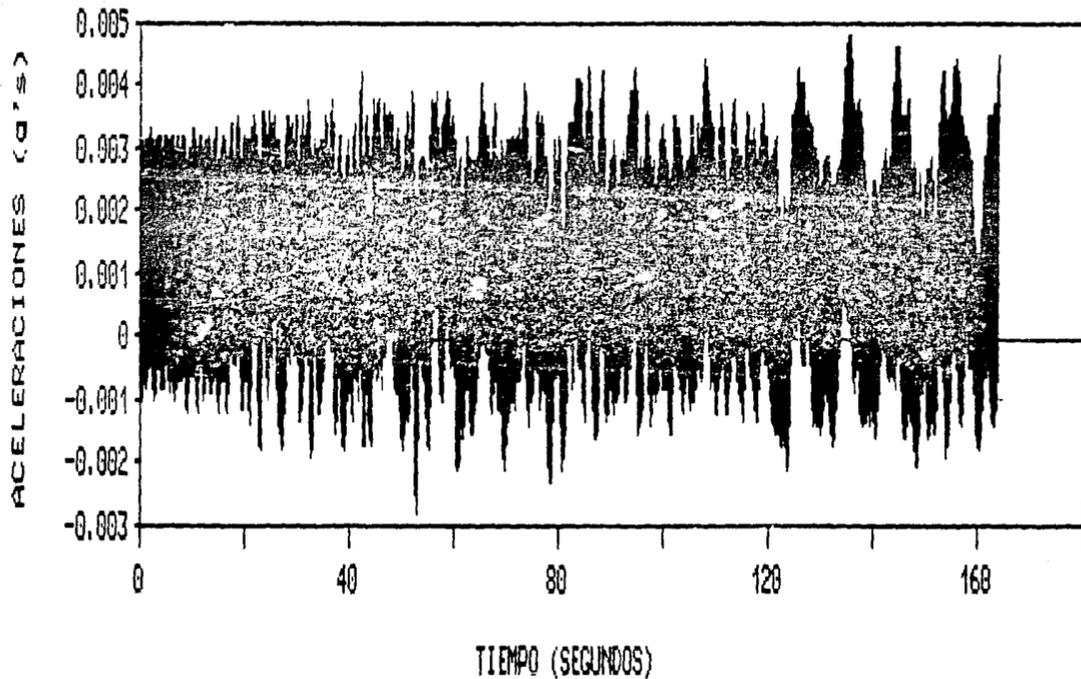
GRAFICA NO. 58
SISMO: SEC. #95 IBERO

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



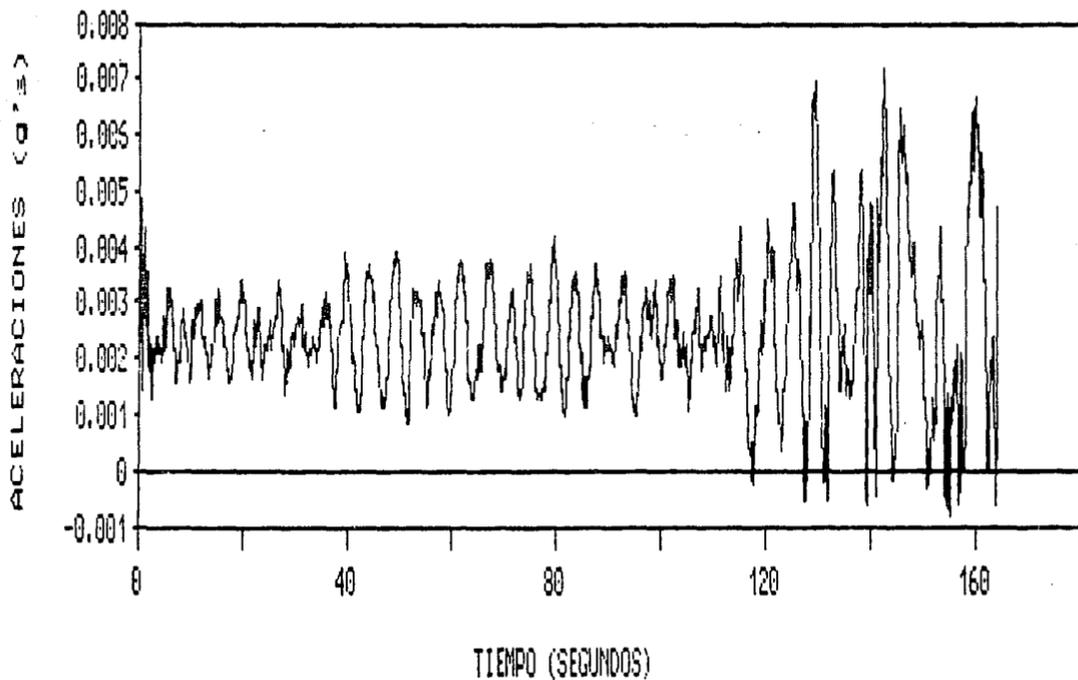
GRAFICA NO. 59
SISMO: SEC. #95 IBERO

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



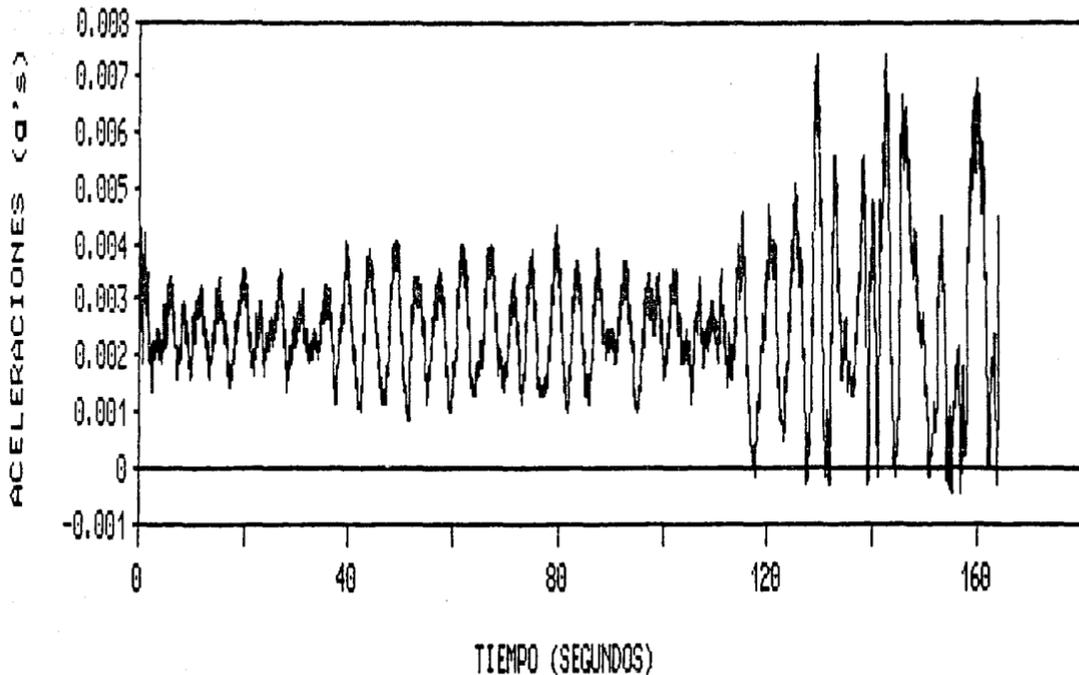
GRAFICA NO. 60
SISMO: SEC. #95 IBERO

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



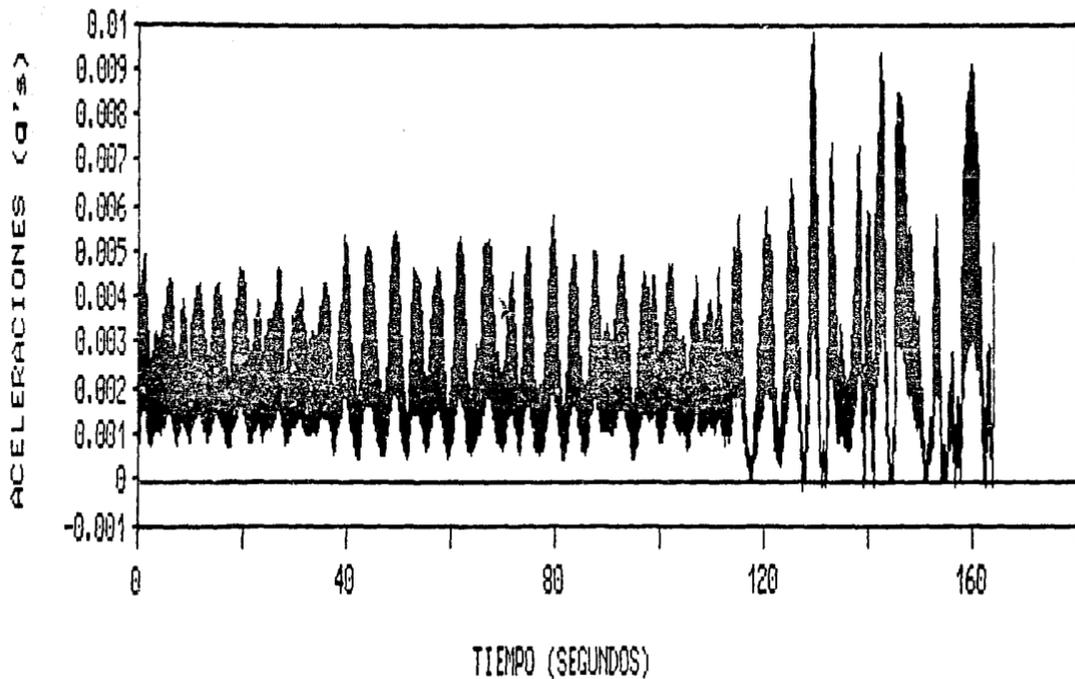
GRAFICA NO. 61
SIGMO: SEC. #23 LIVERPOOL

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



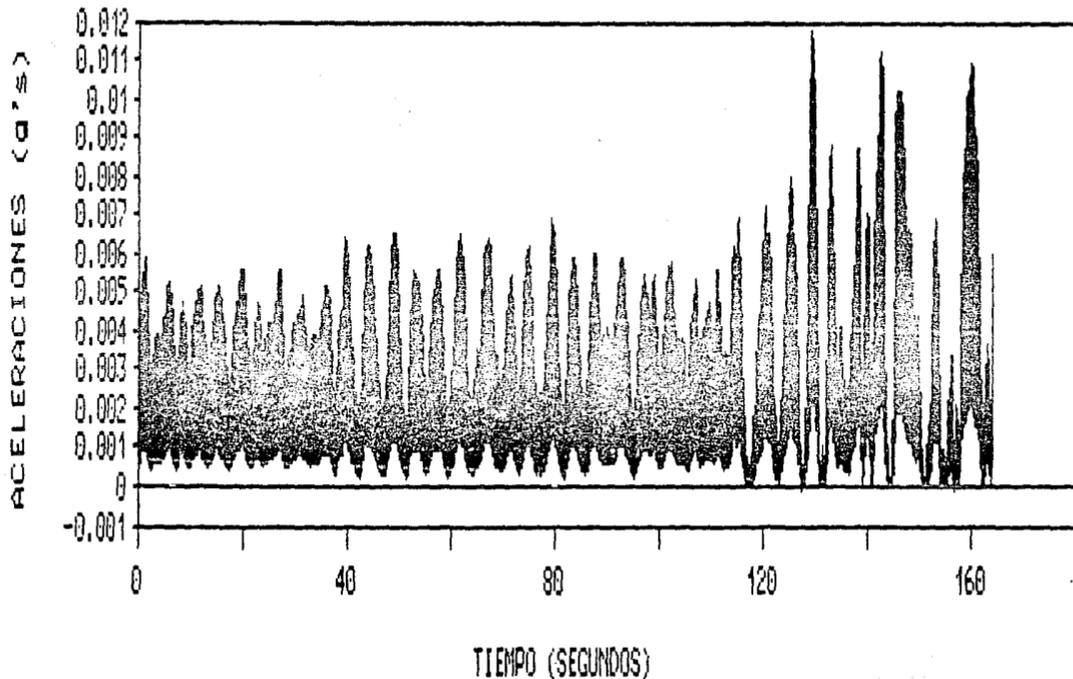
GRAFICA NO. 62
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



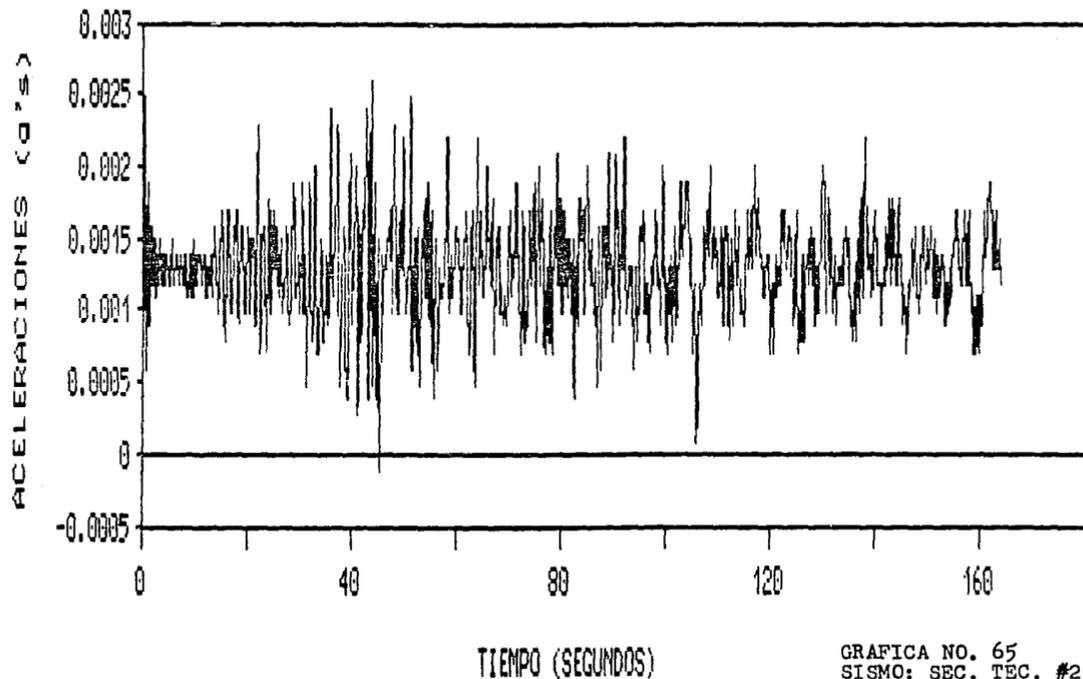
GRAFICA NO. 63
SISMO: SEC. #23 LIVERPOOL

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



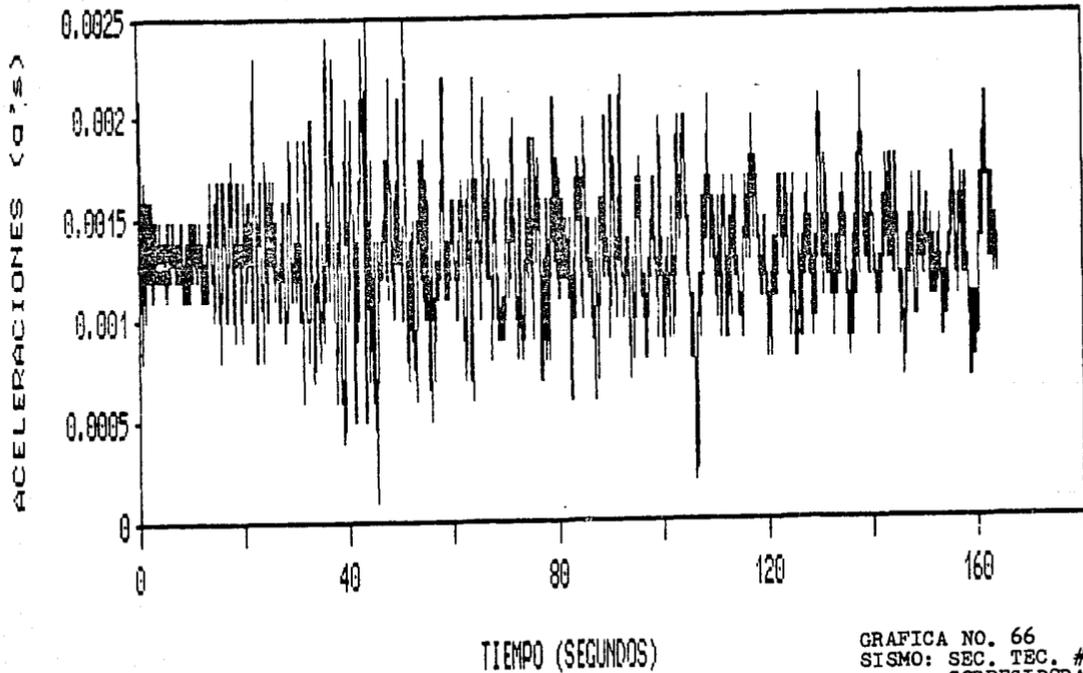
GRAFICA NO. 64
SIG:O: SEC. #23 LIVERPOOL

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



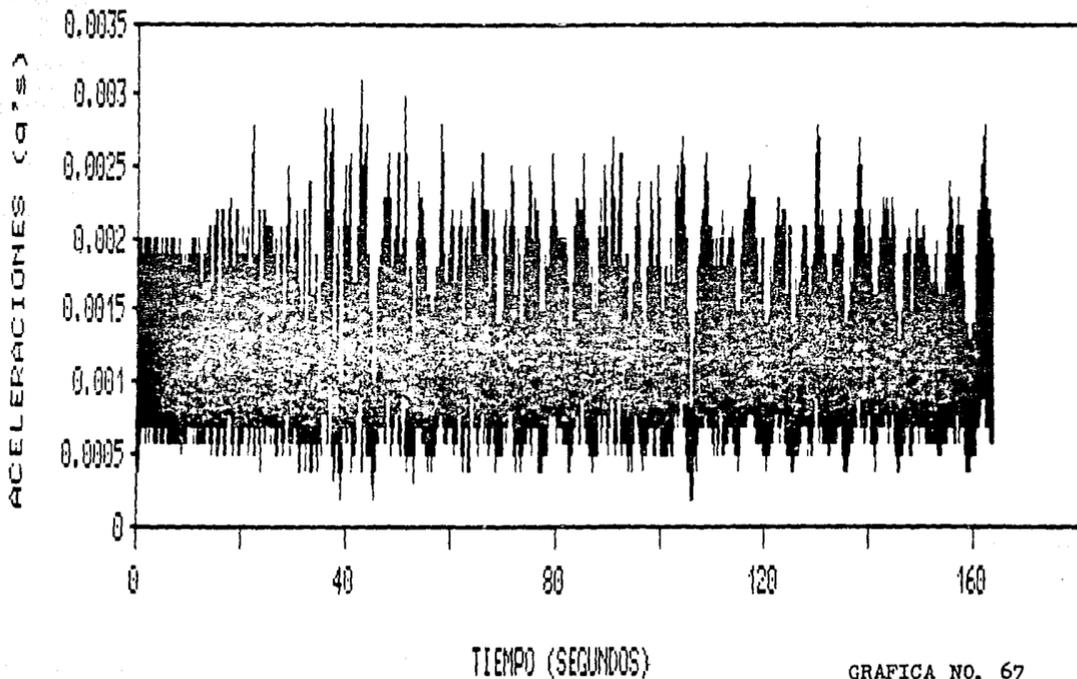
GRAFICA NO. 65
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE CR O.

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



GRAFICA NO. 66
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE QRO.

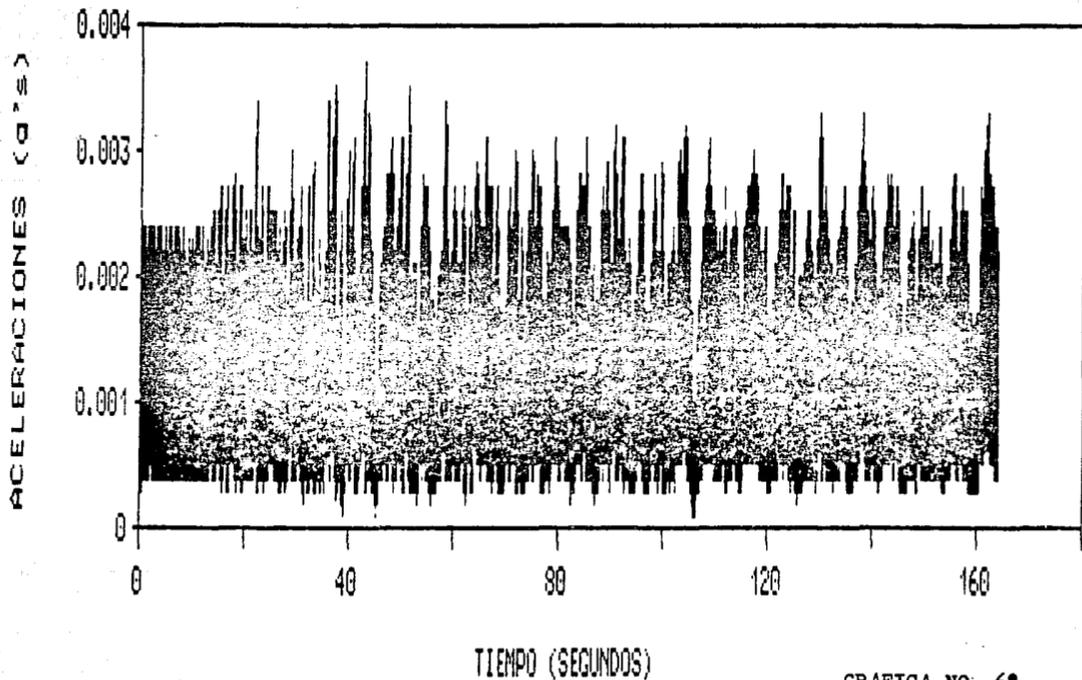
ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



-123-

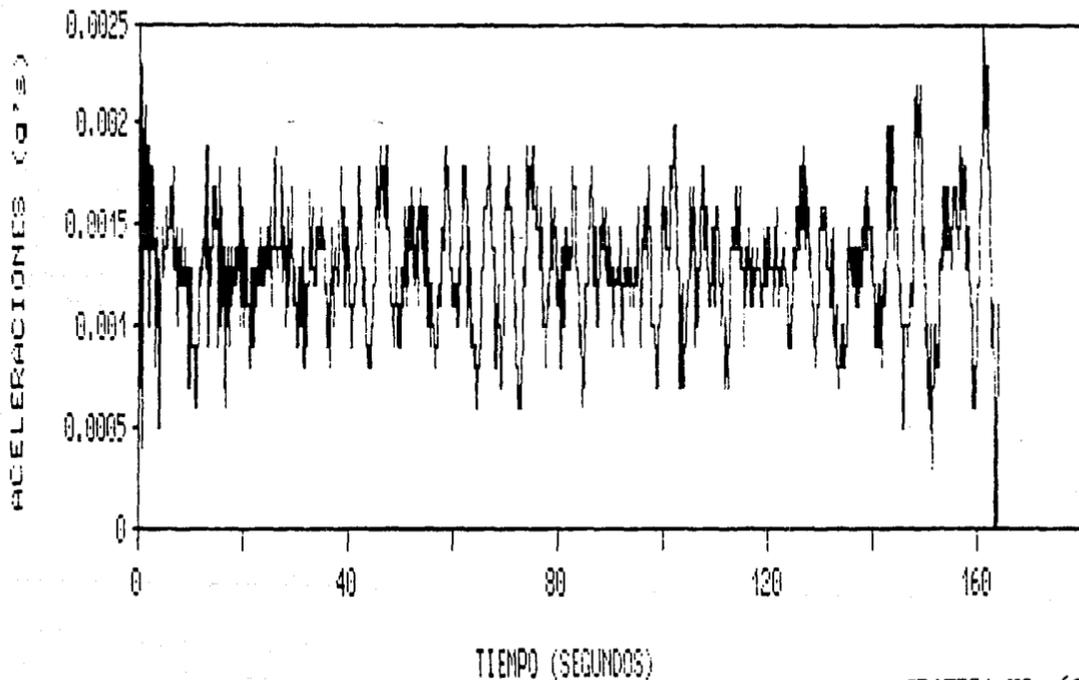
GRAFICA NO. 67
SISMO: SEC. TEC. #2
CORRECTORA DE QRO

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS

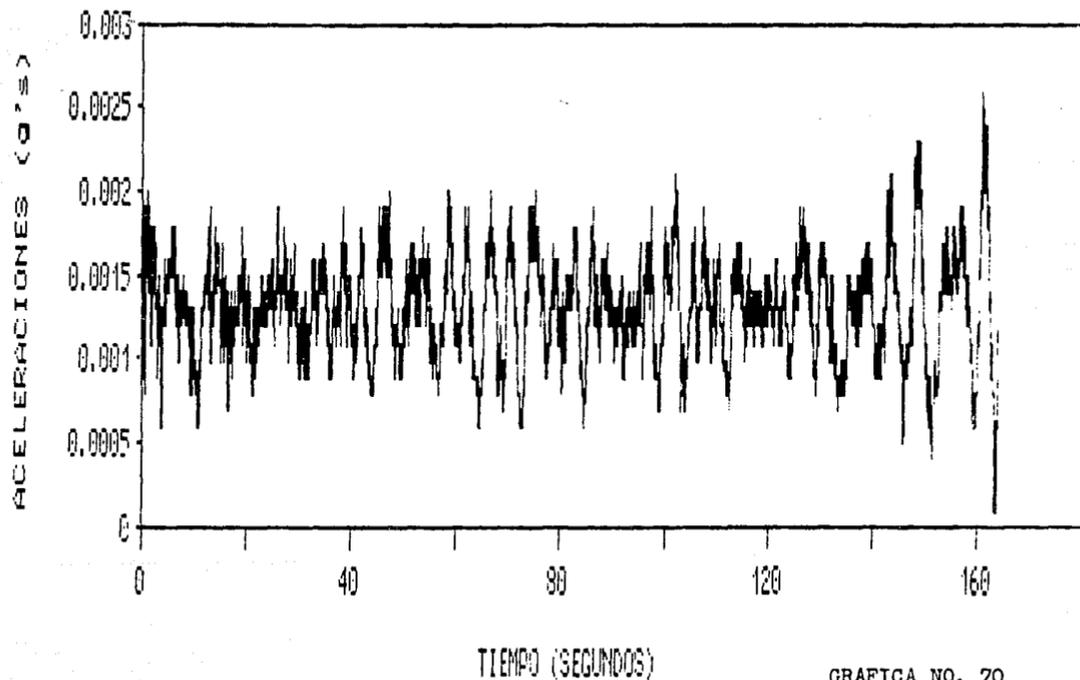


GRAFICA NO. 68
SISMO: SEC. TEC. #2
CORREGIDORA DE QRO.

ACELERACION-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS

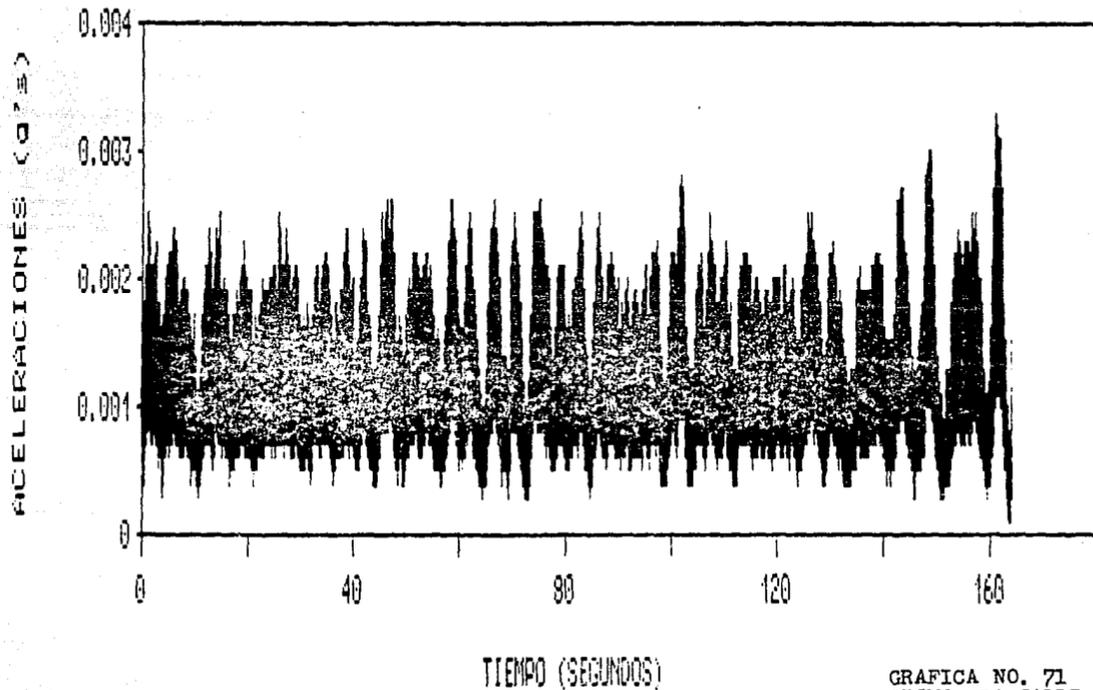


ACELERACION-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA SIN MUROS



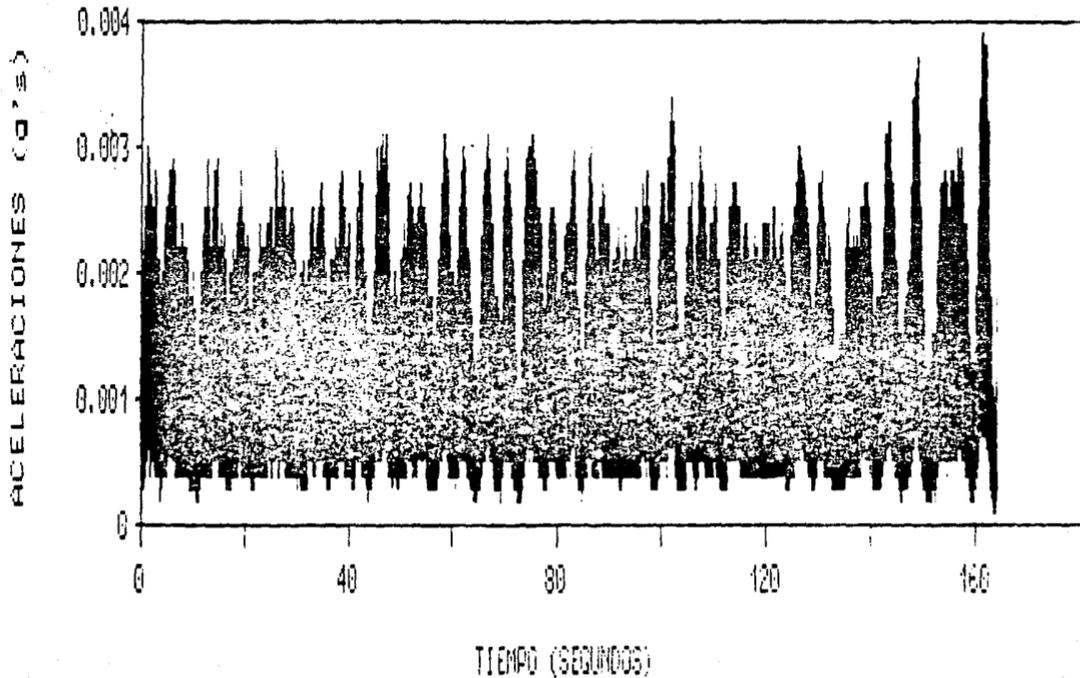
GRAFICA NO. 70
SISMO: LA SALLE

ACELERACIONES-TIEMPO, SEGUNDO NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



GRAFICA NO. 71
SISMO: LA SALLE

ACELERACIONES-TIEMPO, PRIMER NIVEL
ESTRUCTURA CON MUROS



V. CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

El Reglamento de Construcciones para el D.F., junto con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo y las de Estructuras de Concreto, han inducido que diversas estructuras existentes deban modificar su estructuración para resistir fuerzas sísmicas, ya que los espectros de diseño se han incrementado, además de otros cambios que inciden tanto en las condiciones de servicio como en las de seguridad.

No obstante que en general, a nivel nacional se realizan análisis estructurales elásticos y se diseña al límite, los resultados que se han obtenido a la fecha han sido en general satisfactorios ya que según la ref. 13 el número de muertes por falla estructural es 50 veces inferior al producido por incendios en casas habitación y 1050 veces menor a accidentes caseros, lo cual es insignificante al compararse con otras causas de muerte. Las estructuras escolares son consideradas como del grupo A en el RCDF, lo cual provoca que las condiciones de servicio y seguridad sean de especificaciones altas.

Con base en los resultados obtenidos en el capítulo IV, referentes a desplazamientos, cortantes basales, momentos de volteo y aceleraciones ante diversos registros de sismos considerando el análisis inelástico dinámico, se puede concluir que

la estructura incrementa su nivel de servicio 20 veces con el uso de muros de concreto reforzado, tomando como parámetro el desplazamiento provocado por los sismos. El comportamiento de la estructura sin rigidizar es aceptable ya que solamente los niveles de servicio son excedidos en órdenes de alrededor del 30% aproximadamente; además la ductilidad de curvatura demandada es de alrededor de 3.87 para traveses y de 1.1 en columnas. Al comparar los resultados obtenidos con el análisis elástico, se concluye que es elástico el comportamiento de la estructura ante los sismos que no excedan más de 1.5 veces el de SCT.EW.

La demanda de ductilidad mayor se presenta en las cruces extremas del marco, mientras que al introducir el muro de rigidez de concreto reforzado se traslada a las traveses próximas al muro y sobre éste.

El C.A.P.F.C.E. y el D.D.F. han implementado este sistema de rigidización en miles de escuelas, lo cual redundará en un mejoramiento notable del nivel de servicio ofrecido en 20 veces según los resultados obtenidos en el presente estudio, en cuanto a desplazamientos laterales; mientras que por requisitos de seguridad, los elementos mecánicos correspondientes a sismo son absorbidos en un 64% por el muro de concreto reforzado, mientras que el restante 36% es repartido en los miembros restantes, con lo cual la seguridad

se mejora considerablemente.

Con excitaciones sísmicas de baja magnitud, como la del 25 de Abril de 1989, la estructura inclusive no sufre movimiento apreciable en centésimas de centímetro para los ocupantes de escuelas, según se obtuvo en los resultados del capítulo IV, aunque su comportamiento es interesante ya que oscila respecto a una deformación casi permanente de baja magnitud.

Al situarse el Distrito Federal en zona de sismicidad media, y estudios Geofísicos predicen movimientos telúricos de alta magnitud a corto plazo, el prevenir un comportamiento adecuado de las estructuras escolares, clasificadas como Grupo A, es decir, cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas y pérdidas económicas excepcionalmente altas, es de preocupación de las autoridades adecuar sistemas que preserven las instalaciones existentes, y este sistema de rigidización mejora el comportamiento de la estructura notablemente sin modificar su funcionalidad.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. Saiidi, Mehdi y Sozen A., Mete., "Simple and Complex Models for Nonlinear Seismic Response of Reinforced Concrete Structures", University of Illinois, August 1979.
2. López R., Ricardo y Sozen A., Mete., "A Guide to Data Preparation for LARZWD-1.0 and LARZWS-1.0 Computer Programs for Nonlinear Analysis of Planar Reinforced Concrete Structures Incorporating Frame and Walls", January 1988.
3. Wakabayashi, Minoru y Martínez Romero, Enrique., "Diseño de Estructuras Sismorresistentes"., McGraw-Hill, México 1988.
4. Rosenblueth, E., Meli, R., "El sismo del 19 de Septiembre de 1985; sus efectos en la Ciudad de México", Revista IMCYC 180 (Mayo de 1986).
5. "Intensidad de los daños en inmuebles en el Distrito Federal, ocasionado por los sismos de Septiembre de 1985", Departamento del Distrito Federal (Septiembre de 1986).
6. Park, R. y Paulay, T., "Estructuras de Concreto Reforzado", LIMUSA, México 1984.
7. Palacios M., Ricardo, "Estudio de rigidización de una estructura escolar". Tesis, México 1989.

8. "Proyectos de Escuelas, Estructuras Tipo", Publicación interna del C.A.P.F.C.E., México 1981.
9. Horstman Software Design, "The scientific/Multiform Word Processor for the IBM-PC (and compatibles)"., 1986.
10. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Julio de 1987).
11. "Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo", Departamento del Distrito Federal. (Noviembre de 1987).
12. "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto". (Noviembre de 1987).
13. Thaft Christensen, Palle Michael and J. Baker., "Structural Reliability Theory and Its Applications". Springer-Verlay Berlín Heidelberg. Germany 1982.
14. Bernal, Dionisio. "CO-SECOR Comportamiento de Secciones de Concreto Reforzado"., Instituto de Ingeniería U.N.A.M. 1982.
15. Memoria de cálculo de rigidización de la estructura U2-C. Documento de uso interno del C.A.P.F.C.E. México 1988.