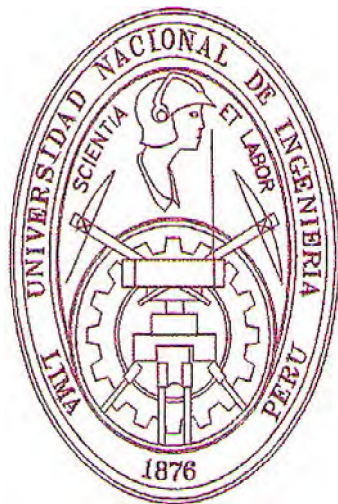


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**GESTIÓN DEL RIESGO: METODOLOGÍA PARA LA  
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE  
EDIFICACIONES DE ADOBE A NIVEL LOCAL**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GESTION DE  
RIESGO DE DESASTRES**

ELABORADO POR

**ISABEL MOROMI NAKATA**

ASESOR

**Dr. CARLOS ZAVALA TOLEDO**

LIMA-PERÚ

2012

Presentado a la Sección de Posgrado  
de la Facultad de Ingeniería Civil  
en cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2012

Autor : Ing. Isabel Moromi Nakata  
Recomendado : Dr. Carlos Zavala Toledo  
Aceptado por : CE. Ing. Francisco Coronado del Aguila

@ 2012; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados

GESTIÓN DEL RIESGO: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad  
sísmica de edificaciones de adobe a nivel local

# GESTION DEL RIESGO: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE ADOBE A NIVEL LOCAL

|  | Pag.       |
|--|------------|
| <b>INDICE</b>  |            |
| <b>RESUMEN</b>   | <b>x</b>   |
| <b>ABSTRACT</b>  | <b>xi</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>xii</b> |
| <br>   |            |
| <b>I MARCO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EDIFICACIONES DE ADOBE</b>          | <b>2</b>   |
| <br>   |            |
| <b>I.1 DISPOSICIONES NORMATIVAS</b>  | <b>2</b>   |
| I.1.1 Reglamento Nacional de Edificaciones   | 2          |
| Norma Técnica de Edificación NTE E-080 ADOBE   |            |
| <br>   |            |
| <b>I.2 METODOLOGÍAS DISPONIBLES PARA DIMENSIONAR LA GESTIÓN DEL RIESGO</b>           | <b>8</b>   |
| I.2.1 La Gestión del riesgo  | 8          |
| I.2.2 Estimación De La Vulnerabilidad De Las Estructuras                             | 10         |
| I.2.2.1 Método indicial de Hirosawa  | 11         |
| I.2.2.2 Método ATC-20 Rapid evaluation safety assessment form                        | 12         |
| I.2.2.3 Método en base a clasificación de edificaciones según sistemas constructivos | 12         |
| I.2.2.4 Método de la densidad de muros   | 13         |
| I.2.2.5 Post-earthquake building safety evaluation procedures                        | 13         |
| I.2.2.6 Japanese guidelines for post-earthquakes damages                             | 13         |
| I.2.2.7 Metodo de Hirosawa modificado  | 14         |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
|             | I.2.2.8 Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings                 | 14        |
|             | I.2.2.9 Método del índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini)                                 | 15        |
| <b>II.-</b> | <b>INFORMACIÓN PARA LA EVALUACION, MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES</b>                       | <b>17</b> |
| <b>II.1</b> | <b>PLANES DE PREVENCIÓN Y ESTUDIOS DE AMENAZAS Y DE VULNERABILIDAD</b>                            | <b>17</b> |
| II.1.1      | Manejo de amenazas naturales para reducir daños   | 17        |
| II.1.2      | Reducción de desastres.   | 19        |
| II.1.3      | Programa de prevención de desastres naturales en América Latina                                   | 21        |
| II.1.4      | Los Desastres naturales y el Desarrollo económico y social de la Región Grau                      | 23        |
| II.1.5      | Las mejores prácticas por el hábitat en el Perú   | 23        |
| <b>II.2</b> | <b>SISMOS, EVALUACIÓN DE DAÑOS Y RECONSTRUCCIÓN</b>   | <b>24</b> |
| II.2.1      | Terremoto de Rioja. 29 de mayo de 1990. Informe Preliminar de las Misiones de Evaluación          | 24        |
| II.2.2      | El Sismo de Moyobamba del 04 de abril de 1991   | 25        |
| II.2.3      | El terremoto de Nasca del 12 de noviembre de 1996   | 26        |
| II.2.4      | Las dramáticas lecciones del Sismo.   | 27        |
| II.2.5      | Nasca, lecciones de un sismo  | 27        |
| II.2.6      | Informe sobre el terremoto del sur del Perú 23 de junio 2001                                      | 28        |
| I.2.7       | Evaluación de daños producidos por el sismo del 25 de setiembre del 2005 en el distrito de Lamas. | 28        |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>II.3</b> | <b>ESTADO DEL ARTE DE LOS MATERIALES Y TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE</b> | <b>29</b> |
| II.3.1      | Informe Técnico. COBE Adobe Estabilizado   | 29        |
| II.3.       | Investigación sobre Vivienda rural.  | 31        |
| II.3.3.     | Vivienda rural en adobe  | 32        |
| II.3.4      | Análisis de muros verticales de adobe  | 34        |
| II.3.5      | Manual para la construcción de viviendas con adobe   | 34        |
| II.3.6      | Folleto Construyendo con Adobe   | 36        |
| II.3.7      | Cartilla El Adobe estabilizado   | 38        |
| II.3.8      | Mejores Viviendas de Adobe   | 38        |
| II.3.9      | Nuevas casas resistentes de Adobe  | 38        |
| II.3.10     | Guía para la construcción con albañilería  | 39        |
| II.3.11     | Técnicas de construcción autóctonas del Perú   | 40        |
| II.3.12     | Buena tierra. Apuntes para el diseño y construcción con adobe                                  | 40        |

|                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO III</b> | <b>DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE ADOBE</b> | <b>42</b> |
| <b>III.1</b>        | <b>SIMULACIÓN DE LA RESPUESTA NO LINEAL DE MUROS DE ADOBE BASADO EN MODELOS BILINEALES</b>                | <b>42</b> |
| <b>III.2</b>        | <b>INFORMACIÓN RECOPIADA DE ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA DE ADOBE</b>   | <b>43</b> |
| III.2.1.            | Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(a)                                      | 44        |
| III.2.2             | Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(b)                                      | 46        |

|  |  |
|--|--|
| III.2.3 Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales                              |  |
| Parte 5(c)   | 48   |
| III.2.4. Construcciones de adobe con refuerzo de eucalipto rollizo                             | 49   |
| <b>III.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN</b>   | <b>51</b>                                  |
| III.3.1 Datos para el Programa NON LIN   | 51   |
| III.3.2 Resultados obtenidos   | 57   |
| III.3.3 Relación periodo de los muros con su distorsión  | 62   |
| III.3.4 Determinación de esfuerzos y densidades de muros                                       | 68   |
| <b>IV METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD<br/>SISMICA DE EDIFICACIONES DE ADOBE</b> | <b>87</b>                                  |
| IV.1 DEFINICIÓN DE INDICADORES   | 87   |
| IV.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA                                       | 88   |
| IV..3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA   | 92   |
| IV.4 VALIDACIÓN  | 96   |
| <b>V.- PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE<br/>EDIFICACIONES DE ADOBE</b>     | <b>102</b>                                 |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>  | <b>105</b>                                 |
| <b>REFERENCIAS</b>   | <b>108</b>                                 |
| <b>ANEXOS</b>  |  |
| ANEXO N° 1   | Datos de los ensayos de muros              |
| ANEXO N° 2   | Registros de sismos                        |
| ANEXO N° 3   | Aplicación del Programa NON LIN al Muro II |
| ANEXO N° 4   | Detalles de edificación típica             |

## LISTADO DE FIGURAS

|             |                                  | Pag. |
|-------------|----------------------------------|------|
| Figura N° 1 | Plantas simétrica y asimétrica   | 3    |
| Figura N° 2 | Ubicación y dimensiones de vanos | 6    |
| Figura N° 3 | Arriostres y refuerzos de muros  | 7    |
| Figura N° 4 | Esquema de ensayo de muros       | 51   |
| Figura N° 5 | Ejemplo de edificación típica    | 69   |
| Figura N° 6 | Esquema de vivienda en Pisco     | 96   |

## LISTADO DE GRÁFICOS

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Gráfico N° 1  | Resistencia a la compresión del adobe vs preparación del barro   | 29 |
| Gráfico N° 2  | Resistencia a la compresión de murete vs Relación h/L  | 30 |
| Gráfico N° 3  | Registro aplicación sismo 3 al muro II   | 55 |
| Gráfico N° 4  | Resultados de aplicación sismo 3 al muro II  | 56 |
| Gráfico N° 5  | Relación Corte-distorsión según reforzamiento  | 57 |
| Gráfico N° 6  | Relación Corte-distorsión según mortero  | 58 |
| Gráfico N° 7  | Relación Corte-distorsión. Muro con mortero de barro sin refuerzo y con caña horizontal cada 3 hiladas | 59 |
| Gráfico N° 8  | Relación corte-distorsión. Muro con mortero de barro sin refuerzo y confinados                         | 60 |
| Gráfico N° 9  | Relación corte-distorsión. Muro con mortero de barro sin refuerzo y confinados con eucalipto           | 60 |
| Gráfico N° 10 | Relación corte-distorsión. Muro confinados con eucalipto con y sin refuerzo de caña.                   | 61 |
| Gráfico N° 11 | Relación periodo-distorsión de los muros.  | 66 |

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Gráfico N° 12 | Relación corte-distorsión según periodo                    | 66 |
| Gráfico N° 13 | Densidad de muros según zona sísmica y tipo de edificación | 84 |

## LISTADO DE CUADROS

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Cuadro N° 1  | Dimensiones, arriostres y refuerzos de muros   | 5  |
| Cuadro N° 2  | Densidad de muros para edificaciones de ladrillo   | 39 |
| Cuadro N° 3  | Características de los muros Parte 5(a)  | 45 |
| Cuadro N° 4  | Resultados de los ensayos de los muros Parte 5(a)  | 46 |
| Cuadro N° 5  | Características de los muros Parte 5(b)  | 46 |
| Cuadro N° 6  | Resultados de los ensayos de los muros Parte 5(b)  | 47 |
| Cuadro N° 7  | Características de los muros Parte 5(c)  | 48 |
| Cuadro N° 8  | Resultados de los ensayos de los muros Parte 5(c)  | 48 |
| Cuadro N° 9  | Características de los muros con refuerzo de eucalipto   | 50 |
| Cuadro N° 10 | Resultados de los ensayos de los muros con refuerzo de eucalipto                                     | 50 |
| Cuadro N° 11 | Datos de los muros para el Programa NON LIN  | 52 |
| Cuadro N° 12 | Identificación de muros  | 54 |
| Cuadro N° 13 | Valores de corte y distorsión de fisuración y máximos  | 57 |
| Cuadro N° 14 | Relación periodo-distorsión  | 62 |
| Cuadro N° 15 | Esfuerzos máximos actuantes y resistentes  | 67 |
| Cuadro N° 16 | Esfuerzos admisibles de los muros  | 72 |
| Cuadro N° 17 | Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 3 y suelo tipo II                                      | 72 |
| Cuadro N° 18 | Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 3 y suelo tipo II Agrupamiento por sistema de refuerzo | 73 |
| Cuadro N° 19 | Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 3 y suelo tipo I                                       | 74 |



|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Cuadro N° 20 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo II                                       | 74 |
| Cuadro N° 21 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo II Agrupamiento por sistemas de refuerzo | 75 |
| Cuadro N° 22 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo I  | 76 |
| Cuadro N° 23 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo I Agrupamiento por sistemas de refuerzo  | 76 |
| Cuadro N° 24 | Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 2 y suelo tipo II   | 77 |
| Cuadro N° 25 | Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 2 y suelo tipo I  | 78 |
| Cuadro N° 26 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 2 y suelo tipo II                                       | 78 |
| Cuadro N° 27 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 2 y suelo tipo II Agrupamiento por sistemas de refuerzo | 79 |
| Cuadro N° 28 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 2 y suelo tipo I  | 80 |
| Cuadro N° 29 | Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 1 y suelo tipo II   | 80 |
| Cuadro N° 30 | Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 1 y suelo tipo I  | 81 |
| Cuadro N° 31 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 1 y suelo tipo II                                       | 82 |
| Cuadro N° 32 | Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 1 y suelo tipo I  | 82 |
| Cuadro N° 33 | Densidad de muros   | 83 |
| Cuadro N° 34 | Densidad de muros Vivienda (PUCP)   | 85 |
| Cuadro N° 35 | Densidad de muros Edificio público (PUCP)   | 85 |

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| Cuadro N° 36 | Vulnerabilidad en base a Norma E-080 ADOBE           | 89  |
| Cuadro N° 37 | Propuesta de valoración de la vulnerabilidad sísmica | 91  |
| Cuadro N° 38 | Ficha de evaluación                                  | 94  |
| Cuadro N° 39 | Cuadro de evaluación                                 | 95  |
| Cuadro N° 40 | Ficha de evaluación vivienda original                | 97  |
| Cuadro N° 41 | Ficha de evaluación vivienda reforzada               | 98  |
| Cuadro N° 42 | Cuadro de evaluación vivienda original               | 99  |
| Cuadro N° 43 | Cuadro de evaluación vivienda reforzada              | 100 |

### **Listado de Fotografías**

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| Fotografía N° 1 | Vivienda reforzada en Pisco luego del sismo de 2007 | 96 |
|-----------------|---|----|

## RESUMEN

Las amenazas no existen como elementos analizables sin referencia a la sociedad. La amenaza asume tal característica cuando se establece una relación con un conjunto humano vulnerable. En otras circunstancias, el sismo, la inundación o el tsunami son fenómenos físicos, que podrían asumir la condición de amenaza si se establece la posibilidad de daño sobre un segmento de la sociedad.

La vulnerabilidad es el nivel de daño que se podría producir en ella y en el caso de las edificaciones, hablamos de la vulnerabilidad de las estructuras.

Existen diversas metodologías para estimar la vulnerabilidad de las estructuras. El resultado de estos estudios es un índice de daño que caracteriza la degradación que sufriría una estructura de una tipología estructural dada, sometida a la acción de un sismo de determinadas características.

En el Perú, más del 60% de las viviendas están construidas con tierra, la mayor parte de ellas con adobe por autoconstrucción, sin considerar los requisitos establecidos en las Normas vigentes.

Este tipo de edificaciones han mostrado alta vulnerabilidad ante los sismos, lo que hace urgente su evaluación para tomar medidas preventivas y éstas pueden ser aplicadas con mayor eficacia en el nivel local (distrital o provincial)

El presente estudio propone una Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones de adobe, basada en la identificación de las características dimensionales y de reforzamiento de los muros.

Para ello se tomaron datos de ensayos de muros de diferentes características aplicándoseles el Programa NonLin (Programa de simulación sísmica desarrollado por Virginia Tech - FEMA), con el registro de 10 sismos peruanos y se determinó el esfuerzo de fisuración y máximo (de falla o al 0.005 de distorsión), para cada uno de los muros, definiéndose sus esfuerzos admisibles.

Se realizó el cálculo de los esfuerzos producidos en una edificación modelo por sismos de acuerdo a la Norma de adobe vigente, estableciéndose las densidades mínimas necesarias para viviendas y edificaciones públicas sin refuerzo y con los diferentes tipos de refuerzo, de acuerdo a los esfuerzos admisibles definidos.

Con estos resultados, se establece un procedimiento simple para la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones de adobe, determinando las dimensiones de la edificación, el tipo de mortero y de reforzamiento, y calculando las relaciones dimensionales de los muros de acuerdo a la Norma vigente y las densidades de muros las que se comparan con las mínimas establecidas.

## ABSTRACT

To study the natural hazards it is needed the analysis of the affected society. The hazard takes this feature when a relationship with a vulnerable human group and the infrastructure is on risk.

A key of the evaluation of earthquakes effects against housing is the prediction of the vulnerability of the structures. Here, the vulnerability is a damage index which characterizes the degradation on the resistant system would suffer the structure for a given structure type, subject to the action of an earthquake of certain characteristics.

In this study a simple methodology based on identifying the dimensions and reinforcement of the walls is proposed, to define dimensional relationships of walls and minimum wall densities for different types of buildings.

To compute earthquake response on buildings, test data were taken from walls of different characteristics, to establish a collection of skeleton curves and apply them with the program NONLIN (earthquake response simulation tool development by Virginia Tech - FEMA). A collection of ten Peruvian earthquakes were used and determined cracking and maximum displacement and shear demands.

Estimations were made of earthquake shear stress in a building model, according to the existing adobe standard, establishing minimum densities needed for homes and public buildings without reinforcement and with different types of reinforcement, according to its allowable stress

This research provides a simple procedure for assessing the vulnerability of buildings, determining the appropriate dimensions of the building, the type of mortar and reinforcement and calculating dimensional relationships of the walls according to the current standard and all density comparing with minimal set.

## INTRODUCCIÓN

Los eventos o fenómenos físicos naturales se convierten en amenazas cuando se establece una relación con un conjunto humano vulnerable.

Se considera que el nivel adecuado para el estudio de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos, es el nivel local (distrital o provincial), particularmente si el interés es discernir medidas concretas para resolver los problemas existentes.

El riesgo no puede considerarse solamente de forma “objetiva”, porque puede estar sujeto a múltiples interpretaciones, visto desde la perspectiva de actores sociales distintos, por lo que deben ser tomadas en cuenta si se desea encontrar soluciones factibles y eficaces para los problemas reales o aparentes que se presenten.

El riesgo es el concepto fundamental en el análisis y no el desastre. La reducción de los desastres requiere un conocimiento profundo de las formas en que el riesgo se construye por parte de los actores de la sociedad, por lo que es necesario el concurso de diversas disciplinas y no solamente de las relacionadas con los fenómenos físicos. (Ref 27)

Este enfoque multidisciplinario es el que está recibiendo cada vez más el consenso de las personas e instituciones involucradas no solo en la gestión del riesgo y la prevención y mitigación de desastres, sino también en las relacionadas con el desarrollo integral de la sociedad y la preservación del medio ambiente.

En el presente estudio se considera como nivel local, el distrital o provincial, teniendo presente su cercanía a la población y con ello la posibilidad de aplicar más eficazmente las medidas preventivas.

Por otro lado, dada la magnitud del problema (numerosas edificaciones de adobe autoconstruidas) y la falta de recursos y equipos técnicos para la aplicación de las metodologías de evaluación existentes, hace necesario desarrollar metodologías que puedan ser aplicadas por personal local con un mínimo de capacitación y que permita tener una visión general de la localización de los sectores críticos a los que se deba derivar una atención más especializada y elaborar propuestas de prevención y mitigación acorde con las posibilidades de la localidad.

En el capítulo I se presenta el marco teórico que incluye las normas y las metodologías disponibles, en el capítulo II se presenta información sobre la gestión del riesgo de desastres y sobre el estado del arte de la construcción con adobe, en el capítulo III se definen los parámetros para estimación de la vulnerabilidad, en el capítulo IV se presenta la metodología propuesta para realizarla y finalmente se dan las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO I**

# **Marco teórico para la gestión del riesgo en edificaciones de adobe**

---

## CAPÍTULO I.- Marco teórico para la gestión del riesgo en edificaciones de adobe

En este Capítulo se presenta las disposiciones normativas, específicamente la Norma de adobe del Reglamento nacional de edificaciones; y una descripción de las metodologías disponibles para la evaluación de la vulnerabilidad de construcciones existentes,

La mayoría se refieren a edificaciones de concreto y a edificaciones de ladrillo y sólo existe una mención muy general a edificaciones de adobe.

Se han realizado numerosos estudios sobre el adobe en los últimos 40 años, en el Perú y en otros países y se han elaborado diversas propuestas de Normas orientadas a nuevas edificaciones, a evaluaciones de daños después de los sismos y propuestas de reforzamiento, pero no se ha encontrado propuestas de evaluación de edificaciones existentes, salvo la de la verificación estructural en base a las Normas vigentes, lo que requiere el concurso profesional de un Ingeniero civil.

### I.1 Disposiciones normativas

#### I.1.1 Reglamento nacional de edificaciones

El Reglamento Nacional de Edificaciones es el dispositivo legal que regula el Diseño y la Construcción de las edificaciones del país y su cumplimiento es obligatorio para el otorgamiento de las Licencias de construcción.

Fue aprobado mediante el Decreto Supremo N° 011-2006 - Vivienda y su actualización se realiza a través de Comités Técnicos convocados por SENCICO y propuestas al Ministerio de Vivienda para su aprobación.

Forman parte del Reglamento las Normas de Urbanismo, Arquitectura, Estructuras, Infraestructura sanitaria para poblaciones urbanas, Instalaciones Sanitarias para edificaciones e Instalaciones Electromecánicas.

En cada una de ellas se dan requisitos mínimos para el diseño, construcción y mantenimiento con criterios de seguridad y funcionalidad.

La Norma Técnica de Edificación **NTE E. 080 ADOBE** fue aprobada por Resolución Ministerial N° 504-99-MTC/15.04 del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

El objetivo del diseño, que propone la Norma Técnica de construcción con albañilería de adobe, es proyectar edificaciones de interés social y bajo costo que resistan las acciones sísmicas, evitando la posibilidad de colapso frágil de las mismas.

Las construcciones de adobe se limitaran, de acuerdo a la Norma, a un piso en la zona sísmica 3 y a dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1 definidas en la NTE E. 030 Diseño Sismorresistente.

Presentamos a continuación los aspectos más relevantes:

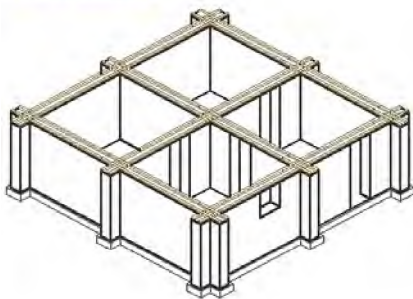
En relación al **Adobe**, se indica lo siguiente:

- Para adobes rectangulares el largo será aproximadamente el doble del ancho.
- La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1
- En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

En relación a la **Estructuración**:

- Considerar suficiente longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes
- Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada. Ver Figura N° 1

[Planta Simétrica](#)



[Planta Asimétrica](#)

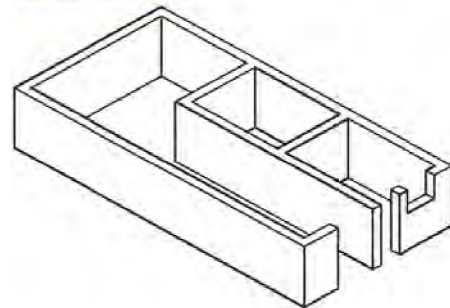


Figura N° 1.- Plantas simétrica y asimétrica

Fuente: Cartilla Construyendo con adobe mejorado. SENCICO 2006



Esta disposición tiene como objetivo evitar concentraciones de esfuerzos debidas a excentricidades en planta.

En relación a la **Protección:**

La humedad y la erosión producidas en los muros, son las principales causantes del deterioro de las construcciones con tierra, siendo necesaria su protección a través de:

- Recubrimientos resistentes a la humedad
- Cimientos y sobrecimientos que eviten el contacto del muro con el suelo
- Veredas perimetrales
- Aleros
- Sistemas de drenaje adecuados

El **Sistema estructural** de las construcciones de adobe está compuesto de:

- Cimentación
- Muros
- Elementos de arriostre horizontal
- Elementos de arriostre vertical
- Entrepiso y techo
- Refuerzos

En relación a la **Cimentación:**

- Los cimientos para los muros deberán ser de concreto ciclópeo o albañilería de piedra.
- El sobrecimiento deberá ser de concreto ciclópeo o albañilería de piedra asentada con mortero tipo I (Mortero de suelo y algún aglomerante como cemento, cal o asfalto) y tendrá una altura que sobresalga como mínimo 20 cm sobre el nivel del suelo.

En relación a los **Muros:**

- Las unidades de adobe se dispondrán en hiladas sucesivas considerando traslapes.

- El espesor de los muros se determinará en función de la altura libre de los mismos y la longitud entre arriostres verticales será 12 veces el espesor del muro.
- Las dimensiones, arriostres y refuerzos de muros se presentan en el Cuadro N° 1 en función de la esbeltez, definida como la relación entre la altura del muro y su espesor.

Cuadro N° 1.- Dimensiones, arriostres y refuerzos de muros

| Esbeltez *<br>h/e       | Arriostres y Refuerzos<br>obligatorios   | Espesor mínimo<br>Muro e (m) | Altura máxima<br>Muro h (m) |
|-------------------------|--|------------------------------|-----------------------------|
| $\lambda \leq 6$        | Solera   | 0.40 – 0.50                  | 2.40 – 3.00                 |
| $6 \leq \lambda \leq 8$ | Solera + elementos de refuerzos horizontales y verticales en los encuentros de muros       | 0.30 – 0.50                  | 2.40 – 4.00                 |
| $8 \leq \lambda \leq 9$ | Solera + elementos de refuerzos horizontales y verticales en toda la longitud de los muros | 0.30 – 0.50                  | 2.70 – 4.50                 |

\*En casos especiales podrá ser mayor de 9 pero menor de 12, siempre y cuando se respalde en un estudio técnico que considere refuerzos que garanticen la estabilidad de la estructura.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. NTE 080 ADOBE

Estas disposiciones tienen como objetivo asegurar un buen comportamiento de los muros frente a cargas perpendiculares a su plano.

En general los vanos deberán estar preferentemente centrados. El borde vertical no arriostrado de puertas y ventanas deberá ser considerado borde libre.

El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro, como se muestra en la Figura N° 2

Se exceptúa la condición de 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostrado al extremo.

Estas disposiciones están orientadas a evitar zonas débiles en los muros, evitando aberturas cerca de esquinas y encuentros de muros.

Ancho máximo de puertas y ventanas

$$b \leq L/3$$
$$3e \leq b \leq 5e$$

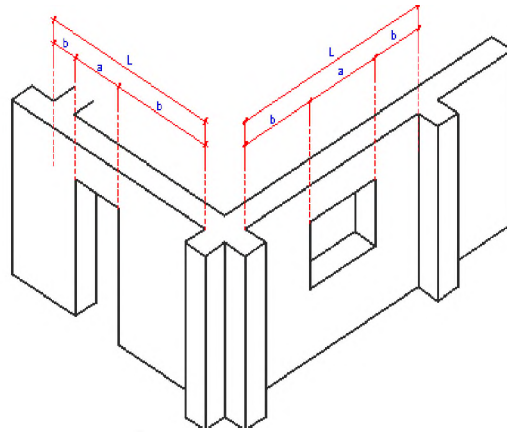


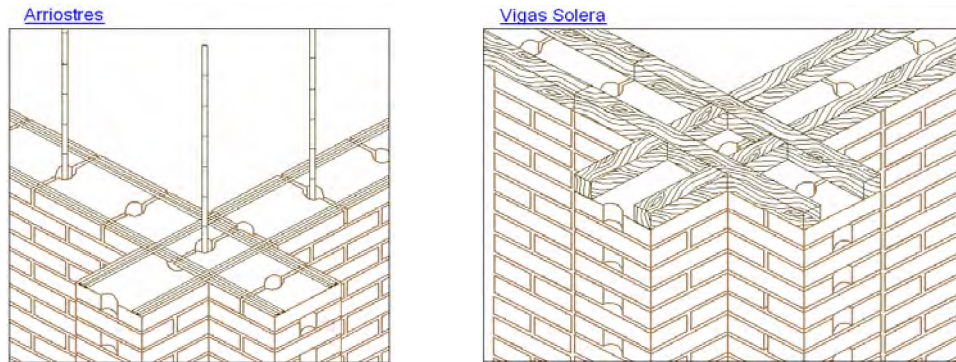
Figura N° 2.- Ubicación y dimensiones de vanos

Fuente: RNE Norma E-080 ADOBE

En relación a los **Elementos de arriostre:** (Ver Fig. N° 3)

- Los arriostres verticales serán muros transversales o contrafuertes especialmente diseñados.
- Para que un muro o contrafuerte se considere como arriostre vertical tendrá una longitud en la base, mayor o igual que tres veces el espesor del muro que se desee arriostrear.
- Puede usarse como elementos de arriostre vertical, refuerzos especiales como caña, madera o similares, malla de alambre y columnas de concreto armado.
- Los arriostres horizontales son elementos o conjunto de elementos que poseen una rigidez suficiente en el plano horizontal para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros.
- Los elementos de arriostre horizontal más comunes son los denominados viga collar o solera. Estas pueden ser de madera o en casos especiales de concreto. Ver Figura N°3
- La caña, madera o similares, se utilizan en tiras colocadas horizontalmente cada cierto número de hiladas. Podrán usarse en los encuentros y esquinas de los muros o en toda la longitud de los muros.
- Se colocarán como refuerzos verticales, ya sea en un plano central entre unidades de adobe o en alvéolos de diámetro mínimo 5 cm, dejados en los adobes. Ver Figura N° 3

- Se puede usar malla de alambre, como refuerzo exterior aplicado sobre la superficie del muro y anclado adecuadamente a él.
- La utilización de columnas de concreto armado como confinamiento de muros de adobe debe utilizarse en casos en que el espesor del muro no exceda de 25 cm y se utilice mortero con cemento para unir los adobes.



**Figura N° 3.- Arriostres y refuerzos de muros**

Fuente: Elaboración propia

En la figura n° 3 se observa las mochetas en las esquinas y el refuerzo vertical y horizontal de caña, así como la viga collar de madera. El cruce de los muros y la viga collar en las esquinas, permite una mejor unión en las esquina.

#### **En relación a los techos:**

- Los techos deberán en lo posible ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad de muros, evitando concentraciones de esfuerzos y deberán estar adecuadamente fijados a los muros a través de la viga solera.

Para fines de diseño la Norma considera los siguientes esfuerzos:

- Resistencia a la compresión de la unidad 12 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la compresión de la albañilería 2 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la compresión por aplastamiento 2.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia al corte de la albañilería 0.25 kg/cm<sup>2</sup>

## I.2 Metodologías disponibles para dimensionar la gestión del riesgo

Primeramente se presenta una descripción de la Metodología para dimensionar la Gestión del riesgo del Banco Interamericano de Desarrollo y varias propuestas para estimar la vulnerabilidad de las edificaciones, que forma parte de la Gestión del riesgo.

Como se indicó anteriormente, la mayoría se refieren a edificaciones de concreto, algunas a edificaciones de ladrillos y sólo una mención general a construcciones de adobe.

### I.2.1 La gestión del riesgo

Para el dimensionamiento relativo de la **Gestión del Riesgo** (BID, 2004) se presenta una metodología utilizando Indicadores a nivel nacional “transparentes, representativos y robustos, de fácil comprensión por parte de los responsables de formular políticas públicas a nivel nacional, que pueda aplicarse en forma periódica y que permita la agrupación y comparación entre países” y que sean “factibles, que reflejen la vulnerabilidad y la efectividad de las políticas públicas de reducción de riesgos”

Se propone “cuatro componentes o índices compuestos “que “ intenta reflejar los principales elementos que representan la **vulnerabilidad y el desempeño de cada país** en materia de **gestión de riesgos**”.

- a) “El primer componente del sistema de indicadores refleja el riesgo del país en términos macroeconómicos y financieros ante eventos catastróficos probables” A este primer componente se le ha denominado: índice de Déficit por Desastre, IDD
- b) “El segundo componente intenta capturar la problemática de riesgo social y ambiental que se deriva de los eventos frecuentes menores que afectan de manera crónica el nivel local” especialmente “a los estratos socio económicos más frágiles” : A este componente se le ha denominado: Índice de desastres locales, IDL.
- c) “El tercer componente está constituido por una serie de indicadores que caracterizan las condiciones prevalentes de vulnerabilidad del país en términos de exposición en áreas

propensas, fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia social en general” A este indicador se le denomina: “Índice de vulnerabilidad prevalente, IVP

- d) “El cuarto componente del sistema corresponde a un conjunto de indicadores relacionados con la **capacidad de gestión de riesgos** del país, que reflejan su organización, desarrollo y acción institucional para reducir la vulnerabilidad, reducir las pérdidas, prepararse para responder en caso de crisis y de recuperarse con eficiencia.” A este cuarto componente se le denomina: “**Índice de gestión de Riesgo: IGR**”

En este caso, se considera con mayor detalle el Cuarto Componente: **Índice de Gestión de Riesgo: IGR** que es el que se vincula directamente con el tema de Estudio.

Este índice, de acuerdo a la propuesta “se obtiene de la adición de cuatro subíndices de gestión de riesgo que representan cuatro políticas públicas: identificación del riesgo RI, reducción del riesgo RR, manejo de desastres DM y protección financiera (transferencia de riesgo) y gobernabilidad FP.

De estos cuatro subíndices, se considera el segundo: reducción del riesgo RR, el que a su vez incluye una serie de indicadores:

- RR1 “Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación urbana
- RR2 Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental
- RR3 Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos
- RR4 **Mejoramiento de vivienda** y reubicación de asentamientos de áreas propensas
- RR5 **Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción**
- RR6 **Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados”**

El tema de estudio está enmarcado en la mejora de los indicadores RR en los aspectos de Mejoramiento de vivienda RR4, Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción RR5 y en los aspectos de Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de edificaciones públicas y privadas RR6, en el nivel local.

### I.2.2 Estimación de la vulnerabilidad de las estructuras

Existen diversas metodologías para estimar la vulnerabilidad de las estructuras. El resultado de los estudios de vulnerabilidad es un índice de daño que caracteriza la degradación que sufriría una estructura de una tipología estructural dada, sometida a la acción de un sismo de determinadas características. (Kuroiwa, 1990)

Para la determinación de la vulnerabilidad estructural existen métodos de análisis cualitativos y cuantitativos de distinto grado de complejidad, en concordancia con el objetivo de cada estudio.

Los métodos cualitativos utilizan características generales de la estructura para calificarla. Generalmente están asociados a índices globales relacionados con el comportamiento de estructuras existentes, que permiten identificar el riesgo en términos generales y en algunos casos el nivel de daño. Entre estos, se puede mencionar los propuestos por Hirosawa, Gallegos y Ríos, Meli, Astrosa et al y Shiga.

Los métodos cuantitativos se basan en análisis que no por exhaustivos son necesariamente más precisos. Son ampliaciones de los procedimientos de análisis y diseño antisísmico recomendados por las normas modernas. (Boroschek, Astrosa, Osorio y Kausel, 1996)

Se puede también clasificar los métodos como Método empírico ó Método teórico:

**Método empírico:** Se basa en la relación del daño producido en estructuras por sismos anteriores. Los diferentes diseños, construcciones y factores locales del suelo generan relaciones empíricas basadas en la experiencia, debidamente tratada y validada.

**Método teórico:** Se basa en modelos matemáticos que considera las características dinámicas de la estructura. Este método relaciona los

parámetros usados en el diseño sísmico con los estructurales y de daños. (Salazar, 1998)

Actualmente existen métodos sofisticados para el estudio del comportamiento sísmico de estructuras mediante análisis complejos como son los análisis no lineales utilizando registros reales o simulados, análisis por elementos finitos tridimensionales, análisis dinámicos considerando propiedades inciertas, análisis que consideran efectos de segundo orden, en los que se involucra una cantidad de operaciones matemáticas importantes.

Sin embargo utilizar tales métodos para evaluar el riesgo sísmico en zonas urbanas, tendría costos muy elevados por lo que se recurre a métodos simplificados que permite obtener resultados adecuados.

Las normas de diseño sísmico de las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, ya presentadas, incluye una metodología para determinar tanto las acciones sísmicas, como la resistencia sísmica de las edificaciones según el material utilizado, pero están orientadas básicamente al diseño de edificaciones nuevas.

En esta sección se presenta algunas metodologías para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones, como referencia y sustento de la necesidad de proponer una Metodología adecuada a la realidad del país, en cuanto al sistema constructivo de mayor utilización en las viviendas, la construcción con adobe, y en relación a la real posibilidad de su aplicación, considerando las limitaciones de recursos, especialmente en lo referente a los recursos humanos especializados en el tema.

#### I.2.2.1 Método indicial de Hirosawa (Hirosawa 1992)

El Índice sísmico de edificaciones está representado por dos índices:

- El índice sísmico de la estructura y
- El índice sísmico de los elementos no estructurales

El Método tiene tres niveles y su exactitud aumenta con el nivel



El índice sísmico se relaciona con un índice del comportamiento estructural, con un índice de excitación de la onda sísmica, un índice de forma-rigidez y un índice de deterioro en el tiempo.

El índice de comportamiento estructural se calcula como función de secciones de placas y columnas y el índice de forma-rigidez y de deterioro en el tiempo, son funciones del índice de comportamiento estructural.

Este método está dirigido a ser utilizado por Ingenieros estructurales

#### I.2.2.2 Método ATC-20 rapid evaluation safety assessment form (Apply technology council, 2005)

Formato de evaluación rápida, con estimado de daños producidos en las edificaciones luego de un sismo.

La evaluación se basa en la inspección y en base al porcentaje de daños observados.

Como se indica, es una evaluación después de un sismo y no para ser estimar la vulnerabilidad de edificaciones existentes.

#### I.2.2.3 Método en base a clasificación de edificaciones según sistemas constructivos (Astrosa, Moroni y Dupler, 1993))

Este método se basa en la clasificación de las edificaciones según el sistema constructivo. Así por ejemplo, se clasifica como muy débiles las construcciones de adobe, tapial y piedra con barro; como sísmicamente muy débiles las construcciones de albañilería simple de ladrillo o bloques sin refuerzos; construcciones livianas y normales y construcciones sismo-resistentes.

Este método es un método cualitativo que no nos permite definir la vulnerabilidad de las edificaciones.

#### I.2.2.4 Método de la densidad de muros (CISMID, 2005)

Este método evalúa la densidad de muros, en función del área de muros en cada dirección y el área de la construcción. Se compara con densidades de muro consideradas apropiadas, según estudios e investigaciones realizados.

Este método puede ser empleado por personal no profesional, considerando que los parámetros que se utilizan (el área de construcción y el área de los muros), puede ser determinados con relativa facilidad.

Para ello es necesario definir las densidades de muros apropiadas para el tipo de edificación que se analice y el riesgo sísmico al que esté expuesto.

#### I.2.2.5 Post-earthquake building safety evaluation procedures (New Zealand society for earthquake engineering, 2005)

Metodología de evaluación post sismo que incluye una Inspección general, una evaluación rápida y una evaluación detallada.

Es una evaluación después de un sismo y sus conclusiones pueden ser muy generales en el caso de la evaluación rápida, o muy específicas y detallada en el segundo caso, requiriéndose para éste, el concurso profesional de un ingeniero.

#### I.2.2.6 Japanese guidelines for post-earthquakes damage (Nakano, Maeda, Kuramoto, Murakami, 2004)

Presenta procedimientos para la inspección de emergencia y evaluación y para la clasificación de daños y criterios de restauración.

Similar al anterior y orientada a edificaciones de concreto armado.

#### I.2.2.7 Método de Hirosawa modificado (Boroschek, Astrosa, Osorio y Kausel, 1996)

Para evaluaciones a nivel preliminar, se presenta el método de Hirosawa modificado, introduciendo algunos cambios para adaptarlo a las tipologías y materiales constructivos utilizados en los países latinoamericanos.

En este método, la vulnerabilidad estructural se determina comparando la capacidad resistente, relaciones de forma, mantenimiento y daños anteriores de la edificación, con el nivel de sollicitación demandado por los sismos, considerando las condiciones de sitio.

La comparación se hace entre el índice  $I_s$ , que representa la resistencia del edificio y el índice  $I_{so}$  que representa la resistencia demandada y la edificación es segura sísmicamente cuando  $I_s$  es mayor que  $I_{so}$ .

Este método está orientado a ser utilizado por Ingenieros estructurales.

#### I.2.2.8 Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings (Nakano, 2004)

Esta metodología para la evaluación de edificaciones de concreto armado, se fundamenta en criterios de determinación de la capacidad de resistencia de las edificaciones y la resistencia demandada, similares al señalado anteriormente,

Incluye una inspección de campo y cálculos estructurales para definir una serie de índices que componen el índice de resistencia del edificio  $I_s$  y el de la resistencia demandada  $I_{so}$  y propone tres niveles de evaluación que denomina de 1er nivel, 2do nivel y 3er nivel. En nuestro caso sólo presentamos el 1er nivel, dado los objetivos y alcances del presente Estudio.

**Inspección de campo:** Se realiza para verificar las características estructurales de la edificación necesarias para calcular el índice sísmico de la estructura.

La inspección de primer nivel consiste en lo siguiente:

- Conocer la resistencia del material y su sección para calcular la resistencia de los miembros estructurales.
- Detectar Grietas y deformaciones para evaluar el índice de tiempo (edad de la construcción)
- Conocer la Configuración del edificio para evaluar el índice de irregularidad.

**Cálculos estructurales** Se presenta algunos criterios considerados en su desarrollo:

- Efecto de la esbeltez de las columnas y muros
- No se considera muros de longitudes menores de 45 cm
- Regularidad en planta y en elevación
- Excentricidad y rigidez
- Grietas y deformaciones
- Huellas de incendio
- Edad de la edificación
- Estado de los acabados

Este método está orientado a ser utilizado por ingenieros estructurales.

#### I.2.2.9 Método del índice de vulnerabilidad **-Benedetti y Petrini** (Quispe, 2004)

Este método identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto.

Considera la configuración en planta y la elevación, el tipo de cimentación, los elementos estructurales y no estructurales, el estado de conservación, el tipo y la calidad de los materiales, para evaluar los parámetros que calificados individualmente (afectada por un peso que refleje su importancia relativa en el resultado final), proporciona un valor numérico de la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de la edificación.

## **CAPITULO II**

# **Información para la evaluación, mitigación y prevención de desastres**

## Capítulo II.- Información para la evaluación, mitigación y prevención ante desastres

En este Capítulo se presenta estudios e informes relacionados con planes de prevención, estudios de amenazas y de vulnerabilidad, evaluación de daños y tecnologías de construcción con adobe.

Esta información permite sustentar la necesidad de la prevención como parte de los planes de desarrollo y no como parte de los planes de mitigación.

Dentro de los planes de desarrollo se considera el riesgo en el diseño de las edificaciones y en los planes de mitigación se considera las medidas para atenuar los efectos de las amenazas en las edificaciones existentes.

La información sobre evaluación de daños y tecnología de construcción con adobe realizada, servirá como referencia para proponer las recomendaciones mínimas para asegurar el buen comportamiento de este tipo de edificaciones ante los sismos.

### II.1 Planes de prevención y estudios de amenazas y de vulnerabilidad

#### II.1.1 Manejo de amenazas naturales para reducir daños (OEA, 1991)

En el proceso de planificación integral es necesario considerar el manejo de las amenazas naturales a través de las siguientes acciones:

- Evaluación de amenazas naturales: Evaluación de la ubicación, severidad y posibilidad de que ocurra un evento natural dentro de un periodo determinado.
- Evaluación de vulnerabilidad: Es una estimación de los daños que puedan ser causados por un evento natural de cierta severidad, incluyendo daños a la construcción, daños personales e interrupción de las actividades económicas y del funcionamiento normal de las comunidades.
- Evaluación del riesgo: es una estimación de la probabilidad de ocurrencia de las pérdidas, dado un evento natural determinado.

Las ventajas de incorporar el manejo de las amenazas dentro de la planificación del desarrollo, son las siguientes:

- Las medidas para reducir la vulnerabilidad tienen más posibilidades de ser aplicadas como parte de los proyectos de desarrollo que como propuestas de mitigación.
- El costo de incluirlas en la formulación original del proyecto es menor que cuando se incorpora después.
- Los Planificadores pueden contribuir a fijar las prioridades de investigación orientadas a encontrar soluciones requeridas para la mitigación de desastres;

Respecto a las amenazas, existe actualmente suficiente información científica para determinar si los terremotos, las erupciones volcánicas o los tsunamis constituyen una amenaza significativa en prácticamente cualquier área de América Latina y El Caribe.

Se considera que cualquier área ubicada dentro de un radio de 30 km de un volcán, debe ser considerada como una zona de riesgo de erupción y que en relación a los tsunamis en Latinoamérica, las medidas de mitigación se justifican en áreas donde existen grandes concentraciones de población.

Existen varias técnicas y herramientas para la evaluación de amenazas naturales como las siguientes:

- Sistema de Información Geográfica: Un SIG es una herramienta que permite ordenar geográficamente información sobre una unidad de espacio que puede facilitar el almacenamiento, la recuperación y el análisis de datos tanto en forma de mapas como en cuadros.
- Uso de sensores remotos en evaluación de amenazas naturales: Se refiere al proceso de grabación de información por medio de sensores ubicados en aeronaves o satélites. Puede utilizarse para analizar eventos ocurridos en el pasado y/o identificar las condiciones bajo las que éstos son susceptibles de ocurrir y proponer medidas de mitigación.
- Técnicas especiales para el trazado de Mapas: Los mapas de múltiples amenazas combinan evaluaciones de dos o más eventos naturales en un solo mapa, permitiendo analizar los efectos combinados de los fenómenos naturales en un área y ayudar a definir las medidas de mitigación más apropiadas.

Respecto de la Vulnerabilidad, la velocidad de gestación de un evento es una variable importante ya que condiciona el periodo de alerta. En el caso de los terremotos de origen tectónico, prácticamente no dan preaviso.

En lugares donde se presentan periódicamente eventos es factible diseñar y localizar proyectos considerando las amenazas múltiples, pero en áreas con posibilidades de ser afectada por eventos en horizontes de 50 o 100 años, es difícil que se logre implementar medidas de reducción de vulnerabilidad a pesar de que los daños puedan ser catastróficos dado que la inversión pueden no ser económicamente viable.

Pueden darse medidas para resistir el impacto de un evento natural como realizar construcciones sismo-resistentes y medidas para evitar el impacto como la zonificación, primas bajas de seguros e incentivos fiscales para canalizar actividades hacia áreas de menor riesgo.

#### II.1.2 Reducción de desastres (Kuroiwa, 2002)

La vulnerabilidad sísmica de los diferentes tipos de edificaciones, podrá ser deducida de acuerdo al grado de años que han sufrido los numerosos edificios que han sido analizados, en función del peligro sísmico, definido por los diferentes grados de intensidad en la escala MMA-01

De acuerdo a un estudio realizado por el Ing. Franz Sauter, consultor costarricense, e incluido en el proyecto SISRA – Programa para la mitigación de los Efectos de los terremotos en la Región Andina, a cargo del Centro Regional de Sismología para la América del Sur – CERESIS, y comentarios del autor del documento de referencia, se puede observar lo siguiente:

- En el caso de las construcciones con adobe, albañilería no reforzada y estructuras de concreto reforzado-CR sin diseño sísmico y con defectos de estructuración, el daño alcanza alrededor del 50% con una intensidad de VIII y más del 90% con una intensidad de IX
- Las construcciones de albañilería reforzada de calidad media, sin diseño sísmico y Estructuras de concreto reforzado con diseño sísmico basado en normas peruanas anteriores a los años 80, presentan daños entre el 40% y 50% con intensidades entre IX y X



- Las construcciones con paredes de corte de CR con diseño sísmico basado en normas peruanas posteriores a los años 80, las viviendas de estructuras de madera y quincha o bahareque, la albañilería reforzada de alta calidad con diseño sísmico y construcciones de CR con diseño sísmico de acuerdo a las Normas peruanas de los años 90, presentan daños del orden de 20% con intensidades entre IX y X de la escala MM.

El estudio realizado luego del terremoto de Ancash en 1970 mostró una correlación entre las características locales y el grado de daños. Por ejemplo en la zona baja pantanosa dentro del área de inundación del río Lacramarca,

las construcciones de albañilería de ladrillos y bloques de concreto con refuerzo de vigas y columnas de concreto armado o sin ellos, se dañaron en un 90%, mientras que en otras zonas los daños de este tipo de construcciones no pasaron del 30%.

En San Pedro, zona alta, con roca cubierta de arena eólica suelta, las construcciones de adobe fueron totalmente destruidas y las pocas construcciones de albañilería allí existentes sufrieron daños graves, sin embargo a sólo 2 km al Norte de Huaraz, en Centenario, se observó una construcción de adobe de dos pisos que no falló, mostrando la influencia del tipo de suelo en el comportamiento de las edificaciones.

Se presentan las siguientes conclusiones:

- Las condiciones naturales de sitio, características de suelos, geología y topografía, tienen una gran influencia en la intensidad y distribución geográfica de los daños en las construcciones.
- Las construcciones de tierra, tapial y adobe son muy vulnerables, especialmente si las condiciones de sitio son desfavorables.
- Las edificaciones de madera o quincha, por su poco peso y elasticidad tienen un comportamiento muy superior a las de adobe o tapial.

Evaluaciones de daños por sismos realizados posteriormente en otras partes del mundo presentan concordancias esenciales con estas conclusiones.

A consecuencia del sismo de 1970, se realizaron una serie de investigaciones:

- Desarrollo de técnicas y métodos de microzonificación y su aplicación al plan de uso del suelo.
- Investigaciones para reducir la vulnerabilidad de las construcciones de adobe, por el ININVI, la PUCP, la UNI y universidades de provincias.
- Desarrollo de la Quincha modular prefabricada.

Para reducir la vulnerabilidad de las construcciones de adobe se recomienda lo siguiente:

- El refuerzo más efectivo es una viga collar continua colocada a la altura de los dinteles de puertas y ventanas, que puede ser de madera, de suelo cemento o de concreto reforzado.
- La continuación de los muros más allá de su cruce con otro muro, a manera de contrafuerte, aparte de incrementar la estabilidad de las paredes, permite anclar o fijar mejor los refuerzos de la viga collar y los refuerzos de caña de las juntas.
- Para incrementar la resistencia al corte de los muros de adobe se recomienda la colocación de caña chancada en las juntas de construcción, cada 2 o 3 hiladas y en el caso de zonas con vanos cada hilada.
- Anclar adecuadamente el techo a los muros y limitar a 3 m la altura de los muros.

### II.1.3 Programa de prevención de desastres naturales en América Latina Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de los riesgos naturales. Guía para el especialista (COSUDE, 2002))

El documento presenta una serie de pautas para evaluar la vulnerabilidad sísmica, que es uno de los aspectos a considerar en la gestión del riesgo, entre las cuales mencionamos las siguientes:

- Concepción arquitectónica: grado de simetría, distribución de las aperturas (puertas y ventanas), detalles constructivos y la calidad de los materiales de construcción.

- Se señala que las construcciones de madera con techos ligeros son adecuadas, siempre y cuando la madera sea tratada para evitar su putrefacción o el ataque de la polilla u hongos.
- Considera que las viviendas de adobe sin refuerzo con techos de tejas de barro son muy vulnerables a los sismos, indicando como causas, entre otros, la presencia de puertas y ventanas no reforzadas y techos muy pesados.

Se considera como otros factores de vulnerabilidad de las construcciones, los siguientes:

#### Sobre **paredes, techos y elementos pesados**

- Las estructuras principales flexibles no deberían ser rellenas con bloques rígidos.
- Sobre estructuras principales flexibles no deberían colocarse elementos muy pesados ( por ejemplo, tanques de agua)
- Las construcciones livianas no deberían llevar techos pesados.

#### En relación a la **altura de las edificaciones**

- A menos que se haga un diseño profesional, es conveniente que la altura no pase de uno o dos pisos.
- Es conveniente que la altura de un edificio sea la misma en todas sus partes.

#### Sobre **detalles constructivos**

- Las estructuras de techo livianas deberían estar fijadas a la solera de coronamiento.

#### Respecto al **diseño de las habitaciones**

- Los diseños asimétricos suelen ser más vulnerables
- Las aperturas en los muros (puertas y ventanas) deberían estar distribuidas regularmente.
- Las aperturas en las esquinas son particularmente peligrosas

#### Sobre la **calidad del trabajo y de los acabados**

- Los muros y fundaciones no deberían ser debilitados por perforaciones para instalaciones.

- Una adecuada protección contra la humedad y los insectos xilófagos (en el caso de elementos de madera o similares) es necesaria para garantizar una resistencia a largo plazo.

#### II.1.4 Los Desastres naturales y el Desarrollo económico y social de la Región Grau (CISMID, 1990)

El documento presenta una serie de conferencias de diversos expositores, algunos aspectos relevantes vinculados al tema del estudio se mencionan a continuación:

- Las bases para introducir el concepto de Mitigación de Desastres están definidas mediante el uso de la Microzonificación y una estrategia de selección de áreas de mayor crecimiento poblacional, que tengan problemas de seguridad física y zonas donde se ubicarán obras importantes de Ingeniería, considerando que no sería práctico ni necesario cubrir toda el área de la región.
- Se informó que entre las Investigaciones en proceso, están diversos estudios de Microzonificación, planeamiento urbano y de vulnerabilidad. (J. Kuroiwa )
- Se proponen lineamientos, actividades y métodos para la mitigación de desastres y aplicaciones a obras específicas por parte de los diversos Expositores.
- Se indicó que no se debe desligar la vulnerabilidad sísmica en términos físicos, como el tipo de edificaciones y suelo, de los factores sociales y económicos. ( J. Sato )

#### II.1.5 Las mejores prácticas por el hábitat en el Perú (Calderón, 1996)

El documento presenta 30 experiencias que fueron evaluadas utilizando criterios de: replicabilidad, sostenibilidad, continuidad, calidad en sus efectos, oportunidad de participación decisoria de la población, ejercicio de la competencia de los gobiernos locales, capacidad de respuestas a necesidades concretas y prioritarias y resultados medibles en el mejoramiento de la calidad del hábitat.

Entre las experiencias, podemos mencionar las siguientes:

- Programa de densificación de vivienda en Villa El Salvador con asistencia técnica y financiera.
- La promoción de la mejora del hábitat social en el bajo Piura, que incluyó la elaboración de un sistema constructivo con materiales y mano de obra locales.
- Varios Proyectos de destugurización, renovación urbana y desarrollo integral.
- Reconstrucción y Desarrollo del Alto Mayo, Región San Martín, con propuesta de tecnología constructiva con uso de materiales locales ( quincha mejorada)

Si bien estos proyectos no se refieren a edificaciones de adobe, estas experiencias son valiosas en cuanto a los procesos del mejoramiento de las viviendas en sectores populares.

## II.2 Sismos, evaluación de daños y reconstrucción

### II.2.1 Terremoto de Rioja. 29 de mayo de 1990. Informe Preliminar de las Misiones de Evaluación (CISMID, 1990)

El Informe presenta la historia sísmica regional, información sismológica del sismo, la geología regional, las características geotécnicas de las localidades afectadas, las características estructurales de las edificaciones en la zona, el comportamiento sísmico de las edificaciones, las intensidades en las diferentes localidades, datos generales sobre las localidades y los daños producidos a la infraestructura urbana dada por la Municipalidad.

Algunas observaciones y conclusiones del Informe se presentan a continuación:

- Las ciudades y localidades evaluadas están localizadas sobre depósitos aluviales, fluviales y residuales del cuaternario.
- En general, los suelos están constituidos por arcillas y arenas, con saturación en las partes bajas y alto contenido de humedad en las partes altas por la precipitación existente en la zona (1600 mm anuales aprox.) Los suelos son blandos, con capacidad portante baja. Los principales problemas geotécnicos detectados

son: erosión de suelos, inestabilidad de taludes, amplificación sísmica y licuación.

- Los tipos de construcción predominante en la zona son el tapial y el adobe, constituyendo más del 90% en la mayoría de las localidades visitadas.
- La máxima intensidad observada fue de VII MM en Soritor donde casi todas las viviendas de tapial y adobe quedaron destruidas o inhabitables. Las edificaciones de albañilería sin confinar no sufrieron daños.
- Los muros de tapial fallaron principalmente en las esquinas debido al defectuoso amarre entre muros ortogonales y a lo largo del entrepiso en edificaciones de dos niveles, debido al debilitamiento por las perforaciones hechas para colocar las vigas. Las edificaciones de dos pisos son las que sufrieron mayores daños.
- Los muros de adobe fallaron de manera similar: falla por tracción de muros que dan arriostre lateral a otros muros, falla por flexión y falla por corte y existen casos de colapso total de las edificaciones.
- Debe mencionarse que muchas de las edificaciones tenían una antigüedad superior a los 50 años y que producto de sismos anteriores y el intemperismo estaban debilitadas.

#### II.2.2 El Sismo de Moyobamba del 04 de abril de 1991 (Cuadra, 1991)

El documento presenta las intensidades observadas en las diferentes localidades, los daños producidos por defectos estructurales y por las condiciones locales de suelo.

Algunas observaciones y conclusiones se presentan a continuación:

- Las intensidades observadas fueron entre V y VII MM en las ciudades de Rioja, Moyobamba y alrededores.
- En la ciudad de Moyobamba el 60% de las construcciones son de tapial, 90% de las cuales fueron destruidas.

- La mayoría de las construcciones de concreto armado y albañilería de ladrillo tuvieron buen comportamiento, aunque algunas fallaron por defectos en su diseño o construcción, como por ejemplo por la presencia de columnas cortas.
- Se presentaron problemas de licuación e inestabilidad de taludes.
- Muchas edificaciones afectadas por el sismo de mayo del 1990, colapsaron en este sismo.
- Las construcciones de adobe y tapial presentan cimientos de barro, los muros no tienen ningún tipo de refuerzo, tampoco tienen viga collar o de amarre y tienen techos pesados.

### II.2.3 El terremoto de Nasca del 12 de noviembre de 1996 (Quiun, San Bartolomé, Torrealva y Zegarra, 1997)

El Informe presenta las características del sismo y los daños producidos en las construcciones, algunas observaciones y conclusiones se presenta a continuación:

- El sismo tuvo una magnitud de 6.4 grados en la escala de Richter y alcanzó el grado VII de intensidad en la Escala Modificada de Mercalli en San Juan de Marcona, grado VI en Nasca y Palpa, grado IV en Ica y grado II en Lima, Tacna y Huancayo.
- La mayoría de las viviendas de adobe son de un piso. Las más antiguas, de alrededor de 50 años, construidas en el centro de las ciudades tienen muros de 50 cm de espesor y alturas entre 3.5 y 4.5 m. Las más recientes, sobre todo en los asentamientos humanos, tienen muros de 20 cm de espesor, con alturas de 2.6 a 3.0 m, la calidad de estas últimas es inferior a las antiguas.
- Otra diferencia encontrada es la existencia de cimiento y sobrecimiento de ladrillo de arcilla cocida en las construcciones antiguas, las nuevas no poseen sobrecimiento o éste es precario.
- Las principales fallas observadas son las siguientes: Falta de adecuada conexión entre los muros ortogonales, fisuración y separación de los muros por grietas verticales en las esquinas, grietas verticales en la parte central de los muros por falta de viga collar, grietas horizontales entre el cimiento o sobrecimiento y el muro de adobe y grietas diagonales de corte.

- Se observó falla general de cercos con alturas de 2.5m y espesores de 20 cm sin arriostres verticales y de parapetos tanto de adobe como de ladrillos.

El informe incluye una Ficha de Evaluación de daños en viviendas de adobe y comentarios y recomendaciones para la reconstrucción de viviendas de adobe con unidades reusadas.

#### II.2.4 Las dramáticas lecciones del Sismo (El Ingeniero de Lima, 1996)

En este artículo se resalta las siguientes recomendaciones para mejorar el comportamiento sísmico de las construcciones de adobe:

- Utilizar muros gruesos y de poca altura
- Todos los muros deben estar arriostrados en planta por otros muros transversales o por mochetas o contrafuertes.
- No debe construirse más de un piso
- Incluir refuerzos horizontales y verticales de caña, refuerzos en los dinteles y en las esquinas y viga collar alrededor de toda la construcción.
- Evitar grandes aberturas en los muros y utilizar techos livianos.

#### II.2.5 Nasca, lecciones de un sismo ( ½ de construcción N°121, 1996 )

Este artículo presenta las opiniones de cuatro profesionales sobre el sismo de Nasca, de las que se reproducen los aspectos vinculados al tema de Estudio, tratando de no repetir los expuestos anteriormente.

- El adobe y el mortero utilizado en la zona tiene un alto contenido de arena que lo hace poco resistente y débil adhesión.
- El documento señala que existe dificultad en la aplicación de la Norma de Adobe por lo se deben dar recomendaciones alternativas a las existentes en la Norma. Se considera que no deben darse recomendaciones alternativas, sino difundir apropiadamente las de la Norma.
- La humedad que afecta a los muros de adobe constituye un peligro estructural, por lo que es necesario evitarla.



- Un porcentaje muy alto de viviendas de adobe, en general de mala calidad,, fue prácticamente destruido. Sin embargo pudo observarse que viviendas bien construidas de adobe o ladrillo no sufrieron daños significativos.

#### II.2.6 Informe sobre el terremoto del sur del Perú 23 de junio 2001 (CIP, 2001)

El Informe presenta las características del movimiento sísmico, los daños y el comportamiento estructural de las edificaciones, algunas de las observaciones y conclusiones se transcriben a continuación:

- El sismo con epicentro frente a Ocoña (Arequipa ) tuvo una magnitud  $M_s = 7.9$  similar al de Huaraz de 1970, aunque con intensidades menores, entre VI y VIII de la Escala de Mercalli modificada, según reporte del IGP.
- En relación al adobe se utiliza construcciones con ambientes y ventanas grandes y espesores de muros insuficientes. No se han aplicado las recomendaciones de la Norma de Adobe existente.

#### II.2.7 Evaluación de daños producidos por el sismo del 25 de setiembre del 2005 en el distrito de Lamas (CISMID, 2005)

En este documento, se indica lo siguiente:

- El tipo de construcción predominante en las zonas mas afectadas, es en base a muros construidos con bloques de tapial cuyas dimensiones promedio son de 1.90 m x 1.00 m, sin una adecuada trabazón en las esquinas, lo que ha contribuido a la aparición de grietas verticales por fallas de tracción.
- Excesiva dimensión de los vanos de puertas y ventanas, en algunos casos superior a 1.50 m de ancho, ocasionando una reducción en la rigidez de los muros y la aparición de grietas diagonales desde las esquinas de los vanos.
- Poco empotramiento de los dinteles de madera, en la mayoría de los casos menor de 30 cm
- La altura de los muros ha contribuido al colapso de muchas viviendas, la mayoría de uno o dos pisos, aunque se ha encontrado construcciones de 3 niveles con muros de 8 a 9 m

## II.3 Estado del arte de los materiales y tecnologías de Construcción de mampostería de adobe

### II.3.1 Informe Técnico. COBE Adobe Estabilizado (OIN-MVC,1997)

El informe contiene resultados de investigaciones sobre el adobe en aspectos de suelos y estabilización, fabricación del adobe estabilizado, albañilería, otros usos y diseño y construcción con adobe estabilizado e incluye una serie de resultados y recomendaciones, de los cuales se presentan los aspectos vinculados al tema del estudio.

- Los suelos para la fabricación de adobes deben tener un balance apropiado de arena y arcilla. Suelos muy arcillosos ocasionan demasiado encogimiento y rajaduras y suelos muy arenosos producen adobes poco resistentes. Evitar la presencia de materia orgánica y sales.
- Una alternativa es la estabilización con asfalto, que puede mejorar la resistencia y durabilidad del adobe.
- Se dan recomendaciones para la fabricación de los adobes, una de ellas el relativo a la hidratación previa de los suelos y la consistencia adecuada, con los que se logra una importante mejora en la resistencia como se muestra en el gráfico N° 1

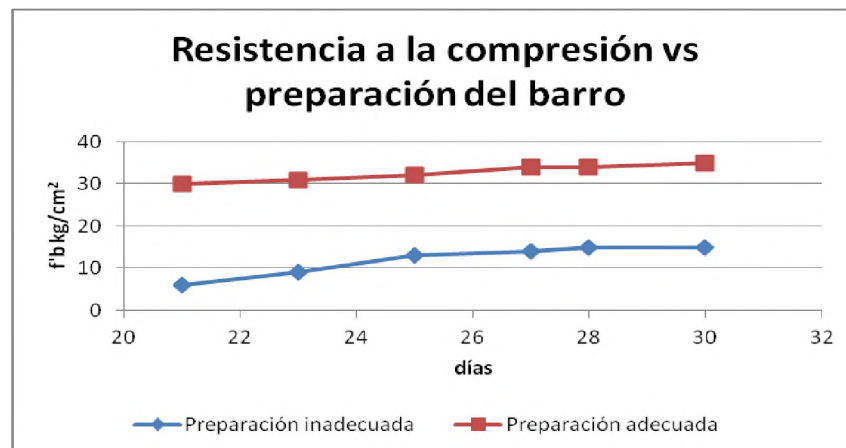


Gráfico N° 1.- Resistencia a la compresión del adobe vs Preparación del barro (OIN,1977)

Se observa un incremento de más del 100% en la resistencia a la compresión del adobe cuando el barro ha sido remojado previamente por lo menos 24 horas antes del moldeado, debido a que se logra una hidratación más completa de la arcilla y con ello un mejor desarrollo de su capacidad aglomerante.

- Los morteros de suelo con asfalto y adición de cemento pueden ser utilizados y presentan mejoras en su resistencia. Los porcentajes de cemento y asfalto dependen del tipo de suelo.
- Utilizar caña como refuerzo de la albañilería de adobe, que muestra una buena resistencia a la tracción, entre 1100 y 1800 kg/cm<sup>2</sup>, adherencia entre 1 y 3.8 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo de la caña y el tipo de mortero, siendo necesario protegerla de la humedad.

De los ensayos de especímenes de muros, se presentan las siguientes observaciones y resultados:

- La relación entre la resistencia y la esbeltez se muestra en el gráfico N° 2. Se observa que a mayor relación h/L la resistencia del muro disminuye. La Norma de adobe vigente recomienda una relación máxima de h/L= 9, salvo casos respaldados con estudios técnicos específicos.

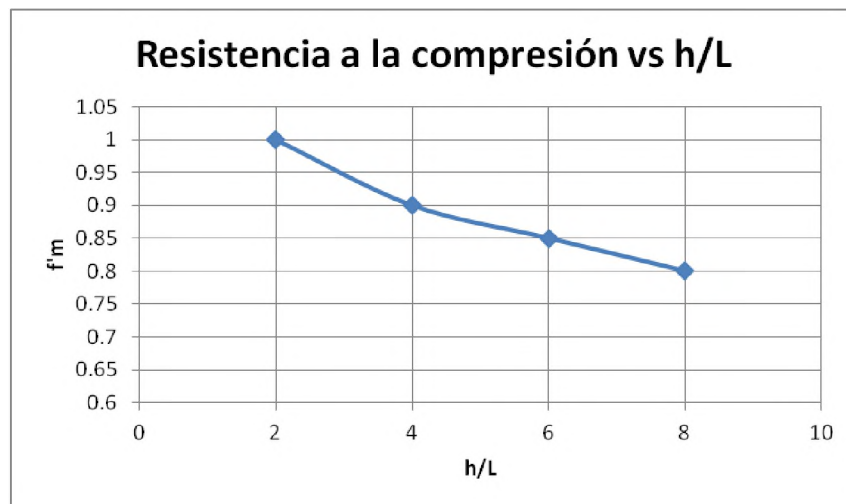


GRÁFICO N° 2.- Resistencia a la compresión del muro vs  
Relación h/L (OIN, 1977)  $f'_m = 1$  para  $h/L = 2$

- La resistencia a la compresión de las pilas varía entre 9 a 13.5 kg/cm<sup>2</sup> según el tipo de adobe y mortero.
- El módulo de elasticidad en uno de los estudios tiene un valor promedio de 650 kg/cm<sup>2</sup> para adobes de 26.5 cm y de 1500 kg/cm<sup>2</sup> para adobes de 36 cm, sin embargo otro estudio dan valores entre 1788 y 2140 kg/cm<sup>2</sup> para adobes de 26.5 cm

- De los ensayos de adherencia indirecta., los resultados varían entre 0.183 a 0.599 kg / cm<sup>2</sup> a los 7 días, hasta valores entre 0.411 a 0.806 kg / cm<sup>2</sup> a los 28 días según el tipo de mortero.
- De los ensayos de corte directo se encontraron valores de adherencia entre 0.55 a 2.1 y de 0.58 a 1.1 para el coeficiente de fricción, dependiendo del tipo de adobe y mortero. Sin embargo estos valores no son prácticos porque los valores de confinamiento reales son menores de 1 kg/cm<sup>2</sup>.
- De los ensayos de compresión diagonal, se obtuvo valores de esfuerzo de corte entre 0.30 y 2.61 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo del tipo de adobe y mortero.

Como se observa, en este estudio, no se encontró una relación definida entre el tamaño del adobe y el módulo de elasticidad de los muros, pero sí entre los valores de resistencia y el tipo de adobe y mortero.

### II.3.2 Investigación sobre Vivienda rural (Blondet y Vargas, 1978)

El documento presenta la descripción de los materiales y ensayos realizados.

Los adobes fueron fabricados de arcilla con paja y secados al sol durante dos semanas. Se usaron dos tamaños nominales: 20 cm x 40 cm x 8 cm y 30 cm x 60 cm x 8 cm.

Se dan entre otros, las siguientes conclusiones:

- El valor promedio para la resistencia a la compresión en cubos de 8 cm de lado fue de 6.29 kg / cm<sup>2</sup> pero se requiere más ensayos.
- La deformación de fisuración o rotura en ensayo de compresión axial perpendicular a la superficie de asiento, es de  $9.6 \times 10^{-3}$  mm/mm
- El valor promedio de esfuerzo cortante de fisuración, en ensayos de compresión diagonal, es de 0.27 kg / cm<sup>2</sup>
- La expresión  $v = 0.09 + 0.55 \sigma$  puede ser utilizada para evaluar los esfuerzos cortantes de fisuración.

- El valor promedio del esfuerzo de tracción por flexión obtenido en los ensayos es de 1.42 kg /cm<sup>2</sup> y corresponde a 0.25 del esfuerzo de compresión.
- El Módulo de elasticidad promedio considerado es de  $E = 1700 \text{ kg / cm}^2$  (variable de 900 a 2400 Kg / cm<sup>2</sup>)
- El Módulo de rigidez promedio considerado es de  $G = 700 \text{ kg / cm}^2$  (variable de 360 a 900 kg / cm<sup>2</sup>)
- El Módulo de Poisson promedio considerado es de 0.20 (variable de 0.15 a 0.25)

Otras conclusiones y recomendaciones son las siguientes:

- Utilizar techos ligeros y arriostres diagonales en el plano de las vigas collar para proveer un diafragma rígido a ese nivel.
- Fijar la viga collar a los muros y asegurarlos en los encuentros.
- Colocar refuerzos de caña en los muros

### II.3.3. Vivienda rural en adobe (Vargas, 1978)

Este documento recoge gran parte de los resultados del Informe anterior y se incluye otros que presentamos a continuación:

- Resistencia a la Compresión promedio del adobe igual a 14.6 kg / cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la tracción, 1.12 kg /cm<sup>2</sup> del orden de 8% de la de compresión
- Resistencia de tracción por flexión del adobe igual a 3.9 kg / cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la compresión axial en pilas:

Carga perpendicular a las juntas principales

$$\begin{aligned}\sigma &= 8.32 \text{ kg / cm}^2 \\ e &= 9.6 \times 10^{-3} \\ E &= 1000 \text{ kg / cm}^2\end{aligned}$$

### Carga paralela a las juntas principales

$$\begin{aligned}\sigma &= 4.70 \text{ kg / cm}^2 \\ e &= 4.72 \times 10^{-3} \\ E &= 1400 \text{ kg / cm}^2\end{aligned}$$

### Carga perpendicular a las juntas principales (variante de muretes)

$$\begin{aligned}\sigma &= 5.11 \text{ kg / cm}^2 \\ e &= 8.49 \times 10^{-3} \\ E &= 2400 \text{ kg / cm}^2\end{aligned}$$

Los módulos de elasticidad fueron definidos sobre el 50% del valor de la carga de fisuración.

- Resistencia a la compresión diagonal

$$\begin{aligned}\sigma &= 0.27 \text{ kg / cm}^2 \\ G &= 380 \text{ kg / cm}^2\end{aligned}$$

- Resistencia al corte de muros

$$\text{Resultado de 21 ensayos} \quad v = 0.09 + 0.55 \sigma$$

- Resistencia a la flexión de muros

$$\text{Promedio de 10 muros} = 1.42 \text{ kg / cm}^2$$

El incremento de ductilidad por colocación de refuerzos de cañas es del orden de 1.5 a 2

- Volteo de muros

Se establece que en los muros fisurados por flexión, bajo cargas perpendiculares a su plano es factible aplicar la teoría de líneas de rotura de placas y que a efecto de pre-dimensionamiento, se puede utilizar la expresión  $c = n b / h$  donde  $c$  es el coeficiente sísmico de rotura,  $b$  el espesor,  $h$  la altura del muro y  $n$  es el número de lados apoyados incluyendo el suelo, respectivamente.

- Ensayos de módulos

Se aprecia que es imprescindible el uso de refuerzo de caña, para garantizar el comportamiento de conjunto y dar un mínimo de ductilidad a la estructura.

Los valores de corte de 10 módulos ensayados es compatible con la expresión  $v = 0.09 + 0.55\sigma$  en  $\text{kg/cm}^2$  obtenido experimentalmente.

Se recomienda habitaciones cuadradas y muros doble T o U y vanos pequeños y ubicados al centro de los muros.

#### II.3.4 Análisis de muros verticales de adobe (Vargas, 1978)

Este documento recoge resultados de la Investigación sobre Vivienda Rural realizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, sobre el comportamiento de muros con cargas perpendiculares a su plano.

Concluye que existen fundamentos para aplicar un método de diseño último (líneas de rotura) en los muros bajo cargas perpendiculares a su plano y define expresiones empíricas que pueden ser útiles para códigos o normas de diseño.

#### II.3.5 Manual para la construcción de viviendas con adobe (CRYRZA, 1972)

El documento presenta como antecedentes las causas de las fallas en construcciones de adobe, las siguientes:

- Mala calidad del adobe en lo referente a la materia prima y a la técnica de producción.
- Dimensionamiento inadecuado de los adobes, principalmente en la altura ( muy altos )
- Traba horizontal insuficiente entre los adobes, derivada del mal dimensionamiento.
- Trabas inadecuadas y deficientes en los encuentros de muros que producen juntas verticales continuas de tres o mas hiladas.
- Dimensionamiento incorrecto de los muros: poco espesor y excesivo largo y alto.
- Vanos de puertas y ventanas muy anchos y poco empotramiento de los dinteles.
- Muchos vanos y pocos llenos en la distribución de un paño de muro.
- Carencia de una cadena superior de amarre

- Techos muy pesados y deficiente anclaje a los muros.
- Poca o ninguna protección de los muros contra la erosión.
- Construcciones de más de un piso
- Uso exagerado de muros de soga

Luego da las siguientes recomendaciones:

#### **En relación al adobe:**

- La longitud del adobe no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta.
- La altura no debe ser mayor a 10 cm, en lo posible.

#### **En relación a la construcción:**

- Efectuar la construcción perfectamente nivelada y a escuadra.
- Colocar cimiento de ancho mínimo igual a  $1 \frac{1}{2}$  veces el espesor del muro y una profundidad no menor de 40 cm. de concreto ciclópeo o con mortero de cal.
- En caso de no disponer de ninguno de esos materiales, puede hacerse de piedra grande con barro, con un ancho de 2 veces el espesor del muro y de una profundidad mínima de 60 cm.
- Colocar sobrecimiento de piedra mediana con mortero de cemento o cal.
- El espesor del mortero de barro de asentado de adobes debe ser no mayor de 2 cm
- Todos los adobes deben quedar trabados con un traslape de medio adobe.
- Igualmente deben quedar trabados en todas las esquinas y encuentros de muros.
- La longitud de un muro no debe ser mayor de 10 veces su espesor y su altura no más de 8 veces su espesor.
- El ancho de un vano no debe ser mayor de 1.20 m, la distancia a la esquina no debe ser menor de 1.20 m y la suma de los anchos



de los vanos en una pared no debe ser mayor que  $1/3$  de su longitud.

- El empotramiento de un dintel aislado no debe ser menor de 50 cm y debe incrementarse la sección en caso de recibir carga del techo
- Debe colocarse una viga superior de amarre alrededor de toda la construcción, reforzada en las esquinas.
- En los muros que reciben carga de techo no debe colocarse menos de dos ni más de cuatro hiladas de adobes. (Confinamiento de viga collar)
- Colocar aleros y revestir los muros para protegerlos de la lluvia.
- Colocar una solera de madera para repartir la carga del techo sobre los muros.
- Se da como alternativa la fabricación de adobes cuadrados de 38 x 38 x 08 cm, que facilita la construcción de los encuentros y esquinas con el uso del medio adobe, sin necesidad de hacer cortes y asegurando los traslapes y por su relación entre altura y longitud de 1:4 mejora su comportamiento ante cargas laterales y permite la construcción de mochetas o contrafuertes en las esquinas y encuentros de muros.

### II.3.6 Folleto Construyendo con Adobe (INIAVI, 1976)

En este folleto se plantea una serie de recomendaciones para la construcción con adobe, varias de las cuales han sido recogidas del documento anterior, otras que deben considerarse para la evaluación de la vulnerabilidad, las mencionamos a continuación:

#### **En relación a su ubicación**

- En caso de construcción en ladera, construir terrazas en la parte alta, separar los muros de la vivienda por lo menos 1 m de la ladera y construir una plataforma plana para la vivienda y muros de contención en la parte baja.

#### **En relación a la vivienda**

- Separar la vivienda de las viviendas vecinas una distancia de 5 cm

- La forma más recomendable es la cuadrada
- Si la forma es muy alargada o en escuadra, separarlas en partes que sean lo más cuadrada posible con juntas de 2 cm

### **En relación a las alturas y aberturas**

- La altura máxima recomendada es de 3.00 m. (De acuerdo a la Norma para viviendas con viga collar, sin refuerzos adicionales)
- Se recomienda no construir más de un piso de altura
- En cada pared debe haber más muro que aberturas.
- Separar la puerta o la ventana por lo menos 1m de las esquinas y entre ellas.

### **En relación a la construcción**

- Fabricar buenos adobes. (Hay procedimientos recomendados en los documentos presentados y resistencia mínima en la Norma vigente)
- Asentar los adobes y construir las tapias en forma traslapada, con especial cuidado en las esquinas y encuentros de muros.
- Colocar juntas no mayores de 2 cm entre los adobes.
- Colocar viga de amarre alrededor de toda la construcción y refuerzos en las esquinas.
- Preferir techo liviano fijado a los muros a través de las vigas de amarre.
- Proteger los muros de la lluvia, mediante aleros y revestimientos

#### **II.3.7 Cartilla El Adobe estabilizado (OIN-MVC, 1978)**

Este folleto señala recomendaciones para la construcción con adobe estabilizado con asfalto, entre ellas las siguientes:

- Longitud libre máxima de los muros 12 veces su espesor.

- Altura máxima de los muros 8 veces su espesor, máximo 3.00 m
- Colocar cimiento y sobrecimiento de 0.20 m de altura mínimo
- Colocar mochetas en las esquinas y encuentros de muros.  
(Requisitos dimensionales en Norma vigente:  $L \text{ base} > 3e$ )
- Separar las ventanas un mínimo de 1.20 m o 1/3 de la longitud del muro, de las esquinas o encuentros de muros.

### II.3.8 Mejores Viviendas de Adobe (ININVI, 1978)

Este folleto recoge información del Programa COBE, Construcción con Bloques Estabilizado, que propone el uso del adobe estabilizado con asfalto, el adobe cuadrado y el uso de caña como refuerzo de los muros de adobe.

Incluye algunas pruebas de campo para evaluar la calidad del adobe y disposiciones especiales para diseño sismo resistente para este tipo de edificaciones, vigentes a la fecha de su publicación.

Las Normas actualizadas se han presentado en el Capítulo I Marco teórico, I.1 Disposiciones Normativas, contiene algunas precisiones y aspectos complementarios a la primera Norma aprobada.

### II.3.9 Nuevas casas resistentes de Adobe (PUCP, 1995)

Esta cartilla incluye recomendaciones ya presentadas en los documentos anteriores y otras que se mencionan a continuación:

- Agregar paja al barro del mortero de asentado para que no se raje.
- Unir los dinteles con la viga de amarre con tiras de madera diagonales.
- Revestir los muros con barro y goma de tuna para protegerlos de la humedad.

### II.3.10 Guía para la construcción con albañilería (CISMID, 2005)

Este documento está referido a construcciones de albañilería de ladrillo y se presenta porque propone evaluar por el método de la

densidad de muros, la vulnerabilidad de este tipo de edificaciones y que puede servir de referencia para el presente estudio.

- Se señala que un indicador de la adecuada resistencia de este tipo de construcción frente a los sismos, es la densidad de muros, es decir la relación entre el área de los muros y el área de la planta del piso en estudio, sin considerar los muros cuya longitud sea menor de 30 cms.
- Debe verificarse rigurosamente en las dos direcciones principales y compararse con los valores propuestos para la Norma de Diseño en albañilería NTE E-070, de acuerdo a la zona sísmica y al tipo de suelo.

| Suelo / Zona sísmica | Zona 3 | Zona 2 | Zona 1 |
|----------------------|--------|--------|--------|
| S1                   | 4%     | 3%     | 1%     |
| S2                   | 4%     | 3%     | 2%     |
| S3                   | 5%     | 4%     | 2%     |

Cuadro N° 2 .- Densidad de muros de albañilería de ladrillo (CISMID, 2005)

Señala además, una serie de recomendaciones para tener una buena construcción de albañilería, entre otras, las siguientes:

- No usar ladrillos crudos (faltos de cocción) o con rajaduras. Ladrillos blanquecinos no deben ser usados.
- Si las condiciones del suelo son inadecuadas, como en suelos blandos o flexibles, el sobrecimiento debe reforzarse a fin de que trabaje como una viga de cimentación.
- El concreto debe estar sin cangrejas que disminuyen la resistencia del muro

### II.3.11 Técnicas de construcción autóctonas del Perú (Hartkopf, 1985)

Presenta los antecedentes históricos de las construcciones con adobe, mencionándose entre otros, lo siguiente:

- Uso de conchas marinas, paja y otros materiales para la fabricación de adobes, con diferentes formas: cónico, paralelepípedo de diferentes tamaños, plano convexo.

- Muros trapezoidales y aparejos inclinados hacia dentro para mayor estabilidad.
- Muros compuestos de piedra y adobe y uso de caña en los techos
- Plantas cuadradas y rectangulares y muros en “T, I C”
- Plantas circulares

Sobre las construcciones tradicionales, su uso actual y las propuestas sobre mejoramiento de la tecnología, se menciona:

- Incorporación de otros materiales como cemento, asfalto, alambre, tejas, yute, plástico, entre otros.
- Espesores adecuados, reforzamiento de muros y uso de viga solera.

En relación con las formas de los adobes, es posible que puedan contribuir a la mejora en la unión entre los adobes y en la conformación de muros con mayor estabilidad, pero tiene el inconveniente de la mayor dificultad en su fabricación.

#### II.3.12 Buena tierra. Apuntes para el diseño y construcción con adobe (Tejada, 2001)

Este documento recoge resultados de diversas investigaciones realizadas y presenta recomendaciones para la fabricación de adobe, la construcción y el diseño estructural con ejemplos de aplicación e información complementaria sobre quincha y madera.

Se presenta en forma detallada el procedimiento de diseño estructural de una edificación de adobe, que uno de los aspectos a contemplar en el presente estudio.

## CAPITULO III

# Definición de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe a nivel local

### CAPITULO III Definición de parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones de adobe a nivel local

En esta sección se presentará el procedimiento seguido para la definición de los parámetros a utilizar en la evaluación de la vulnerabilidad de las construcciones de adobe.

Esta definición se realizó en base a los resultados de la simulación de la respuesta no lineal de muros de adobe de modelos bilineales.

Para ello se utilizó el Programa de simulación sísmica NON LIN que es un Programa educativo para la enseñanza de los conceptos de dinámica estructural e ingeniería sísmica, desarrollado por el Dr. Finley A. Charney del Estado de Colorado, Estados Unidos en 1998

Se aplicó el programa con datos de muros ensayados en una Investigación llevada a cabo en la Facultad de Ingeniería civil de la UNI, a través de varias tesis de titulación profesional, dirigido por el Profesor Dr. Ricardo Yamashiro Kamimoto y auspiciada por el Ministerio de Vivienda en 1984 y una investigación desarrollada en el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda – ININVI, del mismo Ministerio en 1989

Se realizó el análisis sísmico a una edificación modelo, de acuerdo a la Norma de adobe vigente, comparándose los esfuerzos actuantes con los resistentes, resultados de la simulación, estableciéndose las densidades de muros necesarias para un adecuado comportamiento.

#### III.1 Simulación de la respuesta no lineal de muros de adobe basado en modelos bilineales

Mediante el Programa de simulación sísmica mencionado, se analizó el comportamiento sísmico de muros de adobe, sin refuerzo y con diferentes tipos de refuerzo.

El comportamiento de los muros depende del movimiento sísmico aplicado y de sus características de físicas y mecánicas, por lo que para la aplicación del programa se requiere información del peso, de las rigideces y del punto de inflexión y del amortiguamiento del elemento a analizar, dado que la respuesta ante la acción sísmica depende de estos factores.

Al introducir los datos requeridos, se definen las propiedades dinámicas del elemento a analizar, como son el periodo y la frecuencia.

Los análisis pueden ser lineales y no lineales y deben definirse previamente. Se puede aplicar vibración libre, vibración forzada y aceleración del suelo, pudiendo variarse las aceleraciones para evaluar el comportamiento ante diversas hipótesis que se planteen.

Para el caso del presente estudio, se tomaron registros de 05 sismos en Lima, cada una en sus dos direcciones: N82W y N08E

De cada uno de estos registros, el Programa definió la duración total, las aceleraciones máximas y mínimas y el momento de su ocurrencia; las velocidades y los desplazamientos máximos y mínimos, así como el momento de su ocurrencia.

Se aplicó el sismo real y luego se varió la aceleración para encontrar el primer punto de inflexión y para determinar la carga de falla o a la distorsión de 0.005 valor considerado límite para las construcciones de albañilería.

El Programa permite determinar la Fuerza, el amortiguamiento, el desplazamiento, la ductilidad, el número de eventos (yield) y la energía y se puede obtener gráficos del sismo y del desplazamiento versus inercia, amortiguamiento y Fuerza aplicados y de la energía en el tiempo.

Presenta, también, una animación del comportamiento del elemento analizado y sus gráficos del registro de la fuerza, amortiguamiento y desplazamiento a través del tiempo.

### III.2 Información recopilada de ensayos de albañilería de adobe

Luego del sismo ocurrido en el Perú en el año 1970, se desarrollaron una serie de investigaciones para buscar mejorar el comportamiento sísmico de las construcciones con adobe.

En las primeras investigaciones en el Programa Académico de Ingeniería Civil, hoy Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, se planteó el uso de refuerzo de caña en los muros y se realizaron estudios de la caña y de especímenes de muros reforzados, en los cuales participó la tesista y con los cuales desarrolló su tesis de titulación profesional.



Posteriormente, se continuaron las investigaciones en 1974 con ensayos de muros a escala natural, en el Programa de investigación, mencionado al inicio del Capítulo, auspiciado por el Ministerio de vivienda

De dicho Programa se ha tomado la información de 3 tesis de titulación profesional y de otra investigación realizada en el año 1989 en el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda - ININVI, y presentada también como tesis en la FIC-UNI

La primera Investigación contempló la realización de una serie de Nueve (09) ensayos de muros de adobe sometidos a Cargas horizontales, presentadas en las primeras tres tesis como Parte 5(a), 5(b) y 5(c) del “Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales” y Cuatro (04) ensayos en la cuarta tesis denominada “Construcciones de adobe con refuerzo de eucalipto rollizo”, que hacen un total de 13 muros considerados en el presente Estudio.

Inicialmente, al presentar los datos conservamos la identificación original de los muros y posteriormente para facilitar la lectura de los cuadros y gráficos del presente estudio, se da una numeración correlativa.

Los muros presentan diferentes tipos de reforzamiento como cañas horizontales y verticales, madera de eucalipto en vigas y columnas y vigas de suelo-cemento.

Se tomaron estos ensayos porque fueron los primeros muros con reforzamiento, realizados a escala natural con procedimientos iguales o similares y con información disponible para la aplicación del programa de simulación sísmica.

### III.2.1. Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(a) (Minchola, 1974)

La propuesta fue orientada a reforzar los muros de adobe, en forma similar a los muros de albañilería de ladrillo, pero con cañas y barro-cemento.

Las características de los muros se indican a continuación:

- Los especímenes fueron muros de adobe de 17 ó 18 hiladas horizontales de 3.15 m de largo, 2.20 m de alto y 0.40 m de espesor.

- Los adobes fueron asentados con mortero de barro y de barro-cemento en las juntas en contacto con el carrizo. La dosificación del cemento en el barro-cemento depende del tipo de suelo y puede variar entre 6% al 10%
- Como refuerzo vertical en los extremos se colocó carrizo abierto en cantidad aproximada de 280 gr/m
- El refuerzo horizontal fue de caña en las juntas horizontales y en la viga collar, en cantidad aproximada de 280 gr/m

Cuadro N° 3.- Características de los muros (5a)

| MURO<br>* | Largo<br>(m) | Ancho<br>(m) | Altura<br>(m) | Mortero                      | Refuerzo<br>vertical | Refuerzo<br>Horizontal                         |
|-----------|--------------|--------------|---------------|------------------------------|----------------------|--|
| M 1       | 3.15         | 0.40         | 2.16          | Barro                        | Sin refuerzo         | Sin refuerzo                                   |
| M 4       | 3.15         | 0.40         | 2.20          | Barro y<br>barro-<br>cemento | Extremos             | Viga collar de<br>barro-cemento<br>(6% al 10%) |
| M 7       | 3.15         | 0.40         | 2.22          | Barro y<br>barro-<br>cemento | Sin refuerzo         | Carrizo<br>abierto/ 3<br>hiladas               |

\*Se ha conservado la denominación original de los muros

Fuente: Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(a)  
 (Minchola, 1974)

Elaboración propia

El ensayo se realizó aplicando la carga con una Gata mecánica de tornillo, marca Soiltest, registrando su incremento a través de un anillo de carga, de la misma marca, de 15,000 libras de capacidad.

Las deformaciones fueron medidas con un dial Soiltest con aproximación de 0.001”

Los resultados se presentan en el Cuadro N° 4

Puede apreciarse que la inclusión de refuerzos incrementa la carga de fisuración y de falla, así como la capacidad de deformación.

Las cargas son mayores en el muro reforzado en los extremos y en la parte superior y la mayor deformación se presenta en el muro con refuerzo horizontal cada 03 hiladas.

Cuadro N° 4.- Resultados de los ensayos (5a)

| MURO | Carga de fisuración (Kg) | Deformación (mm) | Carga máxima (Kg) | Deformación (mm) |
|------|--------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| M 1  | 1272                     | 0.21             | 1591              | 1.83             |
| M 4  | 2036                     | 0.49             | 2494 - 2749       | 2.68 – 8.77      |
| M 7  | 1400                     | 0.16             | 2265              | 6.53             |

Fuente: Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(a)  
 (Minchola, 1974)

Elaboración propia

### III.2.2 Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(b) (Guanilo, 1974)

La propuesta fue la de reforzar los muros de adobe, en forma similar a los muros de albañilería de ladrillo, pero con cañas y barro-cemento.

Los muros fueron similares en sus dimensiones, como se indica en el Cuadro N° 5

Cuadro N° 5 Características de los muros (5b)

| MURO | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | Mortero               | Refuerzo vertical         | Refuerzo Horizontal                                       |
|------|-----------|-----------|------------|-----------------------|---------------------------|---|
| M 2  | 3.15      | 0.40      | 2.16       | Barro-cemento         | Sin refuerzo              | Sin refuerzo  |
| M 5  | 3.15      | 0.40      | 2.20       | Barro y barro-cemento | Extremos<br>Cañas enteras | Cada abierta cada 3 hiladas. Viga collar de barro-cemento |
| M 8  | 3.15      | 0.40      | 2.22       | Barro y barro-cemento | Extremos<br>Cañas enteras | Caña abierta cada 3 hiladas Viga collar de barro-cemento  |

Fuente: Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(b)  
 ( Guanilo, 1974)

Elaboración propia

Se observa que el muro sin refuerzo presenta como variable el mortero de barro-cemento y los muros reforzados llevan como refuerzo horizontal la viga collar de barro-cemento y cañas abiertas cada 3 hiladas, a lo alto de todo el muro.

De los ensayos realizados, se tuvieron los siguientes resultados:

Cuadro N° 6 Resultados de los ensayos (5b)

| <b>MURO</b> | <b>Carga de fisuración (Kg)</b> | <b>Deformación (mm)</b> | <b>Carga máxima (Kg)</b> | <b>Deformación (mm)</b> |
|-------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>M 2</b>  | 2413                            | 0.35                    | 2971                     | 1.14                    |
| <b>M 5</b>  | 1524                            | 0.20                    | 3086                     | 9.85                    |
| <b>M 8</b>  | 2032                            | 0.88                    | 2730                     | 8.83                    |

Fuente: Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(b)  
( Guanilo, 1974)

Elaboración propia

Se observa que el Muro M5 reforzado, presenta una menor carga de fisuración y menor deformación a dicha carga respecto al muro M2 no reforzado, pero la carga y la deformación final son mayores.

El Muro M8 presentó menor carga de fisuración y máxima, pero mayor deformación a dichas cargas que el muro sin reforzar.

En este caso, el refuerzo no incrementó las cargas pero si la capacidad de deformación de los muros.

### III.2.3 Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(c) (Merino, 1974)

La propuesta fue la de reforzar los muros de adobe, en forma similar a los muros de albañilería de ladrillo, pero con cañas y barro-cemento.

Los muros fueron similares en sus dimensiones, como se muestra en el Cuadro N° 7

En los dos primeros muros, no se coloca una viga collar, sino se refuerza las hiladas superiores de los muros y en el último muro se colocan refuerzos verticales al centro del muro, además de los extremos.

De los ensayos realizados se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro N° 8

Se observa que las deformaciones a la fisuración son similares, aunque la carga es mayor en el muro M6, pero las cargas y deformaciones máximas en los muros reforzados con viga collar y con caña horizontal cada 3 hiladas, son mayores.

Cuadro N° 7 Características de los muros (5c)

| MURO | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | Mortero | Refuerzo vertical             | Refuerzo Horizontal                |
|------|-----------|-----------|------------|---------|-------------------------------|------------------------------------|
| M 3  | 3.15      | 0.40      | 2.16       | Barro   | Extremos<br>Carrizos abiertos | Dos últimas hiladas                |
| M 6  | 3.15      | 0.40      | 2.20       | Barro   | Extremos<br>Carrizos abiertos | Cada 3 hiladas y 3 últimas hiladas |
| M 8  | 3.15      | 0.40      | 2.22       | Barro   | Extremos y Centro (abiertos)  | Viga collar de barro-cemento       |

F

Fuente: Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(c) (Merino, 1974)

Elaboración propia

Cuadro N° 8 Resultados de los ensayos (5b)

| MURO | Carga de fisuración Kg | Deformación mm | Carga máxima Kg. | Deformación mm |
|------|------------------------|----------------|------------------|----------------|
| M 3  | 1910                   | 1.23           | 2520             | 7.50           |
| M 6  | 2418                   | 1.10           | 3385             | 15.13          |
| M 9  | 1909                   | 1.19           | 3118             | 15.15          |

Fuente: Estudio de Muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5(b) (Merino, 1974)

Elaboración propia

#### III.2.4. Construcciones de adobe con refuerzo de eucalipto rollizo (Agurto, 1974)

La propuesta en este caso, fue utilizar el eucalipto rollizo como viga y columnas de confinamiento de los muros de adobe.

En este caso se aplicó una sobrecarga de 190 Kg/ml correspondiente a 03 filas de adobe sobre la viga collar.

Las características de los muros se presentan en el cuadro N°9:

En este caso, el refuerzo tanto horizontal como vertical fueron eucaliptos rollizos, que es una madera disponible en muchos lugares de la sierra y es utilizada comúnmente en la construcción de las viviendas, pero básicamente en los techos.

Se planteó su utilización como vigas y columnas de confinamiento de los muros, en forma similar a la albañilería de ladrillo.

En el primer caso, se propuso una columna de barro "reforzada" con 4 eucaliptos de 2" de diámetro en cada extremo del muro y en los otros tres, una columna de eucalipto de 4" de diámetro en cada extremo de los muros.

En los 03 primeros muros se adicionó refuerzo horizontal de caña cada 3 hiladas y en el último muro los refuerzos fueron sólo con vigas y columnas de eucalipto.

De los ensayos realizados se obtuvieron los resultados que se presentan en el Cuadro N° 10

La carga de fisuración son similares, así como la deformación a esta carga, salvo en el Muro M2Ca que es mayor.

La carga máxima es similar en los tres primeros muros y mayor en el muro con sólo viga collar, sin refuerzo de caña horizontal.

Las deformaciones son variables, pero en todos los casos mayores a las máximas permisibles, que es del orden de 10 mm.

CUADRO N° 9 Características de los muros con refuerzo de eucalipto rollizo

| MURO         | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | Mortero/Sobrecarga | Refuerzo vertical                               | Refuerzo Horizontal  |
|--------------|-----------|-----------|------------|--------------------|---|--|
| <b>M 1C</b>  | 3.10      | 0.38      | 2.00       | Barro<br>190 kg/ml | Columna de 4 eucaliptos 2''<br>Caña cada 0.60 m | Caña cada 3 hiladas<br>Viga solera de 02 eucaliptos de 3'' con barro |
| <b>M 2Ca</b> | 2.40      | 0.38      | 2.00       | Barro<br>190 kg/ml | Columna de eucalipto 4''<br>Caña cada 0.60 m    | Caña cada 4 hiladas<br>Viga solera de 02 eucaliptos de 3'' con barro |
| <b>M 2Cb</b> | 2.60      | 0.38      | 2.00       | Barro<br>190 kg/ml | Columna de eucalipto 4''<br>Caña cada 0.60 m    | Cada 4 hiladas<br>Viga solera de 02 eucaliptos de 3'' con barro      |
| <b>M2</b>    | 2.80      | 0.38      | 2.00       | Barro<br>190 kg/ml | Columna de eucalipto 4''                        | Viga solera de 02 eucaliptos de 3'' con barro                        |

Referencia: Construcciones de adobe con refuerzo de eucalipto rollizo (Agurto, 1974)  
 Elaboración propia

Cuadro N° 10 Resultados de ensayos muros con eucalipto rollizo

| MURO         | Carga de fisuración (Kg) | Deformación (mm) | Carga máxima (Kg) | Deformación (mm) |
|--------------|--------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| <b>M 1C</b>  | 2070                     | 4.62             | 3225              | 20.50            |
| <b>M 2Ca</b> | 2182                     | 7.62             | 2900              | 20.75            |
| <b>M 2Cb</b> | 2370                     | 3.96             | 3315              | 11.75            |
| <b>M 2</b>   | 2265                     | 3.58             | 4000              | 45               |

Referencia: Construcciones de adobe con refuerzo de eucalipto rollizo (Agurto, 1974)  
 Elaboración propia

Todos los ensayos se realizaron con carga horizontal aplicada a la altura de la viga collar y las deformaciones medidas a esa misma altura en el otro extremo del muro (deformímetro 3), como se muestra en la Figura N° 4

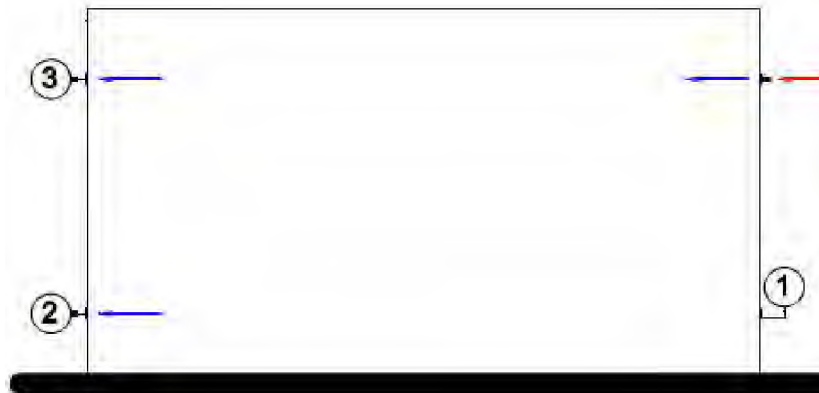


Figura N° 4 Esquema de ensayo de muros

#### Elaboración propia

En el Anexo N° 1 se presenta el registro de los ensayos de los muros y los gráficos Carga-deformación.

Los registros han sido tomados de Minchola, Guanilo y Merino, 1974 y Agurto, 1989. Se consignan los puntos de registro, la carga, la deformación el esfuerzo de corte y la distorsión.

Se graficaron los datos de los registros y luego se incluyeron las líneas de tendencia, para en su intersección determinar el punto de inflexión.

Las pendientes de las líneas de tendencia nos permiten determinar las rigideces de los muros en cada tramo.

### III.3 Procesamiento y análisis de información

#### III.3.1 Datos para el Programa NON LIN

Con los datos de los ensayos realizados (Anexo N°1) se determinaron los valores de las rigideces  $K$  y  $K'$  y el punto de inflexión  $Y$  para cada uno de los muros.

Los valores de las rigideces se determinaron con las líneas de tendencia obtenidas en base a los datos registrados para cada tramo y en su intersección se determinó el punto de inflexión.



Como señalamos anteriormente, el comportamiento de los muros ante los movimientos sísmicos, depende además de las características del movimiento sísmico, de las características físicas y mecánicas de los muros como son el peso, las rigideces y el punto de inflexión.

Estos valores se presentan en el siguiente Cuadro N° 11

Como se observa, dada la variabilidad de las características de los muros, los promedios son poco representativos y el análisis se realizará para cada uno de los muros.

Se presenta diferencias en las rigideces de los muros reforzados con vigas y columnas de eucalipto de las reforzadas con caña y vigas reforzadas con caña, pero también entre muros similares, que puede atribuirse a la influencia de los detalles en el proceso constructivo.

Cuadro n° 11 Datos de los muros para el programa NON LIN

| MURO        | CARACTERÍSTICAS  | K<br>(KN/cm) | K'<br>(KN/cm) | Y<br>(KN) | Peso<br>(KN) |
|-------------|--|--------------|---------------|-----------|--------------|
| M1 Minchola | Mortero de barro<br>Caña vertical extremos y viga collar                 | 587,990      | 0,000         | 15,221    | 46,182       |
| M4 Minchola | de barro-cemento<br>Caña horizontal cada tres hiladas, sin               | 656,933      | 22,021        | 20,722    | 46,182       |
| M7 Minchola | ref. vertical<br>Adobe Común Columnas y vigas                            | 783,216      | 72,981        | 14,622    | 46,182       |
| MC1 Agurto  | eucalipto con barro. Caña H c/4h y V                                     | 240,071      | 9,447         | 15,666    | 39,251       |
| MC2a Agurto | Adobe común..Columnas y vigas<br>eucalipto rollizo. Caña H c/4h. y V     | 179,075      | 8,173         | 14,408    | 30,388       |
| MC2b Agurto | Adobe común..Columnas y vigas<br>eucalipto rollizo. Caña H c/4h. y V     | 111,691      | 15,994        | 18,343    | 32,920       |
| M2 Agurto   | Adobe común..Columnas y vigas<br>eucalipto rollizo. Sin refuerzo de caña | 105,448      | 3,861         | 23,045    | 35,452       |
| M2 Guanilo  | Adobe con mortero de barro cemento<br>Ref. vert. 04 cañas. Ref. H. Caña  | 630,757      | 27,734        | 27,271    | 45,342       |
| M5 Guanilo  | C/3H. Viga collar de suelo-<br>cem.c/caña                                | 591,597      | 6,635         | 24,022    | 46,182       |
| M8 Guanilo  | Idem<br>Columnas con caña en extremos.                                   | 226,292      | 8,379         | 20,767    | 46,182       |
| M3 Merino   | Caña h 2últ. Hil.<br>Columnas con caña en extremos.                      | 344,382      | 9,408         | 18,630    | 46,182       |
| M6 Merino   | Caña c/3h y 3últ.hil.<br>Tres columnas con caña y viga de                | 380,054      | 6,448         | 25,088    | 46,182       |
| M9 Merino   | suelo-cemento  | 306,123      | 7,879         | 20,351    | 46,182       |
| Promedio    |  | 395,664      | 15,305        | 19,858    | 42,524       |

Elaboración propia

Con los datos de los muros se aplicó el Programa de simulación sísmica **NON LIN**, con los registros de los sismos que se pudieron obtener que fueron los siguientes:

- Sismo de Lima 31.01.51 dirección N82W
- Sismo de Lima 31.01.51 dirección N08E
- Sismo de Lima 01.05.74 dirección N82W
- Sismo de Lima 01.05.74 dirección N08E
- Sismo de Lima 17.10.66 dirección N82W
- Sismo de Lima 17.10.66 dirección N08E
- Sismo de Lima 29.10.71 dirección N82W
- Sismo de Lima 29.10.71 dirección N08E
- Sismo de Lima 03.10.74 dirección N82W
- Sismo de Lima 03.10.74 dirección N08E

Para cada uno de los muros se aplicó el Programa **NON LIN** de simulación sísmica, con los registros originales de los sismos y también variando la aceleración para determinar el punto de inflexión y la Carga máxima.

Para la determinación de la Carga máxima se consideró la Carga de falla en el ensayo realizado o la Carga a la distorsión de 0.005, considerado como límite para muros de albañilería.

Como indicamos con el fin de facilitar la visualización de los gráficos, hemos realizado la codificación de los muros, como indica en el Cuadro N° 12

Los Muros se numeraron del N° I al N° XIII y los sismos del N° 1 al N° 10

Se utilizó el subíndice **f** para el punto de inflexión y el subíndice **m** para la carga máxima.

CUADRO N° 12  
 IDENTIFICACIÓN DE LOS MUROS

| Código | MURO        | CARACTERÍSTICAS  |
|--------|-------------|--|
| M I    | M1 Minchola | Mortero de barro sin refuerzo                            |
| M II   | M4 Minchola | RV extremos y VC barro-cemento                           |
| M III  | M7 Minchola | Caña horizontal cada 3 hiladas                           |
| M IV   | MC1 Agurto  | Col. c/4 eucalipto de 2" VC eucalipto RH c/4h RV c/0.60m |
| MV     | M2ca Agurto | Columnas eucalipto de 4" VC eucalipto RH c/4h RV c/0.60m |
| M VI   | M2cb Agurto | Columnas eucalipto de 4" VC eucalipto RH c/4h RV c/0.60m |
| M VII  | M2 Agurto   | Columnas eucalipto de 4" VC eucalipto                    |
| M VIII | M2 Guanilo  | Mortero de barro-cemento sin refuerzo                    |
| M IX   | M5 Guanilo  | RV 04 cañas extremos. RH c/3h. VC suelo-cemento con caña |
| M X    | M8 Guanilo  | RV 04 cañas extremos. RH c/3h. VC suelo-cemento con caña |
| M XI   | M3 Merino   | RV 04 cañas extremos. RH 2 últimas hiladas               |
| M XII  | M6 Merino   | RV 04 cañas extremos. RH c/3h y 3 últimas hiladas.       |
| M XIII | M9 Merino   | RV 04 cañas extremos y centro. VC suelo-cemento          |

Elaboración propia

Ejemplo:

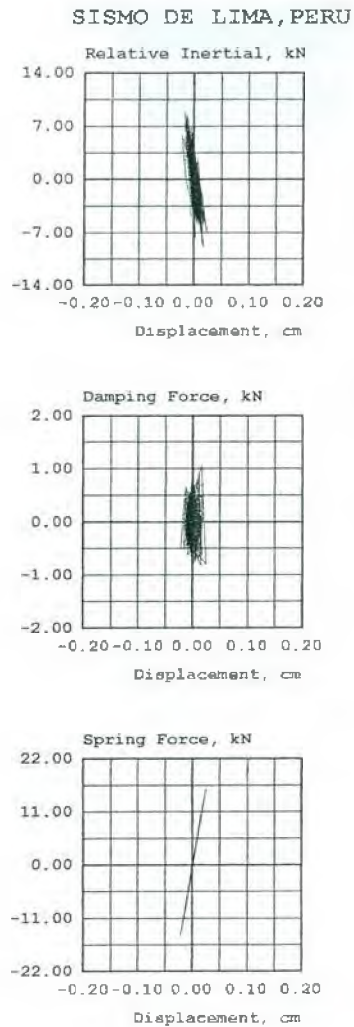
El gráfico M II 3 corresponde al Muro II al que se le ha aplicado el sismo con la aceleración original, el grafico **M II 5f** corresponde al **Muro II** al que se le ha aplicado el **sismo 5** con la aceleración que produce la primera inflexión y el gráfico **M II 7m** corresponde al **Muro II** al que se le ha aplicado el sismo **7** con la aceleración que produce la Carga máxima.

Los registros de estos sismos y los resultados de la aplicación del Programa en uno de los muros se presentan en el anexo N° 2

Como ejemplo se presenta el registro de uno de los sismos y el resultado de la aplicación de dicho sismo en el Muro II para la aceleración que produjo la primera inflexión, en los gráficos N°s 3 y 4

Se obtiene la carga y la deformación del muro, con los que definimos el esfuerzo y la distorsión del muro, así como la aceleración del sismo

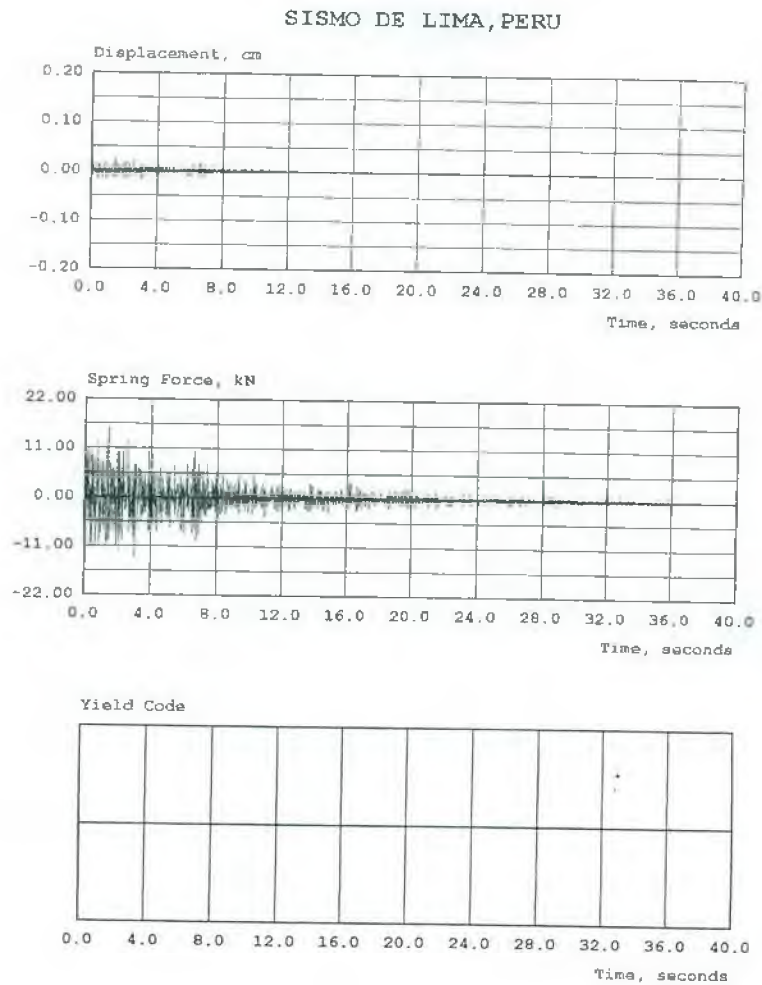
Current Problem: M II-3f



Results from Run 6  
This is a nonlinear analysis.  
Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
Structure Yield Strength 20.722 kN  
Structural Weight 46.182 kN  
Structural Damping 4.000 % Critical  
Structure Period of Vibration 0.053 seconds

GRAFICO N° 3 Registro de la aplicación del sismo 3 al muro II

Current Problem: M II-3f



```
Results from Run 6
This is a nonlinear analysis.
Initial Stiffness      656.933 kN/cm
Strain Hardening Stiffness  22.021 kN/cm
Structure Yield Strength  20.722 kN
Structural Weight      46.182 kN
Structural Damping     4.000 % Critical
Structure Period of Vibration  0.053 seconds
```

GRÁFICO N° 4 Resultados de la aplicación del sismo 3 al muro II

### III.3.2 Resultados obtenidos

El resumen de los resultados se presenta en el Cuadro N° 13 y Gráfico N° 3

| Cuadro N° 13 |         | Valores de corte y distorsión de fisuración y máximos |         |         |
|--------------|---------|---|---------|---------|
| MURO         | d fis.  | v fis.  | d máx.  | v máx.  |
| M I          | 0.00013 | 0.12322   | 0.00083 | 0.12322 |
| M II         | 0.00018 | 0.16900   | 0.00398 | 0.31807 |
| M III        | 0.00010 | 0.11999   | 0.00056 | 0.17951 |
| M IV         | 0.00037 | 0.13611   | 0.00526 | 0.21207 |
| M V          | 0.00044 | 0.12495   | 0.00526 | 0.18973 |
| M VI         | 0.00120 | 0.19988   | 0.00508 | 0.32175 |
| M VII        | 0.00128 | 0.23887   | 0.00509 | 0.26773 |
| M VIII       | 0.00023 | 0.22148   | 0.00052 | 0.23669 |
| M IX         | 0.00021 | 0.19460   | 0.00478 | 0.21830 |
| M X          | 0.00049 | 0.15180   | 0.00440 | 0.22251 |
| M XI         | 0.00029 | 0.15103   | 0.00375 | 0.20378 |
| M XII        | 0.00036 | 0.20325   | 0.00500 | 0.25003 |
| M XIII       | 0.00036 | 0.16491   | 0.00500 | 0.22206 |

\* Para los valores máximos se ha tomado a la distorsión de 0.005 ó a la Carga de falla, del ensayo realizado.

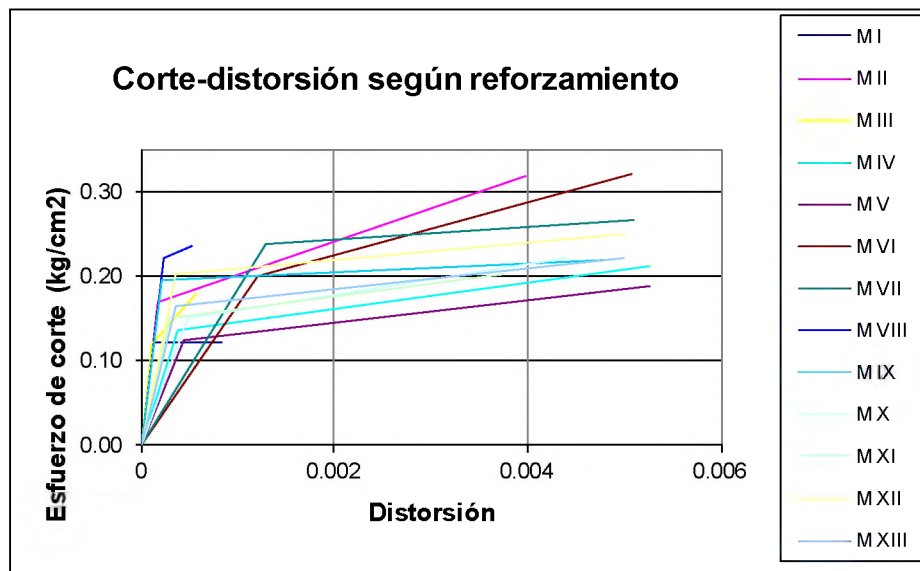


Gráfico n° 5.- Relación corte-distorsión según reforzamiento

- Puede observarse que los valores de fisuración varían entre  $0.12 \text{ kg/cm}^2$  y  $0.24 \text{ kg/cm}^2$  siendo el menor el del muro con cañas horizontales cada 3 hiladas y sin refuerzo vertical.
- El mayor valor corresponde al del muro con columnas y vigas de eucalipto con refuerzo horizontal de caña.
- La distorsión a la fisuración varía entre 0.00010 a 0.00120, para el muro con cañas horizontales cada 3 hiladas y para el muro con columnas y viga collar de eucalipto, respectivamente.
- Los esfuerzos de corte máximos, considerando a la distorsión de 0.005 ó a la carga de falla en los ensayos realizados, varían entre  $0.12 \text{ kg/cm}^2$  a  $0.32 \text{ kg/cm}^2$
- El menor valor corresponde al muro con mortero de barro sin refuerzo.
- El mayor valor corresponde al muro con columnas y vigas de eucalipto, cañas horizontales cada 3 hiladas y cañas verticales cada 0.60 m y al muro con cañas verticales en los extremos y viga collar de barro-cemento.

Para analizar mejor las variaciones presentadas elaboramos gráficos comparativos parciales.

Si se compara los resultados del muro con mortero de barro con los del muro con mortero de barro-cemento, se observa lo siguiente:

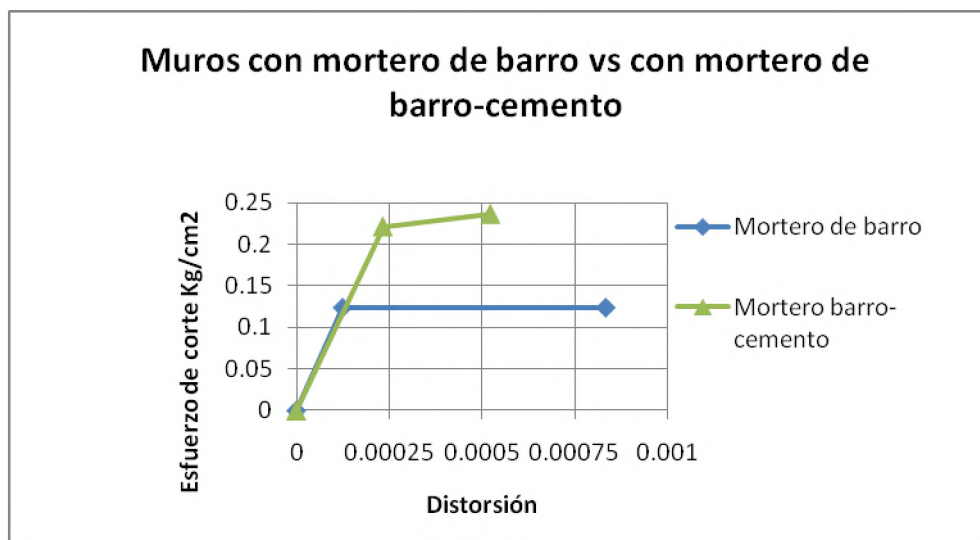


Gráfico n°6.- Relación corte-distorsión según mortero

El muro con mortero de barro-cemento tuvo un incremento del 80% en el esfuerzo a la fisuración y de 92% en el esfuerzo máximo, respecto al muro con mortero de barro.

Si se compara el muro sin refuerzo con el muro con refuerzo horizontal de caña cada 3 hiladas, se observa incremento de 46% en la resistencia máxima.

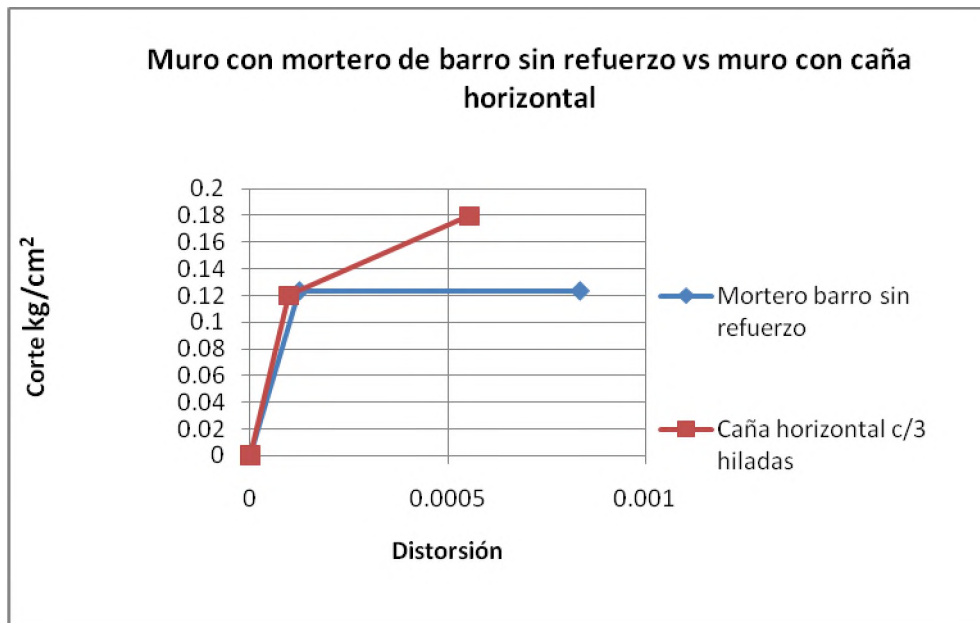


GRÁFICO N° 7.- Relación corte-distorsión : Muros sin refuerzo y con refuerzo de caña horizontal cada 3 hiladas

Si se compara el muro con mortero de barro sin refuerzo con los muros con refuerzos tipo confinamiento, se observa que la resistencia a la fisuración se incrementa del 23% al 94% y la carga máxima del 65% al 158%, como se puede apreciar en el gráfico N° 5



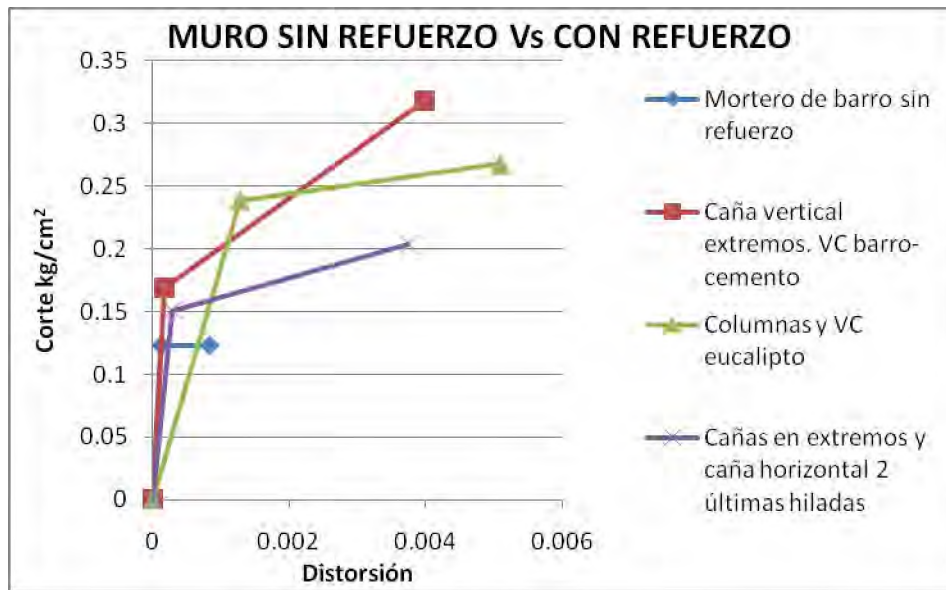


GRÁFICO N° 8.- Relación corte-distorsión: Muros con y sin refuerzo

Si se compara el muro con mortero de barro con el muro con columnas y viga collar de eucalipto. (Ver Gráfico N° 7)

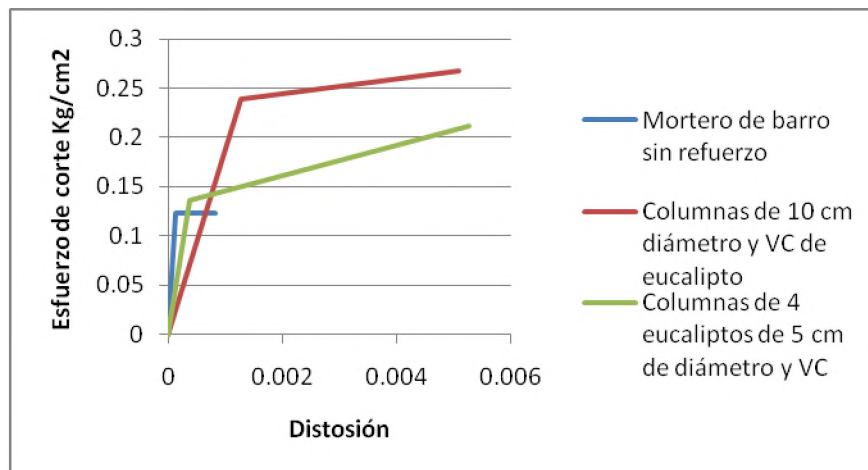


Gráfico N° 9.- Relación corte-distorsión: Muros sin refuerzo y con refuerzos de eucalipto rollizo.

Se observa un incremento del esfuerzo de fisuración de 94% y de 117% al 0.005 de distorsión en el muro con columnas de 4" de diámetro y de 10% y 72% para el muro con columnas conformadas con 4 eucaliptos de 2" de diámetro.

Si se compara el muro con columnas de 4" y vigas de eucalipto sin refuerzo adicional de caña, con los muros similares pero con refuerzo horizontal de caña cada 4 hiladas y refuerzo vertical de caña cada 0.60 m, se observa lo siguiente:

Con la adición de refuerzo horizontal cada 4 hiladas y vertical cada 0.60 m se puede incrementar la resistencia máxima, sin embargo si se considera el promedio de los valores de los muros con refuerzo adicional de caña, no se observa variación significativa respecto al muro sin refuerzo adicional de caña, como se observa en el gráfico N° 8

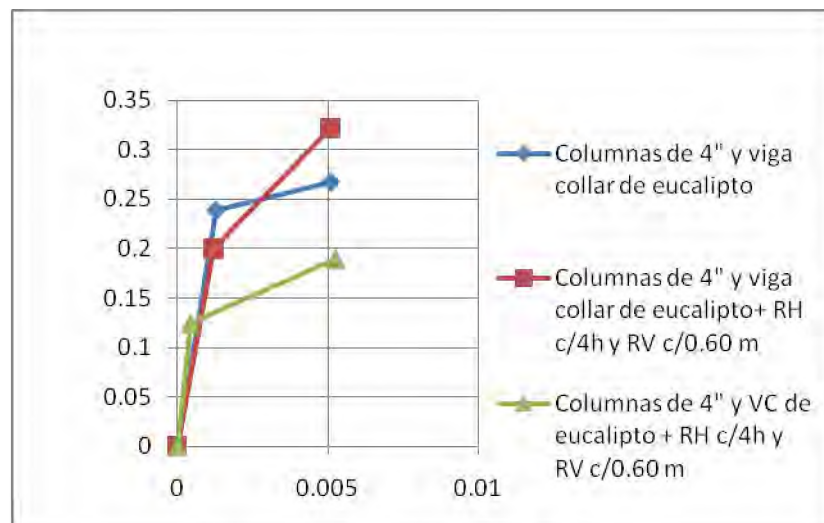


Gráfico N° 10.- Relación corte-distorsión: Muros con vigas y columnas de eucalipto rollizo con y sin refuerzo de caña

### III.3.3 Relación periodo de los muros con su distorsión

Se estableció también la relación entre el periodo T y la distorsión de los muros, que se presenta en el Cuadro N° 14 y Gráficos N° 9 y N° 10

El periodo de un elemento estructural, es un indicador de su rigidez o ductilidad y se relaciona con su comportamiento sísmico, teniendo presente que los más dúctiles tendrán mayor capacidad de disipación de energía.

En general, los muros de albañilería son muros rígidos y la incorporación de elementos de refuerzo, están orientados a darle mayor ductilidad y a mantener su integridad, cuando son sometidos a cargas horizontales.

CUADRO N° 14.- Relación periodo T -Distorsión

Relación Periodo T - distorsión

| Sismo                      | T (seg) | d (cm)   | d/h (cm/cm)<br>*1000 | Q (Kg)  | Corte un.<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|----------------------------|---------|----------|----------------------|---------|---------------------------------|
| 31.01.51<br>N82W<br>LI51EO | 0.05    | 0.009    | 0.040909             | 5.711   | 0.04623                         |
|                            | 0.05    | 0.009    | 0.045226             | 5.702   | 0.04616                         |
|                            | 0.06    | 0.006    | 0.027273             | 4.944   | 0.04002                         |
|                            | 0.06    | 0.010    | 0.049020             | 6.053   | 0.04900                         |
|                            | 0.06    | 0.010    | 0.045455             | 6.065   | 0.04910                         |
|                            | 0.06    | 0.016    | 0.082902             | 6.043   | 0.04892                         |
|                            | 0.06    | 0.028    | 0.145078             | 8.501   | 0.06882                         |
|                            | 0.07    | 0.024    | 0.120000             | 8.173   | 0.06616                         |
|                            | 0.08    | 0.026    | 0.136842             | 6.245   | 0.05407                         |
|                            | 0.08    | 0.025    | 0.131579             | 4.537   | 0.03928                         |
|                            | 0.09    | 0.023    | 0.112745             | 5.196   | 0.04206                         |
|                            | 0.11    | 0.033    | 0.173684             | 3.657   | 0.03775                         |
| 0.12                       | 0.040   | 0.210526 | 4.23                 | 0.04367 |                                 |
| 31.01.51<br>NO8E<br>LI51NS | 0.05    | 0.005    | 0.022727             | 3.126   | 0.02530                         |
|                            | 0.05    | 0.005    | 0.025126             | 3.236   | 0.02620                         |
|                            | 0.06    | 0.006    | 0.027273             | 3.789   | 0.03067                         |
|                            | 0.06    | 0.004    | 0.018182             | 2.792   | 0.02260                         |
|                            | 0.06    | 0.006    | 0.029412             | 3.764   | 0.03047                         |

|          |      |       |          |        |          |
|----------|------|-------|----------|--------|----------|
|          | 0.06 | 0.010 | 0.051813 | 3.861  | 0.03125  |
|          | 0.06 | 0.019 | 0.098446 | 5.847  | 0.04733  |
|          | 0.07 | 0.013 | 0.065000 | 4.521  | 0.03659  |
|          | 0.08 | 0.024 | 0.126316 | 5.676  | 0.04914  |
|          | 0.08 | 0.025 | 0.131579 | 4.44   | 0.03844  |
|          | 0.09 | 0.026 | 0.127451 | 5.803  | 0.04697  |
|          | 0.11 | 0.035 | 0.184211 | 3.87   | 0.03995  |
|          | 0.12 | 0.045 | 0.236842 | 4.79   | 0.04945  |
|          | 0.05 | 0.011 | 0.050000 | 7.198  | 0.05827  |
|          | 0.05 | 0.011 | 0.055276 | 6.98   | 0.056505 |
| 01.05.74 | 0.06 | 0.012 | 0.054545 | 6.919  | 0.056011 |
| N82W     | 0.06 | 0.008 | 0.036364 | 5.9    | 0.047762 |
| LO74EO   | 0.06 | 0.012 | 0.058824 | 6.923  | 0.056043 |
|          | 0.06 | 0.024 | 0.124352 | 9.116  | 0.073796 |
|          | 0.06 | 0.036 | 0.186528 | 10.969 | 0.088797 |
|          | 0.07 | 0.031 | 0.155000 | 10.529 | 0.085235 |
|          | 0.08 | 0.038 | 0.200000 | 9.17   | 0.079401 |
|          | 0.08 | 0.038 | 0.200000 | 6.738  | 0.058343 |
|          | 0.09 | 0.050 | 0.245098 | 11.356 | 0.09193  |
|          | 0.11 | 0.069 | 0.363158 | 7.761  | 0.080124 |
|          | 0.12 | 0.083 | 0.436842 | 8.764  | 0.090479 |
|          | 0.05 | 0.010 | 0.045455 | 6.877  | 0.055671 |
|          | 0.05 | 0.011 | 0.055276 | 6.887  | 0.055752 |
| 01.05.74 | 0.06 | 0.012 | 0.054545 | 6.849  | 0.055444 |
| NO8E     | 0.06 | 0.007 | 0.031818 | 5.406  | 0.043763 |
| LO74NS   | 0.06 | 0.012 | 0.058824 | 6.915  | 0.055979 |
|          | 0.06 | 0.024 | 0.124352 | 9.075  | 0.073464 |
|          | 0.06 | 0.039 | 0.202073 | 11.963 | 0.096843 |
|          | 0.07 | 0.033 | 0.165000 | 11.232 | 0.090926 |
|          | 0.08 | 0.038 | 0.200000 | 9.232  | 0.079938 |
|          | 0.08 | 0.043 | 0.226316 | 7.641  | 0.066161 |
|          | 0.09 | 0.073 | 0.357843 | 16.422 | 0.132940 |
|          | 0.11 | 0.066 | 0.347368 | 7.345  | 0.075829 |
|          | 0.12 | 0.093 | 0.489474 | 9.831  | 0.101494 |
|          | 0.05 | 0.017 | 0.077273 | 11.32  | 0.091638 |
|          | 0.05 | 0.018 | 0.090452 | 11.197 | 0.090642 |
| 17.10.66 | 0.06 | 0.055 | 0.250000 | 15.221 | 0.123218 |
| N82W     | 0.06 | 0.014 | 0.063636 | 11.148 | 0.090246 |
| LI66EO   | 0.06 | 0.021 | 0.102941 | 12.234 | 0.099037 |
|          | 0.06 | 0.057 | 0.295337 | 21.503 | 0.174072 |

|          |      |       |          |        |          |
|----------|------|-------|----------|--------|----------|
|          | 0.06 | 0.090 | 0.466321 | 20.533 | 0.166220 |
|          | 0.07 | 0.068 | 0.340000 | 18.759 | 0.151859 |
|          | 0.08 | 0.106 | 0.557895 | 16.051 | 0.138981 |
|          | 0.08 | 0.114 | 0.600000 | 14.683 | 0.127136 |
|          | 0.09 | 0.146 | 0.715686 | 21.613 | 0.174962 |
|          | 0.11 | 0.177 | 0.931579 | 18.551 | 0.191518 |
|          | 0.12 | 0.204 | 1.073684 | 21.467 | 0.221623 |
|          | 0.05 | 0.031 | 0.140909 | 20.107 | 0.162771 |
|          | 0.05 | 0.032 | 0.160804 | 20.317 | 0.164471 |
| 17.10.66 | 0.06 | 0.028 | 0.127273 | 15.221 | 0.123218 |
| NO8E     | 0.06 | 0.019 | 0.086364 | 14.638 | 0.118498 |
| LI66NS   | 0.06 | 0.037 | 0.181373 | 22.067 | 0.178638 |
|          | 0.06 | 0.094 | 0.487047 | 25.271 | 0.204575 |
|          | 0.06 | 0.128 | 0.663212 | 20.833 | 0.168648 |
|          | 0.07 | 0.125 | 0.625000 | 19.300 | 0.156238 |
|          | 0.08 | 0.148 | 0.778947 | 16.444 | 0.142384 |
|          | 0.08 | 0.154 | 0.810526 | 15.013 | 0.129994 |
|          | 0.09 | 0.236 | 1.156863 | 21.977 | 0.177909 |
|          | 0.11 | 0.293 | 1.542105 | 20.406 | 0.210669 |
|          | 0.12 | 0.292 | 1.536842 | 23.329 | 0.240846 |
|          | 0.05 | 0.006 | 0.027273 | 3.744  | 0.030309 |
|          | 0.05 | 0.006 | 0.030151 | 3.696  | 0.02992  |
| 29.10.71 | 0.06 | 0.007 | 0.031818 | 3.983  | 0.032243 |
| N82W     | 0.06 | 0.005 | 0.022727 | 3.57   | 0.028900 |
| LI71EO   | 0.06 | 0.007 | 0.034314 | 3.974  | 0.03217  |
|          | 0.06 | 0.013 | 0.067358 | 4.808  | 0.038922 |
|          | 0.06 | 0.022 | 0.113990 | 6.722  | 0.054416 |
|          | 0.07 | 0.015 | 0.075000 | 5.149  | 0.041682 |
|          | 0.08 | 0.027 | 0.142105 | 6.39   | 0.055329 |
|          | 0.08 | 0.028 | 0.147368 | 5.095  | 0.044116 |
|          | 0.09 | 0.027 | 0.132353 | 6.196  | 0.050158 |
|          | 0.11 | 0.031 | 0.163158 | 3.458  | 0.0357   |
|          | 0.12 | 0.039 | 0.205263 | 4.098  | 0.042307 |
|          | 0.05 | 0.008 | 0.036364 | 4.334  | 0.035085 |
|          | 0.05 | 0.008 | 0.040201 | 5.065  | 0.041002 |
| 29.10.71 | 0.06 | 0.008 | 0.036364 | 4.953  | 0.040096 |
| NO8E     | 0.06 | 0.006 | 0.027273 | 4.622  | 0.037416 |
| LI71NS   | 0.06 | 0.008 | 0.039216 | 4.959  | 0.040144 |
|          | 0.06 | 0.016 | 0.082902 | 6.051  | 0.048984 |
|          | 0.06 | 0.017 | 0.088083 | 5.267  | 0.042638 |

|         |      |       |          |        |          |
|---------|------|-------|----------|--------|----------|
|         | 0.07 | 0.019 | 0.095000 | 6.507  | 0.052676 |
|         | 0.08 | 0.019 | 0.100000 | 4.533  | 0.03925  |
|         | 0.08 | 0.020 | 0.105263 | 3.614  | 0.031293 |
|         | 0.09 | 0.032 | 0.156863 | 7.203  | 0.05831  |
|         | 0.11 | 0.064 | 0.336842 | 7.145  | 0.073764 |
|         | 0.12 | 0.085 | 0.447368 | 8.961  | 0.092512 |
|         | 0.05 | 0.011 | 0.050000 | 5.107  | 0.041342 |
|         | 0.05 | 0.018 | 0.090452 | 11.399 | 0.092278 |
| 3.10.74 | 0.06 | 0.021 | 0.095455 | 12.547 | 0.101571 |
| N82W    | 0.06 | 0.013 | 0.059091 | 10.569 | 0.085559 |
| LI74EO  | 0.06 | 0.021 | 0.102941 | 12.479 | 0.10102  |
|         | 0.06 | 0.04  | 0.207254 | 15.084 | 0.122109 |
|         | 0.06 | 0.065 | 0.336788 | 19.839 | 0.160601 |
|         | 0.07 | 0.052 | 0.260000 | 17.866 | 0.14463  |
|         | 0.08 | 0.070 | 0.368421 | 15.711 | 0.136038 |
|         | 0.08 | 0.074 | 0.389474 | 13.222 | 0.114486 |
|         | 0.09 | 0.103 | 0.504902 | 20.86  | 0.168867 |
|         | 0.11 | 0.175 | 0.921053 | 18.521 | 0.191209 |
|         | 0.12 | 0.212 | 1.115789 | 22.354 | 0.23078  |
|         | 0.05 | 0.014 | 0.063636 | 9.119  | 0.07382  |
|         | 0.05 | 0.014 | 0.070352 | 8.825  | 0.07144  |
| 3.10.74 | 0.06 | 0.016 | 0.072727 | 9.449  | 0.076492 |
| NO8E    | 0.06 | 0.011 | 0.050000 | 8.681  | 0.070275 |
| LI74NS  | 0.06 | 0.016 | 0.078431 | 9.395  | 0.076055 |
|         | 0.06 | 0.031 | 0.160622 | 11.67  | 0.094471 |
|         | 0.06 | 0.053 | 0.274611 | 16.224 | 0.131337 |
|         | 0.07 | 0.040 | 0.200000 | 13.726 | 0.111115 |
|         | 0.08 | 0.058 | 0.305263 | 13.907 | 0.120417 |
|         | 0.08 | 0.063 | 0.331579 | 11.28  | 0.097671 |
|         | 0.09 | 0.089 | 0.436275 | 20.19  | 0.163443 |
|         | 0.11 | 0.110 | 0.578947 | 12.28  | 0.126777 |
|         | 0.12 | 0.130 | 0.684211 | 13.663 | 0.141055 |

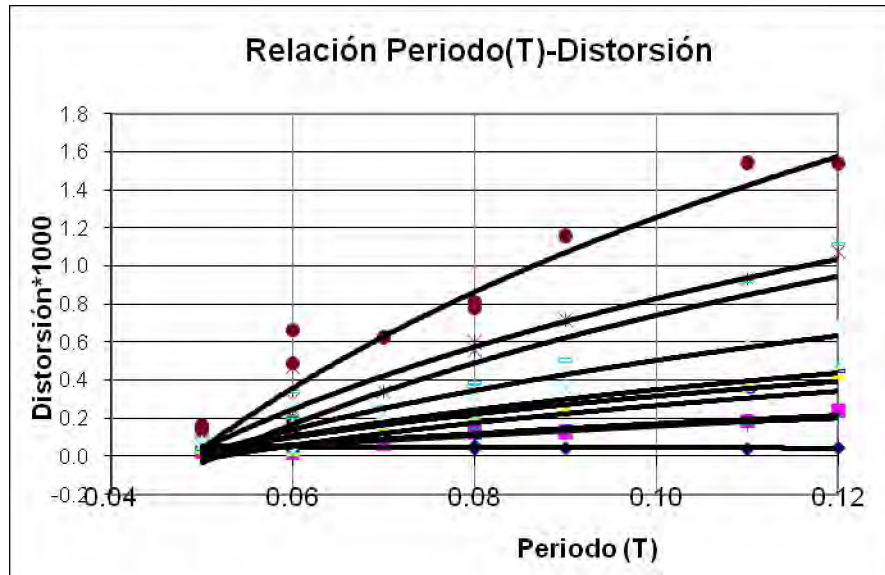


GRÁFICO N° 11.- Relación periodo T – Distorsión

Se observa que a mayor periodo, se produce una mayor deformación, para todos los sismos aplicados.

Se graficó la relación corte-distorsión según periodo del muro, como se muestra en el siguiente gráfico N° 10:

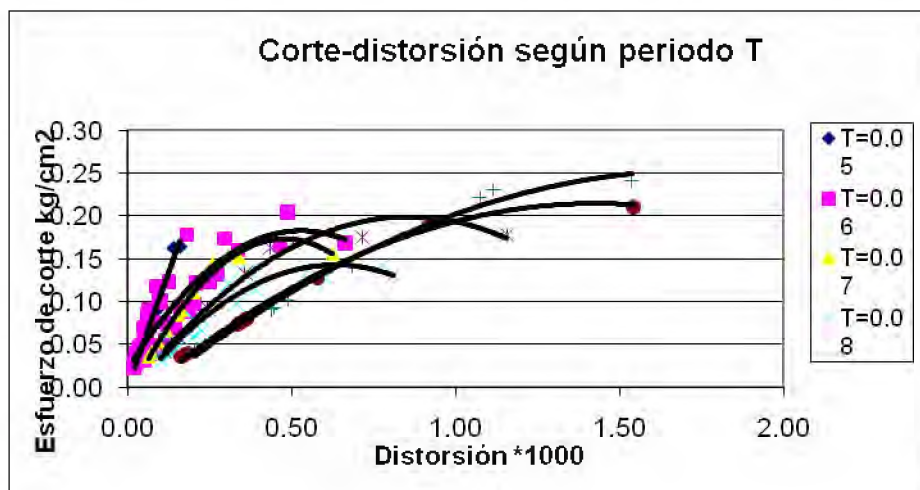


GRÁFICO N° 12.- Relación Corte-Distorsión según periodo

Se observa que los muros más rígidos presentan menos deformación, siendo los más dúctiles los que, además, presentan mayor resistencia.

De la aplicación del Programa NON LIN, se definen los esfuerzos máximos a la distorsión de 0.005 (tomado como límite admisible) ó a la carga máxima de falla del ensayo realizado y se comparan con los esfuerzos actuantes en los muros debido a los sismos considerados en el estudio.

Se observa que en todos los casos, salvo en el Muro MI, los esfuerzos actuantes debidas al sismo del 17.10.66 NO8E (el mayor de todos los considerados) son menores a los máximos resistentes.

El cuadro comparativo se presenta a continuación:

#### CUADRO N° 15

##### Esfuerzo por sismo vs Esfuerzo resistente

| <b>Muro</b> | <b>v sismo*<br/>(Kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>v máx.<br/>(Kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|-------------|---|---------------------------------------|
| M I         | 0.123218                                | 0.12322                               |
| M II        | 0.162771                                | 0.31807                               |
| M III       | 0.118500                                | 0.17951                               |
| M IV        | 0.142384                                | 0.21207                               |
| M V         | 0.129994                                | 0.18973                               |
| M VI        | 0.210669                                | 0.32175                               |
| M VII       | 0.240846                                | 0.26773                               |
| M VIII      | 0.164471                                | 0.23669                               |
| M IX        | 0.118500                                | 0.21830                               |
| M X         | 0.177909                                | 0.22251                               |
| M XI        | 0.156238                                | 0.20378                               |
| M XII       | 0.204575                                | 0.25003                               |
| M XIII      | 0.168648                                | 0.22206                               |

\*Sismo 17.10.66 NO8E



Sin embargo, estos esfuerzos son los esfuerzos actuantes reales correspondientes a los sismos considerados y no necesariamente a los esfuerzos de diseño de acuerdo a la Norma E-080 Adobe vigente, por lo que en la siguiente sección, se determinaran los valores de diseño, según la Norma para compararlo con los admisibles.

#### III.3.4 Determinación de esfuerzos y densidades de muros

Como se indica, los esfuerzos actuantes no corresponden necesariamente con las señaladas en la Norma E-080 del Reglamento Nacional de Edificaciones por lo que se aplicará lo indicado en la Norma al modelo de edificación que se muestra en la Figura N° 5

Se ha aplicado la Norma considerando las tres zonas sísmicas, los dos tipos de suelo y como tipos de edificación: vivienda y edificación pública (posta o aula escolar)

El procedimiento de diseño se presenta en el Anexo N° 3

En el procedimiento indicado, se considera la edificación con techo (diafragma) rígido y flexible y se toma los valores más desfavorables, es decir, el diseño es conservador debido a la dificultad de establecer el grado de rigidez de los techos utilizados comúnmente en este tipo de construcciones.

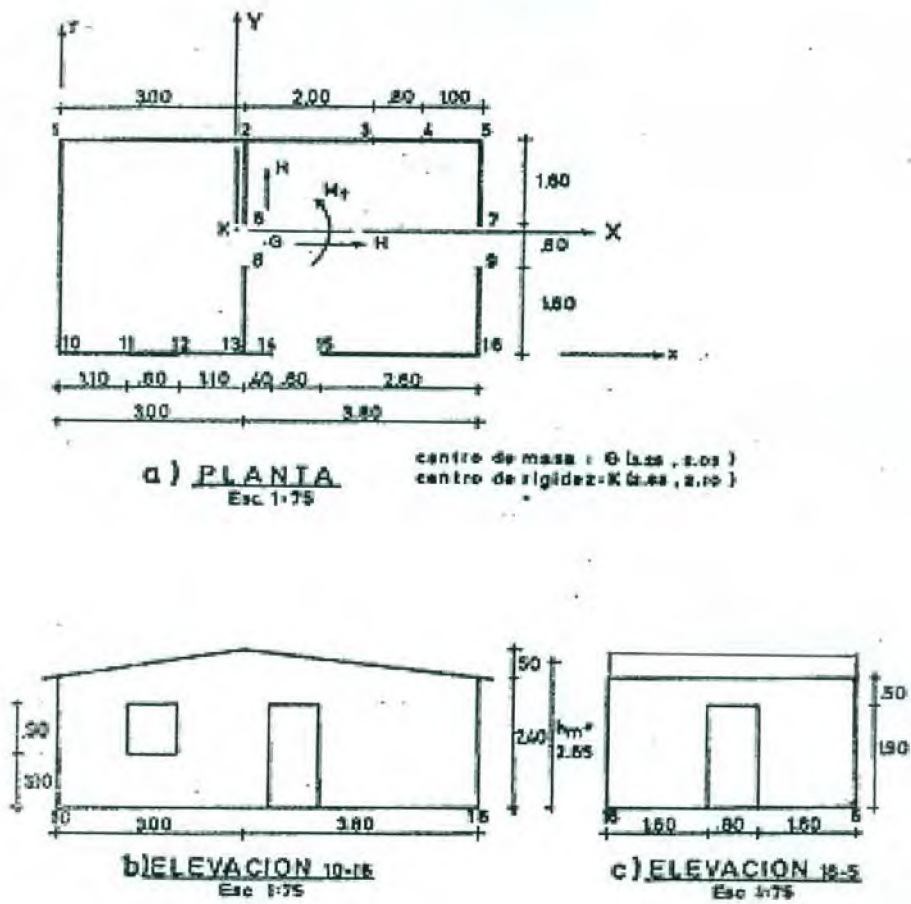


Figura N° 5 Ejemplo de una edificación típica  
 (Ver Anexo N° 4 Planos de detalles)

| EJEMPLO (Ref. Informe COBE)         |              |             |    |                    |              |
|-------------------------------------|--------------|-------------|----|--------------------|--------------|
| e muro                              | 0.4          | S           |    |                    | 1.2          |
|                                     |              | U           |    |                    | 1            |
|                                     |              | C           |    |                    | 0.2          |
|                                     |              | H           |    |                    | 5.42         |
| UBICACIÓN DEL CENTRO DE MASA        |              |             |    |                    |              |
| Muro                                | Peso         | Coordenadas |    | Momentos Estáticos |              |
|                                     |              | x           | y  | Fx                 | Fy           |
| 1-5                                 | 5.77         | 3.4         | 4  | 19.61              | 23.07        |
| 3-4                                 | -0.23        | 5.4         | 4  | -1.24              | -0.92        |
| 10-16                               | 5.77         | 3.4         | 0  | 19.61              | 0.00         |
| 11-12                               | -0.23        | 1.5         | 0  | -0.35              | 0.00         |
| 14-15                               | -0.49        | 3.8         | 0  | -1.85              | 0.00         |
| 10-1                                | 3.07         | 0           | 2  | 0.00               | 6.14         |
| 13-2                                | 3.71         | 3           | 2  | 11.14              | 7.42         |
| 8-6                                 | -0.49        | 3           | 2  | -1.46              | -0.97        |
| 16-5                                | 3.07         | 6.8         | 2  | 20.89              | 6.14         |
| 9-7                                 | -0.49        | 6.8         | 2  | -3.31              | -0.97        |
| Muros                               | <b>19.47</b> |             |    |                    |              |
| Techo                               | <b>3.10</b>  | 3.4         | 2  | 10.54              | 6.20         |
| Peso total                          | <b>22.57</b> |             |    | <b>73.57</b>       | <b>46.11</b> |
| x=                                  | 3.26         |             |    |                    |              |
| y=                                  | 2.04         |             |    |                    |              |
| DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE RIGIDEZ |              |             |    |                    |              |
| MURO                                | k            | x           | y  | kx                 | ky           |
| 10-1                                | 0.555        | 0           | -  | 0                  | -            |
| 13-2                                | 0.395        | 3           | -  | 1.19               | -            |
| 16-5                                | 0.395        | 6.8         | -  | 2.69               | -            |
|                                     | <b>1.345</b> |             |    | <b>3.88</b>        |              |
| 1-5                                 | 0.818        | -           | 4  | -                  | 3.27         |
| 10-16                               | 0.737        | -           | 0  | -                  | 0            |
|                                     | <b>1.555</b> |             |    |                    | <b>3.27</b>  |
| $x_k$                               | 2.88         |             | ey | 0.38               |              |
| $y_k$                               | 2.10         |             | ex | 0.06               |              |

| Momentos de torsión:            |       |
|---------------------------------|-------|
| Mtx                             | 2.032 |
| Mty                             | 0.324 |
| Momentos de torsión accidental: |       |
| Mtx                             | 1.083 |
| Mty                             | 1.842 |

| MURO  | V directo<br>$k \cdot H / \Sigma k$ | d     | kd     | kd <sup>2</sup> | V Torsión | V Torsion Ac. | V total |
|-------|-------------------------------------|-------|--------|-----------------|-----------|---------------|---------|
| 10-1  | 2.235                               | -2.88 | -1.598 | 4.603           | -0.192    | -0.103        | 2.338   |
| 13-2  | 1.591                               | 0.12  | 0.0474 | 0.006           | 0.006     | 0.000         | 1.596   |
| 16-5  | 1.591                               | 3.92  | 1.5484 | 6.070           | 0.186     | 0.389         | 2.167   |
| 1-5   | 2.849                               | -1.9  | -1.554 | 2.953           | -0.030    | -0.170        | 3.019   |
| 10-16 | 2.567                               | 2.1   | 1.5477 | 3.250           | 0.030     | 0.169         | 2.766   |
|       |                                     |       |        | 16.882          |           |               |         |

| TECHO FLEXIBLE |                 |         |                         |
|----------------|-----------------|---------|-------------------------|
| MURO           | Área Influencia | Vi (tn) | v (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 10-1           | 10              | 1.389   | 0.133                   |
| 13-2           | 17              | 2.361   | 0.164                   |
| 16-5           | 12              | 1.667   | 0.150                   |
|                | 39              |         |                         |
| 1-5            | 19.5            | 2.708   | 0.105                   |
| 10-16          | 19.5            | 2.708   | 0.096                   |
|                | 39              |         |                         |

Si se considera el valor de corte admisible de la Norma E-080 Adobe  $v = 0.25$  kg/cm<sup>2</sup>, el área de muro y la densidad promedio de muros son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Amp} &= 21665.7 \\ \text{dmp} &= 0.05555 \end{aligned}$$

Sin embargo, si se considera el esfuerzo máximo aplicado y los esfuerzos admisibles de cada tipo de muro (Cuadro N° 16), la densidad se incrementa para cada caso, como se muestra en los siguientes cuadros del N° 17 al N° 32

CUADRO N° 16.- Esfuerzos admisibles

| MURO   | v máx.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | v adm.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|---------------------------------|---------------------------------|
|        |                                 | F.S.=1.25                       |
| M I    | 0.123                           | 0.099                           |
| M II   | 0.318                           | 0.254                           |
| M III  | 0.180                           | 0.144                           |
| M IV   | 0.212                           | 0.170                           |
| MV     | 0.190                           | 0.152                           |
| M VI   | 0.322                           | 0.257                           |
| M VII  | 0.268                           | 0.214                           |
| M VIII | 0.237                           | 0.189                           |
| M IX   | 0.218                           | 0.175                           |
| M X    | 0.223                           | 0.178                           |
| M XI   | 0.204                           | 0.163                           |
| M XII  | 0.250                           | 0.200                           |
| M XIII | 0.222                           | 0.178                           |

CUADRO N° 17 Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 3 y suelo tipo II

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 1.8    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.729    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.6    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.188    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.5    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.153    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.4    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.119    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

La densidad se incrementa a 0.087 hasta 0,188 según el tipo de refuerzo.

Para muros con mortero de suelo-cemento la densidad sería de 0.087 y los muros con mortero de barro sin refuerzo serían inviables por su alta densidad.

Si agrupamos por sistemas de refuerzo similares se observa lo siguiente:

CUADRO N° 18 Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 3 y suelo tipo

II Agrupamiento por sistema de refuerzo

| Mortero | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|---------|---|--------------------------------------|----------|
| barro   | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                |          |
| barro   | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                |          |
|         |   | 0.785                                |          |
| 0.3     | v promedio                                  | 0.1961871                            | 0.087    |
| barro   | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                |          |
| 0.3     |   | 0.198                                | 0.087    |
| barro   | Caña H c/3h                                 | 0.144                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                |          |
| barro   | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                |          |
| 0.3     |   | 0.169                                | 0.087    |

La densidad de muros sería de 0.087

En el ejemplo anterior se consideró un suelo tipo II para el cálculo de la Carga por sismo, para suelo tipo I se obtiene lo siguiente: (Ver Cuadro N° 19)

La densidad es de 0.087 para los muros reforzados y para los muros con mortero de suelo-cemento, considerando un espesor mínimo de muro de 0.30 m

Se observa que en este caso podría ser factible una construcción de adobe sin refuerzo, pero con una alta densidad (0.431)

CUADRO N° 19 Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 3 y suelo tipo I

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 1.2    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.431    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

Para suelo tipo II y una edificación pública se tendría:

CUADRO N° 20 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo II

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 3      | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 1.492    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 1.6    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.624    |
| 0.8    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.263    |
| 1.2    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.431    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.4    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.119    |
| 0.6    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.188    |
| 0.8    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.263    |
| 0.8    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.263    |
| 1.2    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.431    |
| 0.45   | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.136    |
| 0.8    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.263    |

La densidad de muros varía de 0.087 a 0.624 según el tipo de refuerzo, siendo inviable la construcción sin refuerzo (Densidad mayor que área construida) y con muy alta densidad en el caso de muros con sólo caña horizontal cada 3 hiladas.

Si se agrupa por sistemas de refuerzo similares se observa lo siguiente:

**CUADRO N° 21** Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo II Agrupamiento por sistemas de refuerzo

| Mortero | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|---------|---|--------------------------------------|----------|
| barro   | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                |          |
| barro   | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                |          |
|         |   | 0.785                                |          |
| 0.45    | v promedio                                  | 0.1961871                            | 0.136    |
| barro   | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                |          |
| 0.45    |   | 0.198                                | 0.136    |
| barro   | Caña H c/3h                                 | 0.144                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                |          |
| barro   | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                |          |
| 0.8     |   | 0.169                                | 0.263    |

Si se considera obligatorio el uso de la viga collar y refuerzos en los extremos, la densidad sería de 0.136 para edificaciones públicas en suelo tipo II

Para edificaciones públicas en suelo tipo I, tendríamos lo siguiente: (Ver Cuadro N° 22)

La densidad varía de 0.087 a 0.263 según el tipo de refuerzo, observándose que sería inviable la construcción sin refuerzo, por su alta densidad, cercana a 1, es decir que el área de muros necesaria sería casi igual al área construida.



Cuadro N° 22 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo I

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 2.2    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.959    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.8    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.263    |
| 0.4    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.119    |
| 0.7    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.224    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.4    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.119    |
| 0.4    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.119    |
| 0.5    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.153    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.4    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.119    |

Si se agrupa por sistemas de reforzamiento similares:

Cuadro N° 23 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 3 y suelo tipo I Agrupamiento por sistemas de refuerzo

| Mortero | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|---------|---|--------------------------------------|----------|
| barro   | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                |          |
| barro   | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                |          |
| 0.3     | v promedio                                  | 0.1961871                            | 0.087    |
| barro   | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                |          |
| 0.3     |   | 0.198                                | 0.087    |
| barro   | Caña H c/3h                                 | 0.144                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                |          |
| barro   | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                |          |
| 0.4     |   | 0.169                                | 0.119    |

El valor promedio de la densidad sería de 0.087 y de 0.119 según el tipo de refuerzo, para edificaciones públicas en suelo tipo I

Si se considera obligatorio el uso de la viga collar y refuerzos en los extremos, la densidad sería de 0.087

Para una vivienda en zona sísmica 2 y suelo tipo II, se tendría lo siguiente:

Cuadro N° 24 Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 2 y suelo tipo II

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 0.7    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.224    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

La densidad de muros reforzados y muros con mortero de suelo-cemento sería de 0.087 y de 0.224 para los muros no reforzados.

Para una vivienda en zona sísmica 2 y suelo tipo I, se tendría: (Ver Cuadro N° 25)

La densidad de muros reforzados y muros con mortero de suelo-cemento sería 0.087 y 0.119 para los muros no reforzados.

Cuadro N° 25 Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 2 y suelo tipo I

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 0.4    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.119    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

Para edificaciones públicas en zona sísmica 2 y suelo tipo II, se tendría:

Cuadro N° 26 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 2 y suelo tipo II

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 1.6    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.624    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.5    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.153    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.4    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.119    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

La densidad de muros varía de 0.087 a 0.153 según el reforzamiento y sería de 0.087 para muros con mortero de suelo-cemento y de 0.624 para muros sin refuerzo.

Si se agrupa por sistemas de reforzamiento similares:

Cuadro N° 27 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 2 y suelo tipo II Agrupamiento por sistemas de refuerzo

| Mortero | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|---------|---|--------------------------------------|----------|
| barro   | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                |          |
| barro   | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                |          |
|         |   | 0.785                                |          |
| 0.3     | v promedio                                  | 0.1961871                            | 0.087    |
| barro   | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                |          |
| barro   | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                |          |
| 0.3     |   | 0.198                                | 0.087    |
| barro   | Caña H c/3h                                 | 0.144                                |          |
| barro   | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                |          |
| barro   | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                |          |
| 0.3     |   | 0.169                                | 0.087    |

La densidad promedio sería de 0.087 para todos los muros reforzados.

Para el suelo tipo I, se tendría lo siguiente: (Ver Cuadro N° 28)

La densidad de muros reforzados y de muros con mortero de suelo-cemento es 0.087 y de 0.344 para el muro sin refuerzo.

Cuadro N° 28 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 2 y suelo tipo I

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible | Densidad |
|--------|---------------|---|-------------|----------|
| 1      | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099       | 0.344    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214       | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200       | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178       | 0.087    |

Para una vivienda en zona sísmica 1 y suelo tipo II, tendríamos lo siguiente:

Cuadro N° 29 Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 1 y suelo tipo II

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 0.3    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

La densidad de muros en todos los casos es 0.087

En el caso de vivienda en suelo tipo I, tendríamos lo siguiente:

Cuadro N° 30 Densidad de muros de vivienda en zona sísmica 1 y suelo tipo I

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 0.3    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

La densidad de muros en todos los casos sería igualmente de 0.087

Para edificación pública en zona sísmica 1 y suelo tipo II se tendría lo siguiente:

(Ver Cuadro N° 31)

La densidad de muros para los muros reforzados y para los muros con mortero de suelo-cemento sería de 0.87 y de 0.119 para los muros con mortero de barro.

En todos los casos el espesor mínimo de los muros reforzados y de los muros con mortero de suelo-cemento, se ha considerado de 0.30 m y en el caso de los muros no reforzados de 0.40 m

Cuadro N° 31 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 1 y suelo tipo II

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 0.4    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.119    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

En caso de suelo tipo I, tendríamos lo siguiente:

Cuadro N° 32 Densidad de muros de edificio público en zona sísmica 1 y suelo tipo I

| e muro | Mortero       | Refuerzo                                    | v admisible<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Densidad |
|--------|---------------|---|--------------------------------------|----------|
| 0.3    | barro         | Sin refuerzo                                | 0.099                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos.VC s/cem.                    | 0.254                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Caña H c/3h                                 | 0.144                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Col. 4-2" y VC eucalipto                    | 0.170                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.152                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4" + Rh y v c/3h            | 0.257                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | V y C eucalipto 4"                          | 0.214                                | 0.087    |
| 0.3    | suelo-cemento | Sin refuerzo                                | 0.189                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.175                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH c/3 h .VC s/cem.         | 0.178                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. RH 2 últimas hiladas        | 0.163                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas extremos. Caña H c/3h y 3 últ.h       | 0.200                                | 0.087    |
| 0.3    | barro         | Cañas V extremos y centro- VC suelo/cemento | 0.178                                | 0.087    |

La densidad de muros para todos los casos es 0.087

Un cuadro resumen de las densidades de muros para cada una de las zonas sísmicas y para los dos tipos de suelo, para una vivienda y para una edificación pública, se presenta a continuación:

CUADRO N° 33 DENSIDAD DE MUROS

| <b>1.-DENSIDAD DE MUROS - Vivienda sin refuerzo</b>         |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|
| <b>Suelo/Zona sísmica</b>                                   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |
| Tipo I  | 0.431    | 0.119    | 0.087    |
| Tipo II   | 0.729    | 0.224    | 0.087    |
| <b>2.-DENSIDAD DE MUROS - Vivienda reforzada</b>            |          |          |          |
| <b>Suelo/Zona sísmica</b>                                   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |
| Tipo I  | 0.087    | 0.087    | 0.087    |
| Tipo II   | 0.087    | 0.087    | 0.087    |
| <b>3.-DENSIDAD DE MUROS - Edificio público sin refuerzo</b> |          |          |          |
| <b>Suelo/Zona sísmica</b>                                   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |
| Tipo I  | 0.959    | 0.344    | 0.087    |
| Tipo II   | 1.492    | 0.624    | 0.119    |
| <b>4.-DENSIDAD DE MUROS - Edificio público reforzado</b>    |          |          |          |
| <b>Suelo/Zona sísmica</b>                                   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |
| Tipo I  | 0.087    | 0.087    | 0.087    |
| Tipo II   | 0.153    | 0.087    | 0.087    |



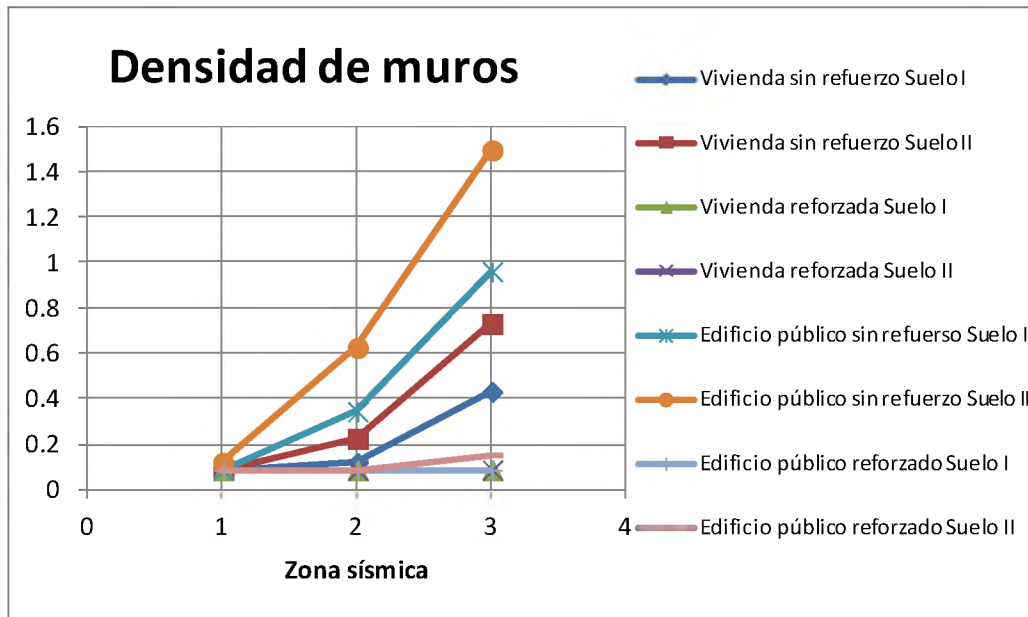


GRÁFICO N° 13.- Densidad de muros según zona sísmica y tipo de edificación

De los Cuadros y del gráfico N° 11 se observa que los edificios públicos sin refuerzo presentan en zona sísmica 3 densidades requeridas mayores de 0.9 y en zona sísmica 2 en suelo tipo II mayor de 0.6 lo que los hacen inviables y si son edificios existentes con densidades menores tendrían alta vulnerabilidad.

Asimismo, en el caso de las viviendas sin refuerzo en zona sísmica 3, para suelo tipo I la densidad requerida es de 0.45 y para suelo tipo II la densidad requerida es 0.73, por lo que no serían viables o en caso de viviendas existentes con densidades menores serían altamente vulnerables.

Ensayos en muros de adobe sin refuerzo, realizados en la Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP, reportan valores de corte de  $0.18 \text{ kg/cm}^2$

Si se toma este valor en vez del obtenido en los ensayos de muros, para un factor de seguridad de 1.25, el esfuerzo admisible sería  $0.144 \text{ kg/cm}^2$  en lugar de  $0.099 \text{ kg/cm}^2$  y la densidad de muros sería como sigue:

CUADRO N° 34 Densidad de muros  
 Vivienda (PUCP)

| 5.-DENSIDAD DE MUROS - Vivienda sin refuerzo* |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|
| Suelo/Zona sísmica                            | 3     | 2     | 1     |
| Tipo I  | 0.119 | 0.087 | 0.087 |
| Tipo II                                       | 0.188 | 0.087 | 0.087 |

\*En base a datos de ensayo de módulos PUCP

Comparando con los resultados obtenidos anteriormente, vemos que la densidad no varía para la zona sísmica 1 pero sí para la zona sísmica 2 y 3

Para el caso de una edificación pública, las densidades serían las siguientes:

CUADRO N° 35 Densidad de muros  
 Edificio público (PUCP)

| 6.-DENSIDAD DE MUROS - Edificio público sin refuerzo* |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|
| Suelo/Zona sísmica                                    | 3     | 2     | 1     |
| Tipo I  | 0.263 | 0.087 | 0.087 |
| Tipo II   | 0.573 | 0.153 | 0.087 |

No varía para edificación en suelo tipo I y zona sísmica 1, pero son menores para los otros casos, siendo factible su construcción en ellos, salvo en suelo tipo II de la zona sísmica 3

Estos ensayos se realizaron en muros tipo U que considera muros transversales en los extremos del muro, mientras que los ensayos considerados en el presente estudio fueron sin estas restricciones, por lo que podríamos decir los valores propuestos en los casos anteriores son conservadores.

## **CAPITULO IV**

# **Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe**

## Capítulo IV Metodología de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe

En base a los resultados obtenidos y considerando que las cargas sísmicas están en función de la zona sísmica, del tipo de suelo, del tipo de edificación y en general del peso, que es función del área de la construcción y que la resistencia sísmica de este tipo de edificaciones está dada por los muros; la densidad de éstos en función del área construida es un buen indicador de su resistencia sísmica, de manera similar como es utilizada en la albañilería de ladrillo.

La Metodología que se propone tiene por finalidad realizar una primera Identificación de las construcciones vulnerables y considera información de las construcciones que pueden ser obtenidas fácilmente por personal con un entrenamiento básico.

En caso de duda, se da una opción conservadora, quedando para una revisión profesional, la evaluación final.

### IV.1 Definición de indicadores

Dado que el criterio de evaluación de la vulnerabilidad es que sea simple y fácil de aplicar, se tomará como Indicadores la ubicación, el tipo de suelo, las relaciones dimensionales de los muros, el tipo de mortero, el sistema de reforzamiento y la densidad de muros.

Se tendrá en cuenta lo indicado en la Norma vigente y las recomendaciones de los estudios realizado anteriormente y los obtenidos en el presente estudio.

#### **UBICACIÓN**

1. Zona sísmica
2. Pendiente del terreno o zona de huaycos

#### **TIPO DE SUELO**

1. Suelo tipo I
2. Suelo tipo II

### **DIMENSIONES DE LOS MUROS**

1. Largo
2. Altura
3. Espesor
4. Relación Largo/espesor
5. Esbeltez = Relación Altura/espesor

### **TIPO DE MORTERO**

1. Barro
2. Barro-cemento

### **TIPO DE REFORZAMIENTO**

1. Sin refuerzo
2. Viga collar y refuerzo vertical en esquinas y encuentro de muros.

### **DENSIDAD DE MUROS**

1. Área de muros/Área techada

## **IV.2 Metodología de evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe**

Los factores considerados en la Norma E-80 ADOBE vigente son:

- Tipo de suelo
- Tipo de uso
- Zona sísmica
- Relaciones dimensionales de los muros
- Arriostres y refuerzos
- Mortero
- Ubicación

Los tres primeros son utilizados para la determinación de la Fuerza sísmica para el análisis estructural de la edificación, que permita determinar si los muros son adecuados para resistir dicha Fuerza.

Las relaciones dimensionales de los muros presentan límites y condicionan la provisión de arriostre y refuerzos mínimos. El tipo de mortero se da como alternativa sujeta a la realización de ensayos de laboratorio y sobre la ubicación se señalan los lugares donde no se permite este tipo de construcciones.

De acuerdo a estas disposiciones podríamos establecer el siguiente cuadro

Cuadro N°36 Vulnerabilidad en base a Norma E-080 Adobe

| <b>INDICADOR / VULNERABILIDAD</b> | <b>Alta</b>  | <b>Media</b> | <b>Baja</b> |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Ubicación adecuada                | No           | Si           | Si          |
| Zona sísmica                      | 3            | 2            | 1           |
| Tipo de suelo                     | No permitido | II           | I           |
| Tipo de uso                       | Público      | Vivienda     | Vivienda    |
| Dimensiones                       | No cumple    | Parcialmente | Cumple      |
| Reforzamiento                     | No cumple    | Parcialmente | Cumple      |

La mala ubicación y los tipos de suelos no permitidos, son determinantes por lo que independientemente de los otros factores, daría como resultado Alta vulnerabilidad.

Sin embargo, la valoración que se pueda obtener, no incluye la verificación del comportamiento de los muros ante las sollicitaciones sísmicas, para lo cual se requeriría del concurso de personal profesional, escaso sobre todo en las pequeñas localidades del interior del país.

Teniendo en considerando lo expuesto así como lo indicado en la Norma vigente y con los resultados del presente estudio, se propone el siguiente procedimiento:

- 1.- Determinar la zona sísmica de ubicación de la edificación (Norma E-080 Adobe del RNE)
- 2.- Determinar si el terreno donde se ubica es de pendiente muy pronunciada, con riesgo de huaycos o inundaciones y definir el tipo de suelo. (La Norma define 2 tipos de suelo, el tipo I roca o suelo muy resistente y tipo II suelo intermedio o blando)
- 3.- Hacer un esquema de los ambientes de la edificación, con sus dimensiones y las dimensiones de los muros y calcular el área total y las relaciones Largo/espesor y Alto/espesor (esbeltez)
- 4.- Compararlos con las relaciones máximas de la Norma de Adobe del Reglamento Nacional de edificaciones: Se considera vulnerable si la relación Largo/espesor es mayor de 12 y la esbeltez mayor de 9 (Estas recomendaciones se dan para asegurar un buen comportamiento de los muros ante cargas perpendiculares a su plano)
- 5.- Se verifica si el mortero es de barro o de suelo estabilizado. Si no se puede determinar se considerará como mortero de barro.
- 6.- Se verificará si tiene o no viga collar y otros refuerzos horizontales o verticales. Si no se puede determinar, se considerará sin refuerzo.
- 7.- Se evaluará el estado de los muros: Si están en buen estado o tienen grietas verticales en las esquinas y/o grietas diagonales.
- 8.- Se verificará la densidad de muros: Área de muros/área de la edificación, en cada dirección.
- 9.- Se comparará este resultado con las densidades mínimas indicadas en el Cuadros N° 33, 34 y 35 de acuerdo al tipo de edificación y a la zona sísmica de ubicación

En el caso de muros sin reforzar con fisuras verticales en los encuentros de muros, se tomarán los valores de los casos 1 y 4 (Cuadro N°33), si los muros no presentan grietas o separación de los muros transversales, se tomarán los valores de los casos 5 y 6 (Cuadros N°s 34 y 35)

Un primer nivel de evaluación sería la verificación de la densidad de muros, que involucra varios factores que inciden en el comportamiento de los

muros frente a las acciones sísmicas, como son la Zona sísmica, el tipo de suelo, el uso de la edificación y su reforzamiento.

Esta evaluación puede realizarse rápidamente con la información obtenida en la ficha correspondiente.

Un segundo nivel sería la verificación adicional de los otros factores indicados en el cuadro n° 37

Cuadro N°37 Propuesta de valoración de la vulnerabilidad de edificaciones de adobe

| FACTOR                           | INDICADOR                                 | VALOR |
|----------------------------------|---|-------|
| UBICACIÓN                        | Zona de inundaciones                      | 1     |
|                                  | Cauces de avalanchas, aluviones o huaycos | 1     |
| SUELOS                           | Suelos granulares sueltos                 | 1     |
|                                  | Suelos cohesivos blandos                  |       |
|                                  | Arcillas expansivos                       |       |
|                                  | Suelos inestables                         |       |
| <b>Zona sísmica</b>              | <b>Densidad de muros</b><br>Requerido     | 0     |
| <b>Tipo de suelo</b>             | Mayor de 90% del requerido                | 0.15  |
| <b>Uso de edificación</b>        | Mayor de 80% del requerido                | 0.25  |
|                                  | Menor de 80% del requerido                | 0.5   |
| <b>Reforzamiento</b>             | Requerido según Norma                     | 0     |
|                                  | Refuerzo parcial                          | 0.25  |
|                                  | Sin refuerzo                              | 0.35  |
| <b>Dimensionamiento de muros</b> | Relación largo/espesor - esbeltez         | 0     |
|                                  | Cumple                                    |       |
|                                  | Diferencia hasta 10%                      |       |
|                                  | Diferencia hasta 20%                      |       |
|                                  | Diferencia mayor de 20%                   |       |
| <b>Estado de muros</b>           | Buen estado                               | 0     |
|                                  | Grietas superficiales                     | 0.15  |
|                                  | Grietas atraviesan muros                  | 0.5   |
|                                  | Humedad en base de muros                  | 0.35  |



Considerando la ubicación como factor determinante, de presentarse una mala ubicación, independientemente de los otros factores se considerará la edificación de alta vulnerabilidad.

Igualmente los suelos en los cuales la Norma prohíbe construir con adobe se considerará de alta vulnerabilidad, independientemente de los otros factores.

La valoración propuesta está basada en la estimación de su influencia en la vulnerabilidad. Se considera que la densidad de muros y las grietas que los atraviesan son determinantes, mientras que las dimensiones de los muros y su reforzamiento tiene menor influencia.

Se propone que un valor menor de 0.25 como de baja vulnerabilidad, mayor de 0.25 y menor de 0.50 como de mediana vulnerabilidad, igual o mayor de 0.50 a menor de 0.75 como de alta vulnerabilidad y mayor de 0.75 como de muy alta vulnerabilidad.

### **IV.3 Aplicación de la Metodología propuesta**

Para la aplicación de la metodología propuesta, se ha elaborado una Ficha de Evaluación en Excel (Cuadro N° 36)

En ella se anotarán los datos de ubicación, zona sísmica, uso de la edificación, tipo de suelo, las dimensiones de los muros y de la edificación, si tiene refuerzos o no, así como el estado de los muros.

Se presenta también un esquema de la edificación, en el que se observa la disposición de los muros y los vanos.

Los datos de la edificación son datos que pueden definirse sin mucha complicación y en casos dudosos se dan opciones conservadoras.

En base a los datos dimensionales se calcula automáticamente la densidad de los muros y se compara con la requerida para el caso específico, que se muestran en los Cuadros N°s 33, 34 y 35

Cuadro N° 38

FICHA DE EVALUACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES DE ADOBE**

|                  |              |
|------------------|--------------|
| <b>TIPO</b>      | VIVIENDA     |
| <b>UBICACIÓN</b> | DIRECCIÓN    |
|                  | DISTRITO     |
|                  | PROVINCIA    |
|                  | DEPARTAMENTO |

**FICHA N° 001**

**ESQUEMA DE LA EDIFICACIÓN**

**OBSERVACIONES**

Pag. 1/2

| DETALLE   |  | EVALUACION         |  |
|---|--|--------------------|--|
| Zona sísmica (Ver mapa)   |  | 3                  |  |
| Zona de pendiente y huaycos   |  | Sí                 | Alta Vulnerabilidad                        |
| <b>TIPO DE SUELO</b>  | Tipo II  |                    |  |
| <b>AREA TECHADA</b>   | (dimensiones en m)   |                    |  |
| Ambiente 1  | Largo<br>ancho   | 5<br>3             |  |
| Ambiente 2  | Largo<br>ancho   | 5<br>4             |  |
| Ambiente 3  | Largo<br>ancho   | 0<br>0             |  |
| Area total  |  | 35                 |  |
| Total de muros en x   |  | 10                 |  |
| Total de muros en y   |  | 12                 |  |
| <b>DIMENSIONES DE LOS MUROS</b><br>(colocar los más largos y altos) | Largo<br>alto<br>espesor   | 5<br>2.4<br>0.4    |  |
|   | Largo/espesor<br>Esbeltez=Alto/espesor   | 12.5<br>6          | 12<br>9 *                                  |
|   |  |                    | Vulnerable<br>No Vulnerable<br>* Ver Norma |
| <b>TIPO DE MORTERO</b>  | Barro-Cemento  | No                 |  |
| (Si no sabe coloque barro)  |  |                    |  |
| <b>TIPO DE REFUERZO</b>   | Sin Refuerzo   | Sí                 |  |
| (Si no sabe coloque sin refuerzo)                                   | Viga collar<br>Viga collar y Refuerzo vertical en extremos<br>Viga collar y Refuerzo horizontal y vertical en todo el muro |                    |  |
| Estado de los Muros   | Grietas verticales en esquinas<br>Muros con fisuras diagonales   | Sí<br>No           |  |
| <b>DENSIDAD DE MUROS**</b>  |  | Dx 0.29<br>Dy 0.34 | 0.729<br>0.729                             |
| <b>RESULTADO</b>  | <b>Alta Vulnerabilidad</b>   |                    |  |

Considerando sólo la densidad de muros el resultado es de alta vulnerabilidad.

Para el segundo nivel se elaboró el cuadro de evaluación siguiente:

**CUADRO N° 39 CUADRO DE EVALUACIÓN**

| FACTOR                           | INDICADOR                                 | VALOR |
|----------------------------------|---|-------|
| <b>UBICACIÓN</b>                 | Zona de inundaciones                      | 0     |
|                                  | Cauces de avalanchas, aluviones o huaycos | 1     |
| <b>SUELOS</b>                    | Suelos granulares sueltos                 | 0     |
|                                  | Suelos cohesivos blandos                  |       |
|                                  | Arcillas expansivos                       |       |
|                                  | Suelos inestables                         |       |
| <b>Zona sísmica</b>              | <b>Densidad de muros</b><br>Requerido     | 0.5   |
| <b>Tipo de suelo</b>             | Mayor de 90% del requerido                |       |
| <b>Uso de edificación</b>        | Mayor de 80% del requerido                |       |
|                                  | Menor de 80% del requerido                |       |
| <b>Reforzamiento</b>             | Requerido según Norma                     | 0.35  |
|                                  | Refuerzo parcial                          |       |
|                                  | Sin refuerzo                              |       |
| <b>Dimensionamiento de muros</b> | Relación largo/espesor - esbeltez         | 0     |
|                                  | Cumple                                    |       |
|                                  | Diferencia hasta 10%                      |       |
|                                  | Diferencia hasta 20%                      |       |
|                                  | Diferencia mayor de 20%                   |       |
| <b>Estado de muros</b>           | Buen estado                               | 0     |
|                                  | Grietas superficiales                     |       |
|                                  | Grietas atraviesan muros                  |       |
|                                  | Humedad en base de muros                  |       |

Por su ubicación en zonas de huaycos la edificación es de muy alta vulnerabilidad, independientemente de los otros factores.

Si la edificación estuviera bien ubicada, al tener una densidad de muros menor al 80% del requerido y no contar con refuerzos la suma de 0.85 tendría también una muy alta vulnerabilidad.

#### IV.4 Validación

Para validar la propuesta, se aplicó en una vivienda ubicada en Pisco en su condición original y luego de realizado un reforzamiento mediante mallas en esquinas y muros libres y en la parte superior de los muros.

El esquema de la vivienda se presenta a continuación:

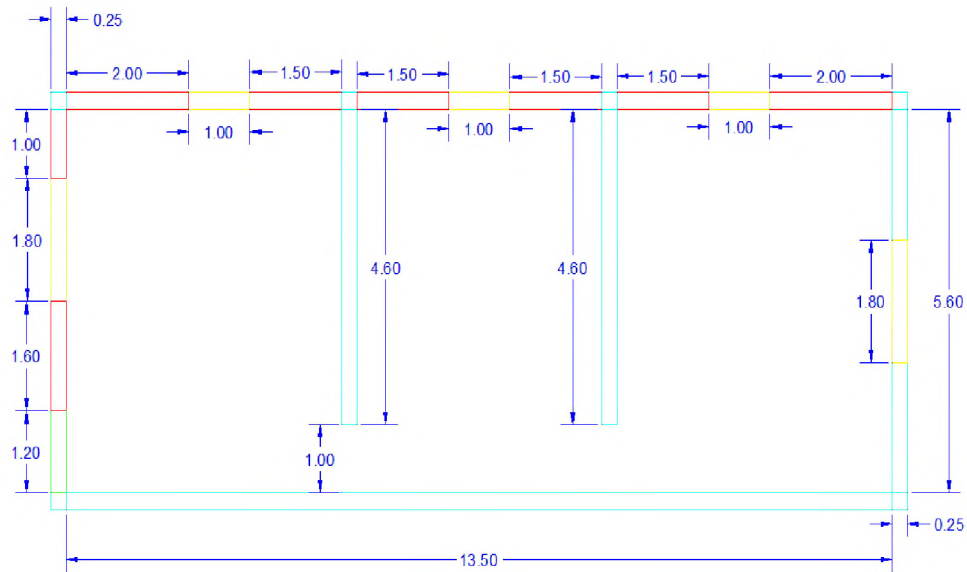


Figura N° 6 Esquema de vivienda en Pisco



Fotografía N° 1 Casa Reforzada en Guadalupe, Ica, después del Sismo del 15-08-2007

Ubicación: Calle Callao #304, esquina con la calle Rímac.

Propietario: Sr. Ego Espinoza (Informe del Ing. Angel San Bartolomé)

**CUADRO N° 40 FICHA DE VALIDACIÓN VIVIENDA ORIGINAL**

|   |  | DETALLE       |       | EVALUACIÓN          |
|---|--|---------------|-------|---------------------|
| Zona sísmica<br>(Ver mapa)  |  | 3             |       |                     |
| Zona de pendiente y huaycos   |  | No            |       |                     |
| <b>TIPO DE SUELO</b>  |  | Tipo II       |       |                     |
| <b>AREA TECHADA</b>   | (dimensiones en m)   |               |       |                     |
| Ambiente 1  | Largo  | 5.6           |       |                     |
|   | ancho  | 4.5           |       |                     |
| Ambiente 2  | Largo  | 5.6           |       |                     |
|   | ancho  | 4             |       |                     |
| Ambiente 3  | Largo  | 5.6           |       |                     |
|   | ancho  | 4.5           |       |                     |
| Area total  |  | 72.8          |       |                     |
| Total de muros en x   |  | 7.05          |       |                     |
| Total de muros en y   |  | 4.68          |       |                     |
| <b>DIMENSIONES DE LOS MUROS</b><br>(colocar los más largos y altos) | Largo  | 13.5          |       |                     |
|   | alto   | 2.4           |       |                     |
|   | espesor  | 0.3           |       |                     |
|   | Largo/espesor  | 45            | 12    | Vulnerable          |
|   | Esbeltez=Alto/espesor  | 8             | 9 *   | No Vulnerable       |
|   |  |               |       | * Ver Norma         |
| <b>TIPO DE MORTERO</b>  |  | Barro-Cemento |       | No                  |
|   | (Si no sabe coloque barro)                                   |               |       |                     |
| <b>TIPO DE REFUERZO</b>   |  | Sin Refuerzo  |       | Sí                  |
|   | Viga collar  |               |       |                     |
|   | Viga collar y Refuerzo vertical en extremos                  |               |       |                     |
|   | Viga collar y Refuerzo horizontal y vertical en todo el muro |               |       |                     |
|   | (Si no sabe coloque sin refuerzo)                            |               |       |                     |
| Estado de los Muros   | Grietas verticales en esquinas                               | No            |       |                     |
|   | Muros con fisuras diagonales                                 | No            |       | No Vulnerable       |
| <b>DENSIDAD DE MUROS**</b>  | <b>Dx</b>  | 0.10          | 0.188 | Alta Vulnerabilidad |
|   | <b>Dy</b>  | 0.06          | 0.188 | Alta Vulnerabilidad |

Resultado en base a densidad de muros: Alta vulnerabilidad

**CUADRO N° 41 FICHA DE VALIDACIÓN VIVIENDA REFORZADA**

| DETALLE   |  | EVALUACIÓN         |                |  |
|---|--|--------------------|----------------|--|
| Zona sísmica (Ver mapa)   |  | 3                  |                |  |
| Zona de pendiente y huaycos   |  | No                 |                |  |
| <b>TIPO DE SUELO</b>  | Tipo II  |                    |                |  |
| <b>AREA TECHADA</b>   | (dimensiones en m)   |                    |                |  |
| Ambiente 1  | Largo<br>ancho   | 5.6<br>4.5         |                |  |
| Ambiente 2  | Largo<br>ancho   | 5.6<br>4           |                |  |
| Ambiente 3  | Largo<br>ancho   | 5.6<br>4.5         |                |  |
| Area total  |  | 72.8               |                |  |
| Total de muros en x   |  | 7.05               |                |  |
| Total de muros en y   |  | 4.68               |                |  |
| <b>DIMENSIONES DE LOS MUROS</b><br>(colocar los más largos y altos) | Largo<br>alto<br>espesor   | 13.5<br>2.4<br>0.3 |                |  |
|   | Largo/espesor<br>Esbeltez=Alto/espesor   | 45<br>8            | 12<br>9 *      | Vulnerable<br>No Vulnerable<br>* Ver Norma |
| <b>TIPO DE MORTERO</b>  | Barro-Cemento  | No                 |                |  |
| (Si no sabe coloque barro)  |  |                    |                |  |
| <b>TIPO DE REFUERZO</b>   | Con Refuerzo   | Si                 |                |  |
| (Si no sabe coloque sin refuerzo)                                   | Viga collar<br>Viga collar y Refuerzo vertical en extremos<br>Viga collar y Refuerzo horizontal y vertical en todo el muro |                    | Si             |  |
| Estado de los Muros   | Grietas verticales en esquinas<br>Muros con fisuras diagonales   | No<br>No           |                | No Vulnerable                              |
| <b>DENSIDAD DE MUROS**</b>  | Dx<br>Dy   | 0.10<br>0.06       | 0.087<br>0.087 | No Vulnerable<br>Alta vulnerabilidad       |

Resultado en base a densidad de muros: Baja vulnerabilidad en la dirección x, alta vulnerabilidad en la dirección y.

Para el segundo nivel se elaboró el siguiente cuadro para la vivienda original

**CUADRO N° 42 EVALUACIÓN DE VIVIENDA ORIGINAL**

| FACTOR                           | INDICADOR  | VALOR |
|----------------------------------|--|-------|
|                                  |  |       |
| <b>UBICACIÓN</b>                 | Zona de inundaciones   | 0     |
|                                  | Cauces de avalanchas, aluviones o huaycos  | 0     |
|                                  |  |       |
| <b>SUELOS</b>                    | Suelos granulares sueltos  | 0     |
|                                  | Suelos cohesivos blandos   |       |
|                                  | Arcillas expansivos  |       |
|                                  | Suelos inestables  |       |
|                                  |  |       |
| <b>Zona sísmica</b>              | <b>Densidad de muros</b><br>Requerido  | 0.5   |
| <b>Tipo de suelo</b>             | Mayor de 90% del requerido   |       |
| <b>Uso de edificación</b>        | Mayor de 80% del requerido   |       |
|                                  | Menor de 80% del requerido   |       |
|                                  |  |       |
| <b>Reforzamiento</b>             | Requerido según Norma  | 0.35  |
|                                  | Refuerzo parcial   |       |
|                                  | Sin refuerzo   |       |
|                                  |  |       |
| <b>Dimensionamiento de muros</b> | Relación largo/espesor - esbeltez<br>Cumple<br>Diferencia hasta 10%<br>Diferencia hasta 20%<br>Diferencia mayor de 20% | 0.25  |
|                                  |  |       |
| <b>Estado de muros</b>           | Buen estado  |       |
|                                  | Grietas superficiales  |       |
|                                  | Grietas atraviesan muros   |       |
|                                  | Humedad en base de muros   |       |

El resultado es de 1.15 que indica una alta vulnerabilidad.



Para la vivienda reforzada tenemos el cuadro siguiente;

**CUADRO N° 43 EVALUACIÓN DE VIVIENDA REFORZADA**

| FACTOR                           | INDICADOR  | VALOR |
|----------------------------------|--|-------|
|                                  |  |       |
| <b>UBICACIÓN</b>                 | Zona de inundaciones   | 0     |
|                                  | Cauces de avalanchas, aluviones o huaycos  | 0     |
|                                  |  |       |
| <b>SUELOS</b>                    | Suelos granulares sueltos  | 0     |
|                                  | Suelos cohesivos blandos   |       |
|                                  | Arcillas expansivos  |       |
|                                  | Suelos inestables  |       |
|                                  |  |       |
| <b>Zona sísmica</b>              | <b>Densidad de muros</b><br>Requerido  | 0     |
| <b>Tipo de suelo</b>             | Mayor de 90% del requerido   |       |
| <b>Uso de edificación</b>        | Mayor de 80% del requerido   |       |
|                                  | Menor de 80% del requerido   |       |
|                                  |  |       |
| <b>Reforzamiento</b>             | Requerido según Norma  |       |
|                                  | Refuerzo parcial   | 0.25  |
|                                  | Sin refuerzo   |       |
|                                  |  |       |
| <b>Dimensionamiento de muros</b> | Relación largo/espesor - esbeltez<br>Cumple<br>Diferencia hasta 10%<br>Diferencia hasta 20%<br>Diferencia mayor de 20% | 0.25  |
|                                  |  |       |
| <b>Estado de muros</b>           | Buen estado  | 0     |
|                                  | Grietas superficiales  |       |
|                                  | Grietas atraviesan muros   |       |
|                                  | Humedad en base de muros   |       |

Con el reforzamiento realizado el resultado es 1 que muestra una reducción de la vulnerabilidad pero aún presenta una alta vulnerabilidad.

## **CAPITULO V**

# **Propuestas para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe**

## Capítulo V Propuestas para la reducción de la vulnerabilidad de edificaciones de adobe

Existen muchas propuestas para la reducción de la vulnerabilidad de las Construcciones de adobe, como las presentadas en el Capítulo II, algunas de sentido común, otras basadas en experiencias y evaluaciones subjetivas y otras con diverso grado de sustento técnico.

Las de sentido común son por ejemplo las relacionadas con la ubicación, las basadas en la experiencia podrían ser las limitaciones de altura y las últimas las relacionadas con las relaciones altura/espesor o largo/espesor o con la necesidad de reforzamiento.

Un aspecto importante, verificado en la observación posterior a los sismos es la influencia del tipo de suelo, por esta razón no se recomienda la construcción de adobe en suelos con resistencias menores a  $1 \text{ kg/cm}^2$

De acuerdo al estudio realizado, las edificaciones de adobe sin refuerzo, en zona sísmica 3 son muy vulnerables por lo que es imprescindible su reforzamiento.

El reforzamiento debe ser como mínimo una viga collar y refuerzos verticales en los extremos.

En el caso de la zona sísmica 2, es igualmente imprescindible su reforzamiento ya que si bien teóricamente sería posible construirlo sin refuerzo, no sería práctico por la alta densidad de muros necesaria.

En el caso de la zona sísmica 1, se recomienda como mínimo una viga collar para asegurar un mejor comportamiento de conjunto de los muros.

Las edificaciones deberán contar, además, con una densidad de muros mínima en ambas direcciones, según el tipo de edificación y la zona sísmica.

Es importante, que los refuerzos estén debidamente anclados a la cimentación y al techo a los muros.

El refuerzo horizontal deberá amarrarse entre sí en las esquinas y encuentros de muros.

Desde el punto de vista arquitectónico y constructivo, las recomendaciones generales son las siguientes:

- Los diseños simétricos, con las aberturas de puertas y ventanas, centrados en los muros son los más recomendables, así como las limitaciones en la esbeltez y en la relación largo/espesor.
- Estos aspectos han sido considerados en la Norma vigente, estableciéndose como límite en la esbeltez de 9, salvo diseños especiales y la relación largo/espesor máximo de 12, entre arriostres verticales.
- La esbeltez recomendada está en función de tipo de arriostres y refuerzos y el espesor mínimo de los muros es de 0.30 m
- Las aberturas deben ser menores del tercio de la longitud del muro entre arriostres verticales y su separación del extremo de los muros, entre 3 y 5 veces el espesor del muro
- Elaborar buenos adobes, con las resistencias mínimas especificadas en las normas y las dimensiones recomendadas. La resistencia mínima a la compresión del adobe será de  $12 \text{ kg/cm}^2$
- Las dimensiones recomendadas para los adobes rectangulares son que el largo sea aproximadamente el doble del ancho y que la relación entre el largo y la altura sea en el orden de 4 a 1
- Mantener el traslape adecuado en el asentado de los adobes y rellenar las juntas verticales y horizontales
- Asegurar el buen amarre de los muros en las esquinas y encuentros. Las mochetas y contrafuertes permiten un mejor amarre entre los muros.
- Protección de la humedad de los muros en la base mediante sobrecimientos y zócalos o contrazócalos y en la parte superior mediante aleros en los techos.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

## CONCLUSIONES

La conclusión principal es que se ha logrado elaborar una metodología simple para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe en base a densidades mínimas de muros para las diferentes zonas sísmica, tipos de suelos, uso de la edificación y condición de reforzamiento.

- Las disposiciones de la Norma E-080 del Reglamento Nacional de Edificaciones están orientadas a edificaciones nuevas y no señalan procedimientos específicos para la evaluación de la vulnerabilidad de construcciones existentes.
- Existen algunas especificaciones en la Norma que pueden utilizarse en la evaluación como lo referente al número de pisos según zona sísmica, al espesor mínimo y altura máxima de los muros y a la longitud entre arriostres.
- Otras son cualitativas o muy genéricas, como la simetría en planta y “la suficiente longitud de muros en cada dirección”
- Existen diversas metodologías para estimar la vulnerabilidad de las estructuras. Métodos cualitativos y cuantitativos de diferentes grados de complejidad, cuya aplicación puede tener costos elevados y por lo tanto resultar poco viables.
- Por otro lado, la mayoría de los métodos están orientados a edificaciones de concreto y algunas a edificaciones de albañilería.
- La Metodología propuesta puede facilitar realizar una rápida evaluación de la vulnerabilidad sísmica de construcciones de adobe, objetivo del presente estudio.
- En la evaluación de la vulnerabilidad, se debe considerar el manejo de las amenazas naturales en la planificación de los asentamientos humanos.
- Existe una correlación entre las características locales: suelo, geología y topografía y el grado de daños en las construcciones.
- Existen muchas publicaciones con recomendaciones para reducir la vulnerabilidad de las construcciones con adobe, la mayor parte ya incluida en la Norma vigente.

- Se han realizado muchas investigaciones para estudiar el comportamiento sísmico de las construcciones de adobe y para determinar los parámetros necesarios para una mejor evaluación estructural, con diversos resultados debido a las variables existentes y a las limitaciones de los proyectos.
- Se han realizado también numerosas evaluaciones después de sismos ocurridos en el país y en el extranjero, con una serie de recomendaciones similares, que puede considerarse que existe consenso entre los Investigadores en lo referente a las recomendaciones generales sobre las dimensiones de los muros y su reforzamiento.
- La conclusión general es que se puede reducir significativamente la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe, con un reforzamiento adecuado y una densidad de muros mínima, según su tipo y zona sísmica.
- Los diferentes tipos de reforzamiento analizados muestran un incremento del esfuerzo cortante resistente entre 50% a 150%. Un estudio posterior, de reforzamiento de muros de adobe con madera y esteras ó costales mostró un incremento en la carga resistente del 65% (Igarashi, 2005)
- Como indicamos en el Marco teórico, la Gestión del Riesgo ha sido abordado por Banco Interamericano de Desarrollo en el Programa de Información e Indicadores de gestión de riesgos y el estudio se enmarcaba en mejorar la capacidad de gestión de riesgos del país, que incluye cuatro políticas públicas: Identificación del riesgo, Reducción del riesgo, Manejo de desastres y protección financiera y gobernabilidad, de los cuales el segundo, la reducción del riesgo, fue el objetivo del Estudio.
- En la reducción del riesgo se considera el mejoramiento de vivienda y la actualización, control de la aplicación de normas y códigos de construcción y refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados.
- En ese contexto, la Metodología propuesta puede contribuir a identificar las construcciones vulnerables y proponer medidas para su reparación y/o reforzamiento y evaluar las posibles pérdidas en caso de sismo.
- Puede también facilitar la difusión de la Norma de Adobe vigente y contribuir a que las nuevas viviendas se realicen con los requerimientos normativos y con ello se mejore su comportamiento sísmico.



## RECOMENDACIONES

- Aplicar a otros diseños arquitectónicos y otros esquemas estructurales con los cuales podrá ajustarse los valores propuestos
- Aplicar a otros reforzamientos e incorporar registros de otros sismos, con lo cual podría ampliarse o precisar valores para cada tipo de reforzamiento.
- El presente trabajo no contempla el caso de edificaciones de 2 pisos, por lo que se recomienda su estudio.
- Se recomienda revisar la actual Norma de adobe y evaluar la modificación del valor del esfuerzo admisible al corte de  $0.25 \text{ Kg/cm}^2$  señalado en la misma a  $0.20 \text{ Kg/cm}^2$ , que es el valor promedio obtenido en el presente estudio para los muros reforzados por lo menos con una viga collar sobre los muros.
- Realizar estudios complementarios para verificar la posibilidad de alcanzar mayores valores de corte con los reforzamientos adicionales propuestos o con vigas y columnas de eucalipto. Los ensayos realizados muestran esta posibilidad pero se requiere un mayor número de ensayos.
- Se recomienda realizar proyectos de estimación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones con el fin de conocer el estado actual y proponer su reducción mediante el reforzamiento adecuado.
- Las recomendaciones dadas para la reducción de la vulnerabilidad de las edificaciones de adobe, dada por diversos estudios y la norma vigente, son válidas pero requieren una mayor divulgación y asistencia técnica para su aplicación, lo que debería estar a cargo de los municipios locales.
- Sin embargo, dada sus limitaciones es necesario que el Ministerio de vivienda apoye estos esfuerzos a través de la capacitación y asistencia técnica al personal de los municipios locales, así como a la población en general.

## REFERENCIAS

- 1.- Agurto Herrera, Juan Felipe Construcciones de adobe con refuerzo de eucalipto rollizo Facultad de Ingeniería Civil – UNI Lima, Perú 1974
- 2.- Apply Technology Council, ATC-20 Rapid evaluation safety asesment form 2005
- 3.- Astrosa, M., M.O. Moroni y M. Dupler Calificación sísmica de edificios de albañilería confinada con elementos de hormigón armado, Memorias de las XXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Vol. 1 Montevideo, Uruguay. 1993
- 4.- Banco Interamericano de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales (Febrero 2004) Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos – Indicadores para la Gestión de Riesgos – Dimensionamiento relativo del Riesgo y de la Gestión.
- 5.- Blondet Saavedra, M., Vargas Neumann, J., Investigación sobre vivienda rural Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería – Ministerio de Vivienda y Construcción. Lima 1978
- 6.- Boroschek, R., Astrosa, M., Osorio, C., Kausel, E., Universidad de Chile. Análisis y preparativos para enfrentar desastres naturales en Chile. Estudio realizado para OPS / OMS-ECHO, Santiago, Chile, 1996
- 7.- Calderon Cockburn, J. Las mejores prácticas por el hábitat en el Perú. Comisión Hábitat – Programa FICONG. Lima, 1996
- 8.- CISMID. Terremoto de Rioja. 29 de mayo de 1990. Informe Preliminar de las Misiones de Evaluación. Facultad de Ingeniería Civil – UNI Junio 1990 2da Edición Octubre 1990
- 9.- CISMID Los Desastres naturales y los Planes de Desarrollo económico y social de la Región Grau. Memorias del Encuentro. Piura – Tumbes 1990

- 10.- CISMID – Laboratorio de Estructuras. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú Infrastructure Development Institute – Japan Construyendo edificaciones de albañilería con tecnologías apropiadas. Guía para la construcción con albañilería. Marzo 2005
- 11.- CISMID Evaluación de daños producidos por el sismo del 25 de setiembre del 2005 en el distrito de Lamas. 2005
- 12.- Colegio de Ingenieros del Perú. Consejo Nacional. Informe sobre el terremoto del sur del Perú. 23 de junio 2001.
- 13.- Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA) Proyecto Experimental de Vivienda ( PREVI) ( Ministerio de Vivienda – Naciones Unidas ) Manual para construcción de viviendas con adobe. Oficina Nacional de Desarrollo Comunal, Dirección de Promoción. - BID
- 14.- COSUDE / ALARN Programa de Prevención de desastres naturales en América Latina. Instrumentos para el análisis y la gestión de los riesgos naturales. Guía para el especialista.
- 15.- Cuadra Liñan, C., Chang Chang, L., Centro Peruano – Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres CISMID. El sismo de Moyobamba del 04 de abril de 1991 Facultad de Ingeniería Civil – UNI Mayo 1991
- 16.- El Ingeniero de Lima. Año III N°10 Lecciones del sismo y Adobe. Consejo Departamental de Lima. Colegio de Ingenieros del Perú. Diciembre 1996.
- 17.- Gallegos, H, y Rios, R. Índice de calidad estructural sismo resistente 4ta Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Tomo 2, Viña del Mar, Chile. 1986
- 18.- Guanilo García, Horacio Alejandro Estudio de muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5 (b) Tesis Facultad de Ingeniería Civil – UNI Lima, Perú 1974
- 19.- Hartkopf, Volker Técnicas de construcción autóctonas del Perú. Convenio AID/TA/C-1345 Agencia para el Desarrollo Internacional. Washington, D.C.

- 
- Oficina de Investigación y Normalización, Ministerio de Vivienda y Construcción. Lima, Perú INTERTECT Dallas, Texas. Universidad Carnegie-Mellon. Pittsburg, Pennsylvania. Washington, D.C. Agosto 1985
- 20.- Hirosawa, M. Retrofitting and Restation of buildings in Japan IISEE Lecture Notes of Seminar Course, Tsukuba, Japan 1992
- 21.- Igarashi, Lucía "Comportamiento sísmica de estructuras de adobe". Tesis Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 2005
- 22.- ININVI - COBE ADOBE ESTABILIZADO. Informe Técnico. Lima, 1977
- 23.- INIAVI Instituto de Investigación para la Acción en Vivienda Folleto Construyendo con Adobe. Lima, 1976
- 24.- ININVI - Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda Folleto Mejores viviendas de adobe. Programa COBE. Ministerio de Vivienda y Construcción – Agencia para el Desarrollo Internacional. Perú 1978
- 25.- Kaminosono, T. Evaluation method for seismic capacity of existing reinforced concrete buildings in Japan. [www.crid.or.cr](http://www.crid.or.cr).
- 26.- Kuroiwa Horiuchi, Julio. Prevención y Mitigación de Desastres en el Perú. Seminario CISMID 1990
- 27.- Kuroiwa Horiuchi, Julio. Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza. Primera edición. Lima, 2002
- 28.- La RED. Red de estudios sociales para la prevención de desastres en América Latina. [www.desenredando.org](http://www.desenredando.org)
- 29.- Meli, R. Diseño sísmico de muros de mampostería, la práctica actual y el comportamiento observado, Memoria Simposium Internacional de Seguridad Sísmica en Vivienda Económica, CENAPRED, México D.F. México. 1991
- 30.- Merino Rosas, Francisco Estudio de muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5 (c) Tesis Facultad de Ingeniería Civil – UNI Lima, Perú 1974

- 31.- Minchola Haro, Carlos Eduardo Estudio de muros de adobe sometidos a cargas horizontales Parte 5 (a) Tesis Facultad de Ingeniería Civil – UNI Lima, Perú 1974
- 32.- Nakano, Y. , Maeda, M. , Kuramoto, H. , Murakami, M. 13th World conference on earthquake engineering. Vancouver. Canadá 2004
- 33.- Nakano, Y. Seismic rehabilitation of school buildings in Japan. Journal of Japan Association for earthquake engineering Vol. 4 N° 3 (Special Issue) 2004
- 34.- New Zealand society for earthquake engineering, Post-earthquake building safety evaluation procedures. 2005
- 35.- Organización de los Estados Americanos Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de amenazas naturales para reducir los daños. Washington, D.C. 1991
- 36.- Oficina de Investigación y Normalización de la Vivienda. Cartilla El Adobe Estabilizado. Programa COBE. Ministerio de Vivienda y Construcción – Agencia para el Desarrollo Internacional. Perú 1978
- 37.- Pontificia Universidad Católica del Perú. Nuevas Casas resistentes de Adobe Cartilla N° 2 REGION DE LA COSTA. Agencia para el Desarrollo Internacional – USAID / PERU – Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO
- 38.- Quiun, D., San Bartolomé, A., Torrealva, D., Zegarra, L., El Terremoto de Nasca del 12 de noviembre de 1996 Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Sección Ingeniería Civil. Publicación DI-97-01 Lima, enero 1997
- 39.- Quispe Aucapuclla, Norbertt Luis, Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho. Tesis FIC-UNI 2004
- 40.- Salazar Alvarado, Vulnerabilidad y Análisis del Riesgo sísmico de Huaraz Tesis N° 3711 FIC –UNI

- 41.- Shiga, T. Earthquake Damage and the Amount of Walls in Reinforced Concrete Buildings, Proceedings 6th World Conference of Earthquake Engineering, New Delhi, India. 1977
- 42.- Tejada Schmidt, Urbano Buena tierra. Apuntes para el diseño y construcción con adobe. CIDAP 2001
- 43.- Vargas Neumann, J. Vivienda rural en adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. XIX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Santiago – Chile Abril 1978 Publicación DI –78 – 01
- 44.- Vargas Neumann, J. Análisis de muros verticales de adobe. Pontificia Universidad Católica, Departamento de Ingeniería. Simposium internacional sobre el terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 y el Proceso de Reconstrucción de Guatemala. Mayo 1978 Publ. DI–78– 02
- 45.- 1/2 de construcción .Nº 121 Nasca, lecciones de un sismo. Diciembre 1996

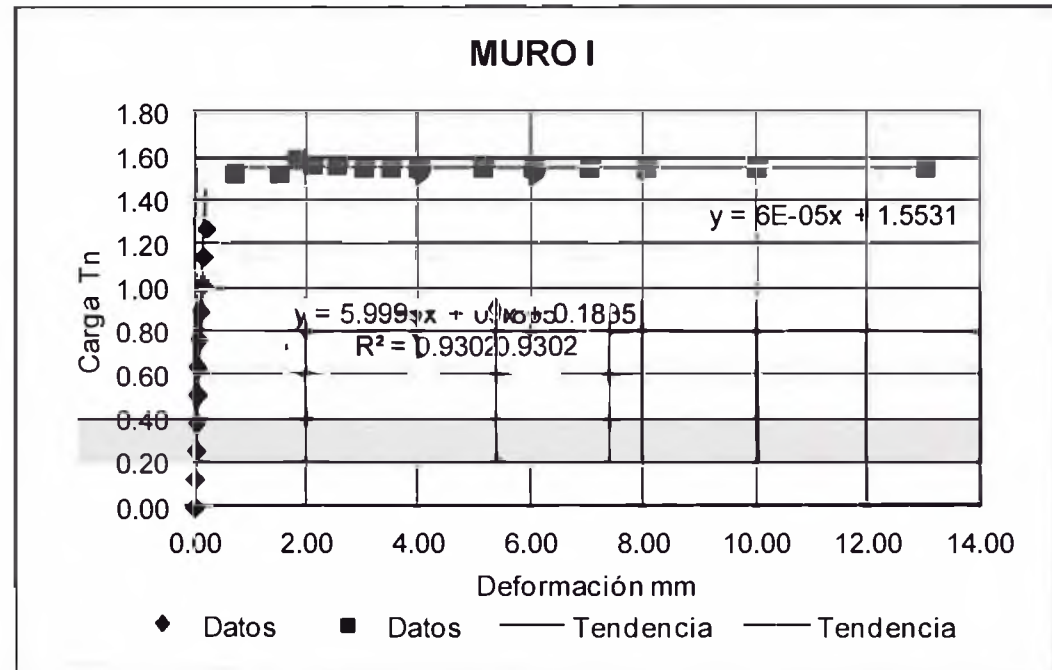
Lima, julio de 2012

## **ANEXO N° 1**

# **Datos de los ensayos de los muros**

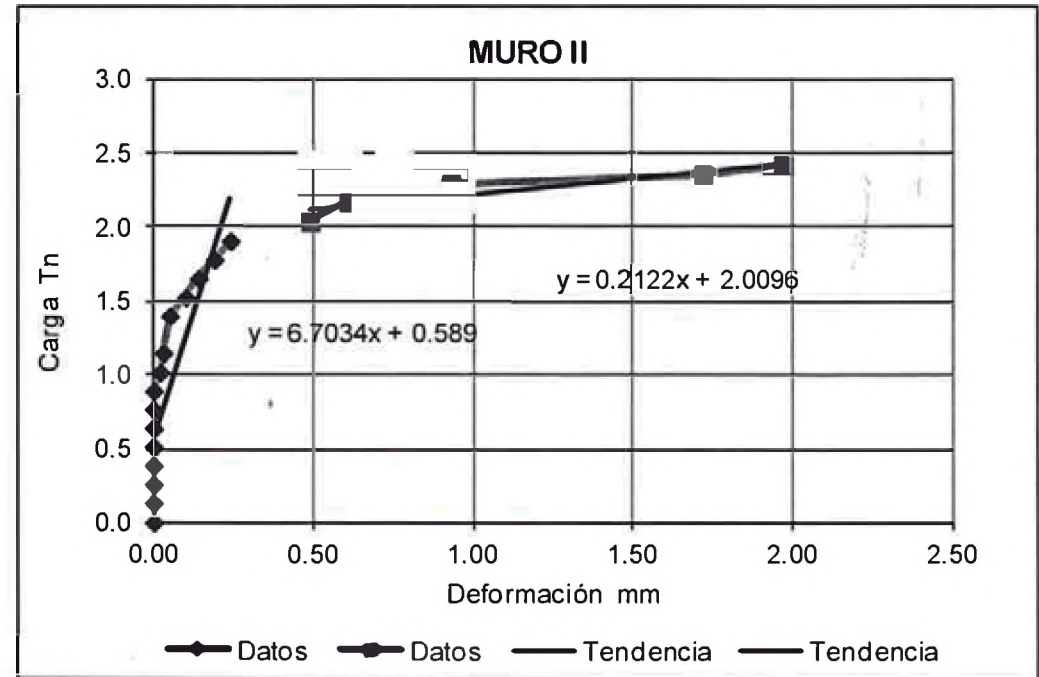
## ENSAYOS DE CORTE EN MUROS

| MURO 1 MINCHOLA L=3.15 H= 2.20 e= 0.40 |          |           |                   |                       |
|--|----------|-----------|-------------------|-----------------------|
| Carga Kg                               | Carga Tn | Def. 3 mm | Esf. Corte kg/cm2 | Distorsión mm/mm *100 |
| 0.00                                   | 0.000    | 0.00      | 0.0000            | 0.0000                |
| 127.25                                 | 0.127    | 0.00      | 0.0101            | 0.0000                |
| 254.50                                 | 0.255    | 0.02      | 0.0202            | 0.0091                |
| 381.75                                 | 0.382    | 0.04      | 0.0303            | 0.0159                |
| 509.00                                 | 0.509    | 0.05      | 0.0404            | 0.0227                |
| 636.25                                 | 0.636    | 0.06      | 0.0505            | 0.0250                |
| 763.50                                 | 0.764    | 0.07      | 0.0606            | 0.0318                |
| 890.75                                 | 0.891    | 0.10      | 0.0707            | 0.0455                |
| 1018.00                                | 1.018    | 0.13      | 0.0808            | 0.0591                |
| 1145.25                                | 1.145    | 0.16      | 0.0909            | 0.0727                |
| 1272.50                                | 1.273    | 0.21      | 0.1010            | 0.0955                |
| 1399.75                                | 1.400    | 0.34      | 0.1111            | 0.1545                |
| 1527.00                                | 1.527    | 0.72      | 0.1212            | 0.3273                |
| 1527.00                                | 1.527    | 1.52      | 0.1212            | 0.6909                |
| 1590.63                                | 1.591    | 1.83      | 0.1262            | 0.8318                |
| 1565.18                                | 1.565    | 2.12      | 0.1242            | 0.9636                |
| 1565.18                                | 1.565    | 2.55      | 0.1242            | 1.1591                |
| 1552.45                                | 1.552    | 3.03      | 0.1232            | 1.3773                |
| 1552.45                                | 1.552    | 3.51      | 0.1232            | 1.5955                |
| 1552.45                                | 1.552    | 4.00      | 0.1232            | 1.8182                |
| 1552.45                                | 1.552    | 5.14      | 0.1232            | 2.3364                |
| 1552.45                                | 1.552    | 6.05      | 0.1232            | 2.7500                |
| 1552.45                                | 1.552    | 7.04      | 0.1232            | 3.2000                |
| 1552.45                                | 1.552    | 8.05      | 0.1232            | 3.6591                |
| 1552.45                                | 1.552    | 10.01     | 0.1232            | 4.5500                |
| 1552.45                                | 1.552    | 13.03     | 0.1232            | 5.9227                |
| 1591                                   | 1.591    |           | 0.1263            |                       |

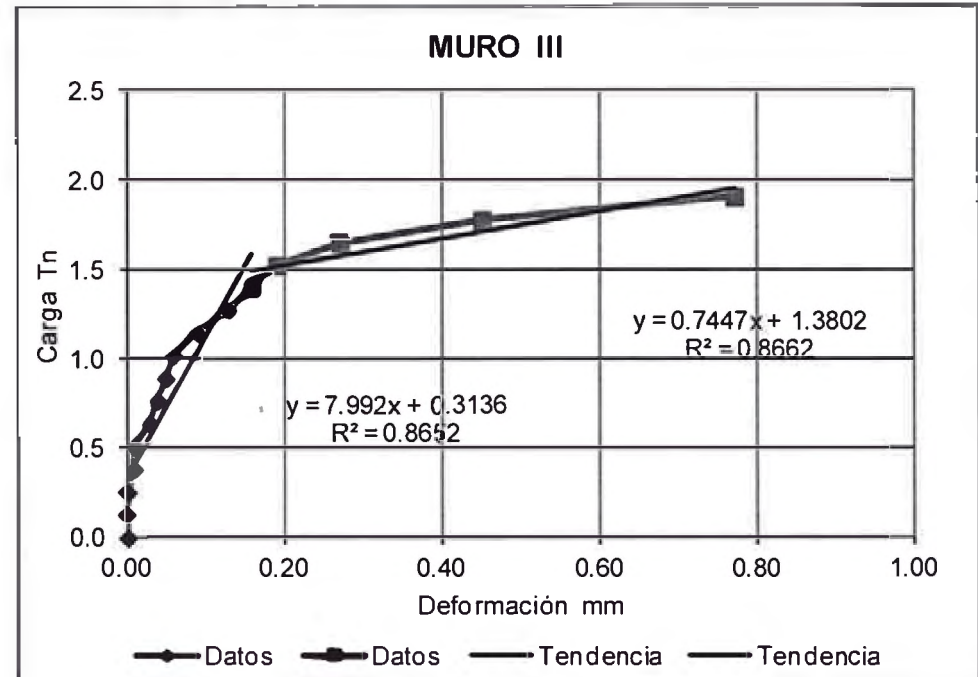




| MURO 4 MINCHOLA |             | L=3.15       | H= 2.20              | e= 0.40                     |
|-----------------|-------------|--------------|----------------------|-----------------------------|
| Carga<br>kg     | Carga<br>Tn | Def. 3<br>mm | Esf. Corte<br>kg/cm2 | Distorsión<br>mm/mm<br>*100 |
| 0.00            | 0.0000      | 0.00         | 0.0000               | 0.0000                      |
| 127.25          | 0.1273      | 0.00         | 0.0101               | 0.0000                      |
| 254.50          | 0.2545      | 0.00         | 0.0202               | 0.0000                      |
| 381.70          | 0.3817      | 0.00         | 0.0303               | 0.0000                      |
| 509.00          | 0.5090      | 0.00         | 0.0404               | 0.0000                      |
| 636.25          | 0.6363      | 0.00         | 0.0505               | 0.0000                      |
| 763.25          | 0.7633      | 0.00         | 0.0606               | 0.0000                      |
| 890.75          | 0.8908      | 0.00         | 0.0707               | 0.0000                      |
| 1018.00         | 1.0180      | 0.02         | 0.0808               | 0.0009                      |
| 1145.25         | 1.1453      | 0.03         | 0.0909               | 0.0014                      |
| 1399.75         | 1.3998      | 0.05         | 0.1111               | 0.0023                      |
| 1527.00         | 1.5270      | 0.10         | 0.1212               | 0.0045                      |
| 1654.00         | 1.6540      | 0.14         | 0.1313               | 0.0064                      |
| 1781.50         | 1.7815      | 0.19         | 0.1414               | 0.0086                      |
| 1908.75         | 1.9088      | 0.24         | 0.1515               | 0.0109                      |
| 2036.00         | 2.0360      | 0.49         | 0.1616               | 0.0223                      |
| 2163.25         | 2.1633      | 0.61         | 0.1717               | 0.0223                      |
| 2290.50         | 2.2905      | 0.93         | 0.1818               | 0.0277                      |
| 2354.10         | 2.3541      | 1.72         | 0.1868               | 0.0423                      |
| 2417.75         | 2.4178      | 1.97         | 0.1919               | 0.0782                      |
| 2494.10         | 2.4941      | 2.68         | 0.1979               | 0.0895                      |
| 2748.60         | 2.7486      | 8.77         | 0.2181               |                             |



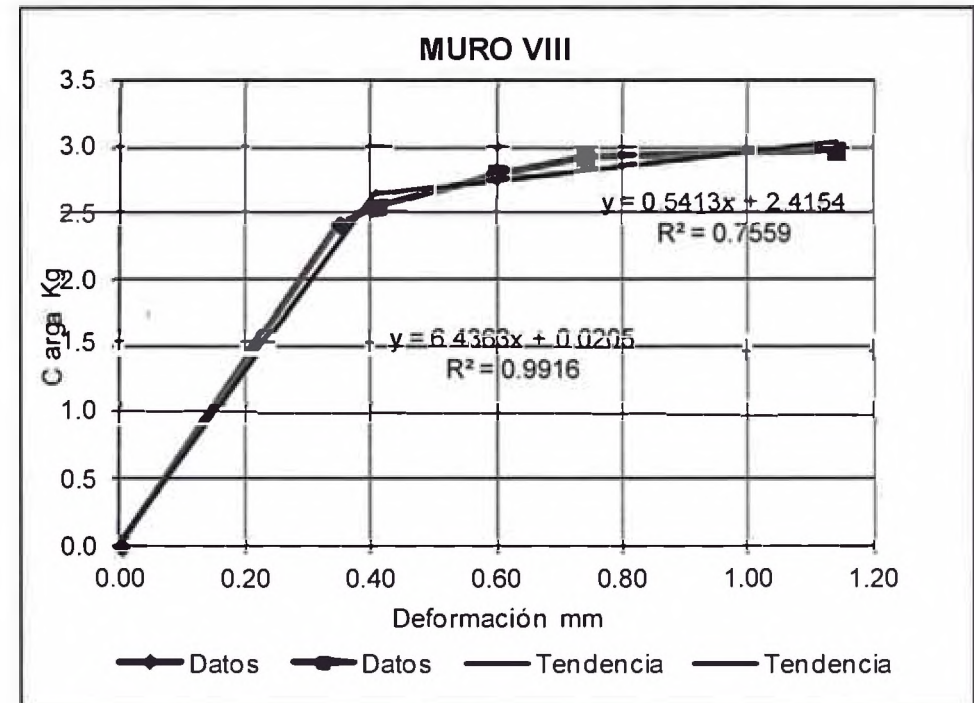
| MURO 7 MINCHOLA L=3.15 H= 2.20 e= 0.40 |             |              |                      |                             |
|--|-------------|--------------|----------------------|-----------------------------|
| Carga<br>kg                            | Carga<br>Tn | Def. 3<br>mm | Esf. Corte<br>kg/cm2 | Distorsión<br>mm/mm<br>*100 |
| 0.00                                   | 0.000       | 0.000        | 0.0000               | 0.0000                      |
| 127.25                                 | 0.127       | 0.000        | 0.0101               | 0.0000                      |
| 254.50                                 | 0.255       | 0.000        | 0.0202               | 0.0000                      |
| 381.75                                 | 0.382       | 0.010        | 0.0303               | 0.0005                      |
| 509.00                                 | 0.509       | 0.010        | 0.0404               | 0.0005                      |
| 636.25                                 | 0.636       | 0.030        | 0.0505               | 0.0014                      |
| 763.50                                 | 0.764       | 0.040        | 0.0606               | 0.0018                      |
| 890.75                                 | 0.891       | 0.050        | 0.0707               | 0.0023                      |
| 1018.00                                | 1.018       | 0.060        | 0.0808               | 0.0027                      |
| 1145.25                                | 1.145       | 0.090        | 0.0909               | 0.0041                      |
| 1272.50                                | 1.273       | 0.130        | 0.1010               | 0.0059                      |
| 1399.75                                | 1.400       | 0.160        | 0.1111               | 0.0073                      |
| 1527.00                                | 1.527       | 0.190        | 0.1212               | 0.0086                      |
| 1654.25                                | 1.654       | 0.270        | 0.1313               | 0.0123                      |
| 1781.50                                | 1.782       | 0.450        | 0.1414               | 0.0205                      |
| 1908.75                                | 1.909       | 0.770        | 0.1515               | 0.0350                      |
| 2265.00                                | 2.265       |              | 0.1798               |                             |



MURO 2 GUANILO L= 3.15 H= 2.16 e= 0.40

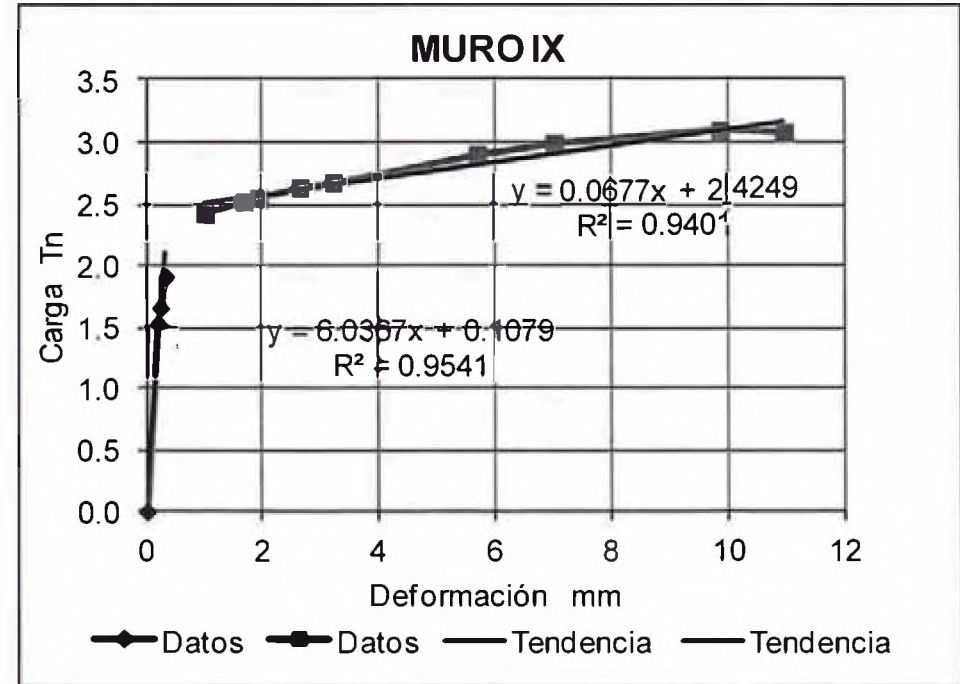
h= 1.99

| CARGA<br>Kg | CARGA<br>Tn | Def. 3<br>mm | Esf. Corte<br>kg/cm2 | Distorsión<br>mm/mm<br>*100 |
|-------------|-------------|--------------|----------------------|-----------------------------|
| 0           | 0.000       | 0.000        | 0.0000               | 0.0000                      |
| 2413        | 2.413       | 0.350        | 0.1915               | 0.0175                      |
| 2540        | 2.540       | 0.410        | 0.2016               | 0.0205                      |
| 2794        | 2.794       | 0.600        | 0.2217               | 0.0300                      |
| 2921        | 2.921       | 0.740        | 0.2318               | 0.0370                      |
| 2971        | 2.971       | 1.140        | 0.2358               | 0.0570                      |
| 0           | 0.000       | 0.570        | 0.0000               | 0.0285                      |
| 1016        | 1.016       | 0.580        | 0.0806               | 0.0290                      |
| 2032        | 2.032       | 0.790        | 0.1613               | 0.0395                      |
| 2794        | 2.794       | 1.640        | 0.2217               | 0.0820                      |
| 2857        | 2.857       | 2.210        | 0.2267               | 0.1106                      |
| 2794        | 2.794       | 6.910        | 0.2217               | 0.3457                      |
| 2730        | 2.730       | 11.910       | 0.2167               | 0.5958                      |



MURO 5 GUANILO L= 3.15 m H= 2.20 e= 0.40  
h= 2.04

| CARGA Kg | CARGA Tn | Def. 3 mm | Esf. Corte kg/cm2 | Distorsión mm/mm *100 |
|----------|----------|-----------|-------------------|-----------------------|
| 0        | 0        | 0         | 0                 | 0                     |
| 1524     | 1.524    | 0.2       | 0.1210            | 0.0098                |
| 1651     | 1.651    | 0.24      | 0.1310            | 0.0118                |
| 1905     | 1.905    | 0.33      | 0.1512            | 0.0162                |
| 2413     | 2.413    | 1.01      | 0.1915            | 0.0495                |
| 2514     | 2.514    | 1.68      | 0.1995            | 0.0824                |
| 2540     | 2.54     | 1.93      | 0.2016            | 0.0946                |
| 2628     | 2.628    | 2.65      | 0.2086            | 0.1299                |
| 2667     | 2.667    | 3.22      | 0.2117            | 0.1578                |
| 2895     | 2.895    | 5.68      | 0.2298            | 0.2784                |
| 2984     | 2.984    | 7.01      | 0.2368            | 0.3436                |
| 3086     | 3.086    | 9.85      | 0.2449            | 0.4828                |
| 3073     | 3.073    | 10.95     | 0.2439            | 0.5368                |
| 3048     | 3.048    | 13.87     | 0.2419            | 0.6799                |
| 2032     | 2.032    | 13.54     | 0.1613            | 0.6637                |
| 1016     | 1.016    | 11.41     | 0.0806            | 0.5593                |
| 0        | 0        | 9.11      | 0.0000            | 0.4466                |
| 2540     | 2.54     | 13.06     | 0.2016            | 0.6402                |
| 2514     | 2.514    | 16        | 0.1995            | 0.7843                |



**MURO 8 GUANILO**

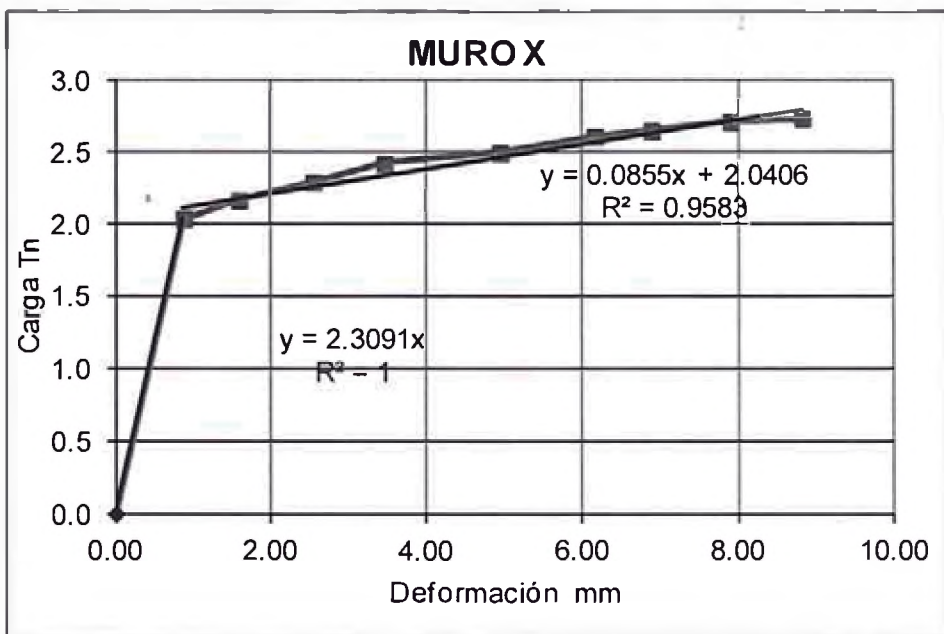
L= 3.15

H= 2.20

e= 0.40

h= 1.99

| <b>CARGA<br/>Kg</b> | <b>Carga<br/>Tn</b> | <b>Def. 3<br/>mm</b> | <b>Esf. Corte<br/>kg/cm2</b> | <b>Distorsión<br/>mm/mm<br/>*100</b> |
|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 0                   | 0.000               | 0.00                 | 0                            | 0                                    |
| 2032                | 2.032               | 0.88                 | 0.1613                       | 0.0442                               |
| 2159                | 2.159               | 1.59                 | 0.1713                       | 0.0799                               |
| 2286                | 2.286               | 2.55                 | 0.1814                       | 0.1281                               |
| 2413                | 2.413               | 3.46                 | 0.1915                       | 0.1739                               |
| 2489                | 2.489               | 4.94                 | 0.1975                       | 0.2482                               |
| 2603                | 2.603               | 6.15                 | 0.2066                       | 0.3090                               |
| 2641                | 2.641               | 6.88                 | 0.2096                       | 0.3457                               |
| 2705                | 2.705               | 7.90                 | 0.2147                       | 0.3970                               |
| 2730                | 2.730               | 8.83                 | 0.2167                       | 0.4437                               |
| 2667                | 2.667               | 11.76                | 0.2117                       | 0.5910                               |
| 0                   | 0.000               | 7.43                 | 0.0000                       | 0.3734                               |
| 2286                | 2.286               | 18.24                | 0.1814                       | 0.9166                               |
| 1651                | 1.651               | 44.17                | 0.1310                       | 2.2196                               |
| 1397                | 1.397               | 66.90                | 0.1109                       | 3.3618                               |
| 0                   | 0                   | 56.17                | 0.0000                       | 2.8226                               |



**MURO 3 MERINO**

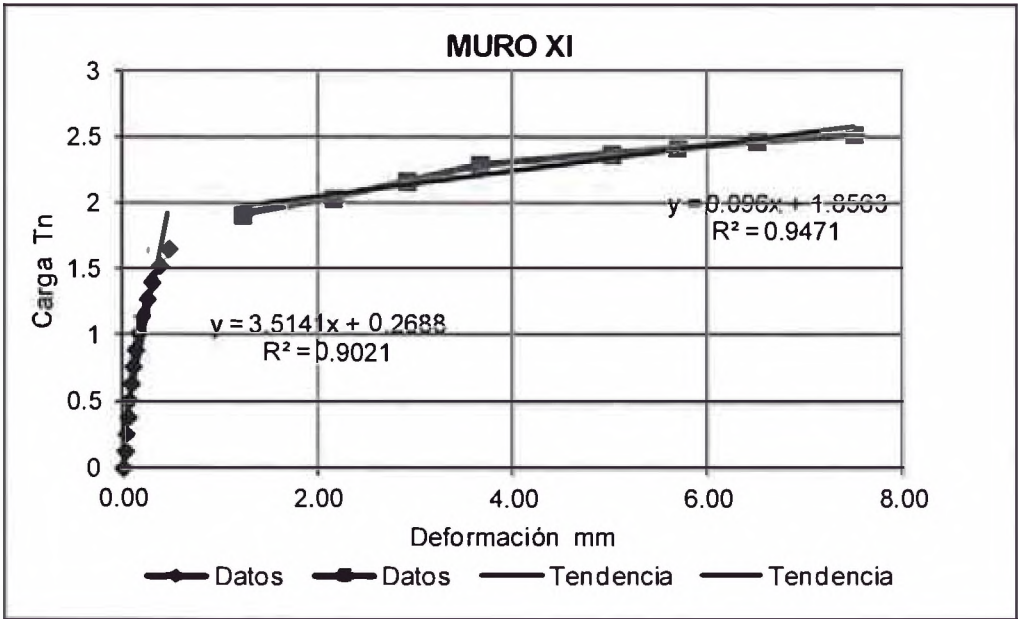
L= 3.15

H= 2.20

e= 0.40

h= 2.00

| <b>CARGA</b><br><b>Kg</b> | <b>Carga</b><br><b>Tn</b> | <b>Def. 3</b><br><b>mm</b> | <b>Esf. Corte</b><br><b>kg/cm2</b> | <b>Distorsión</b><br><b>mm/mm</b><br><b>*100</b> |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|
| 0                         | 0                         | 0.00                       | 0                                  | 0  |
| 127                       | 0.127                     | 0.02                       | 0.0101                             | 0.0010   |
| 255                       | 0.255                     | 0.03                       | 0.0202                             | 0.0015   |
| 382                       | 0.382                     | 0.05                       | 0.0303                             | 0.0025   |
| 509                       | 0.509                     | 0.06                       | 0.0404                             | 0.0030   |
| 636                       | 0.636                     | 0.08                       | 0.0505                             | 0.0040   |
| 764                       | 0.764                     | 0.10                       | 0.0606                             | 0.0050   |
| 891                       | 0.891                     | 0.13                       | 0.0707                             | 0.0063   |
| 1018                      | 1.018                     | 0.16                       | 0.0808                             | 0.0080   |
| 1145                      | 1.145                     | 0.20                       | 0.0909                             | 0.0100   |
| 1273                      | 1.273                     | 0.25                       | 0.1010                             | 0.0125   |
| 1400                      | 1.400                     | 0.30                       | 0.1111                             | 0.0150   |
| 1527                      | 1.527                     | 0.38                       | 0.1212                             | 0.0190   |
| 1655                      | 1.655                     | 0.47                       | 0.1313                             | 0.0235   |
| 1782                      | 1.782                     | 0.65                       | 0.1414                             | 0.0325   |
| 1909                      | 1.909                     | 1.23                       | 0.1515                             | 0.0615   |
| 2036                      | 2.036                     | 2.15                       | 0.1616                             | 0.1075   |
| 2164                      | 2.164                     | 2.90                       | 0.1717                             | 0.1450   |
| 2291                      | 2.291                     | 3.65                       | 0.1818                             | 0.1825   |
| 2367                      | 2.367                     | 5.00                       | 0.1879                             | 0.2500   |
| 2418                      | 2.418                     | 5.68                       | 0.1919                             | 0.2840   |
| 2469                      | 2.469                     | 6.50                       | 0.1960                             | 0.3250   |
| 2520                      | 2.520                     | 7.50                       | 0.2000                             | 0.3750   |
| 2367                      | 2.367                     | 8.00                       | 0.1879                             | 0.4000   |
| 2291                      | 2.291                     | 9.00                       | 0.1818                             | 0.4500   |
| 2380                      | 2.380                     | 11.00                      | 0.1889                             | 0.5500   |
| 2164                      | 2.164                     | 14.00                      | 0.1717                             | 0.7000   |
| 1782                      | 1.782                     | 19.00                      | 0.1414                             | 0.9500   |
| 0                         | 0.000                     | 14.00                      | 0.0000                             | 0.7000   |
| 764                       | 0.764                     | 14.66                      | 0.0606                             | 0.7330   |
| 1527                      | 1.527                     | 17.36                      | 0.1212                             | 0.8680   |
| 1680                      | 1.680                     | 19.10                      | 0.1333                             | 0.9550   |
| 0                         | 0                         | 16.08                      | 0.0000                             | 0.8040   |

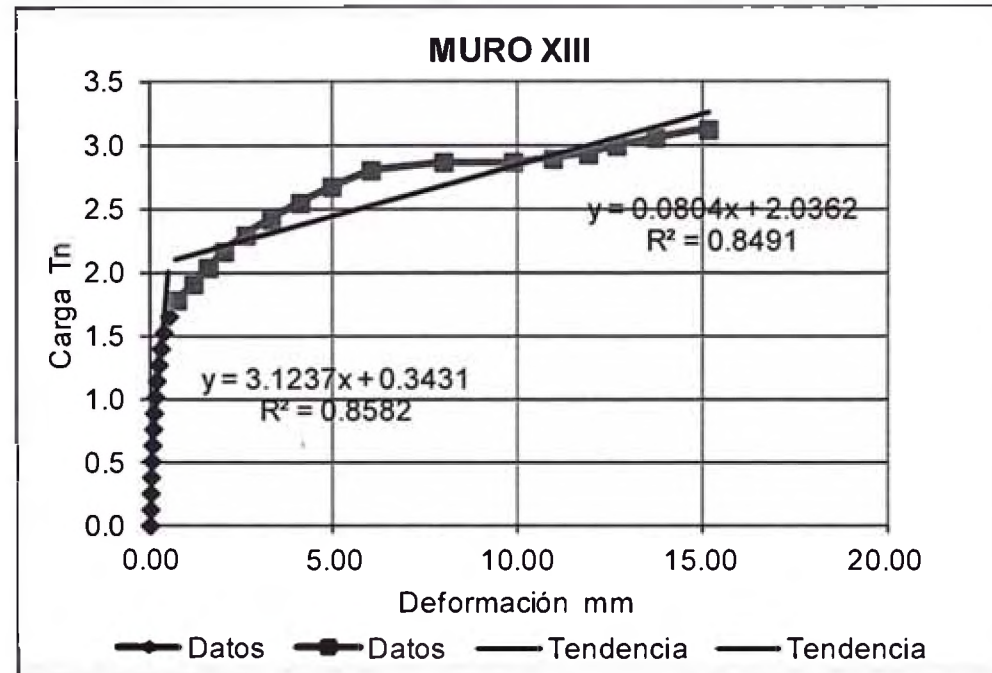






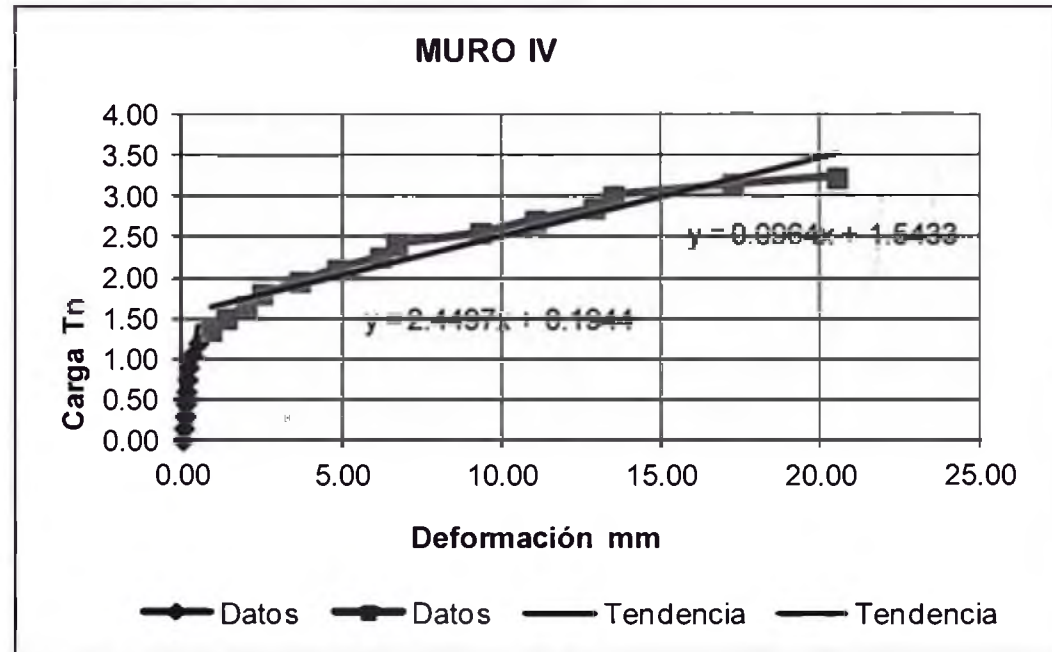
MURO 9 MERINO L= 3.15 H= 2.20 e= 0.40  
h= 1.93

| CARGA Kg | Carga Tn | Def. 3 mm | Esf. Corte kg/cm2 | Distorsión mm/mm *100 |
|----------|----------|-----------|-------------------|-----------------------|
| 0        | 0.000    | 0.00      | 0                 | 0                     |
| 127      | 0.127    | 0.01      | 0.0101            | 0.0005                |
| 255      | 0.255    | 0.02      | 0.0202            | 0.0010                |
| 382      | 0.382    | 0.03      | 0.0303            | 0.0016                |
| 509      | 0.509    | 0.05      | 0.0404            | 0.0026                |
| 636      | 0.636    | 0.07      | 0.0505            | 0.0036                |
| 764      | 0.764    | 0.09      | 0.0606            | 0.0047                |
| 891      | 0.891    | 0.11      | 0.0707            | 0.0057                |
| 1018     | 1.018    | 0.15      | 0.0808            | 0.0078                |
| 1145     | 1.145    | 0.19      | 0.0909            | 0.0098                |
| 1273     | 1.273    | 0.24      | 0.1010            | 0.0124                |
| 1400     | 1.400    | 0.30      | 0.1111            | 0.0155                |
| 1527     | 1.527    | 0.38      | 0.1212            | 0.0197                |
| 1655     | 1.655    | 0.53      | 0.1313            | 0.0275                |
| 1782     | 1.782    | 0.74      | 0.1414            | 0.0383                |
| 1909     | 1.909    | 1.19      | 0.1515            | 0.0617                |
| 2036     | 2.036    | 1.59      | 0.1616            | 0.0824                |
| 2164     | 2.164    | 2.02      | 0.1717            | 0.1047                |
| 2291     | 2.291    | 2.61      | 0.1818            | 0.1352                |
| 2418     | 2.418    | 3.30      | 0.1919            | 0.1710                |
| 2545     | 2.545    | 4.10      | 0.2020            | 0.2124                |
| 2673     | 2.673    | 4.95      | 0.2121            | 0.2565                |
| 2800     | 2.800    | 6.01      | 0.2222            | 0.3114                |
| 2864     | 2.864    | 7.98      | 0.2273            | 0.4135                |
| 2864     | 2.864    | 9.87      | 0.2273            | 0.5114                |
| 2889     | 2.889    | 10.95     | 0.2293            | 0.5674                |
| 2927     | 2.927    | 11.90     | 0.2323            | 0.6166                |
| 2991     | 2.991    | 12.68     | 0.2374            | 0.6570                |
| 3054     | 3.054    | 13.72     | 0.2424            | 0.7109                |
| 3118     | 3.118    | 15.15     | 0.2475            | 0.7850                |
| 3054     | 3.054    | 16.30     | 0.2424            | 0.8446                |
| 2991     | 2.991    | 17.75     | 0.2374            | 0.9197                |
| 2036     | 2.036    | 17.16     | 0.1616            | 0.8891                |
| 1018     | 1.018    | 14.79     | 0.0808            | 0.7663                |
| 0        | 0.000    | 7.32      | 0.0000            | 0.3793                |
| 1018     | 1.018    | 9.32      | 0.0808            | 0.4829                |
| 2036     | 2.036    | 13.38     | 0.1616            | 0.6933                |
| 2927     | 2.927    | 19.42     | 0.2323            | 1.0062                |
| 2953     | 2.953    | 20.55     | 0.2344            | 1.0648                |
| 2991     | 2.991    | 21.72     | 0.2374            | 1.1254                |
| 3054     | 3.054    | 24.15     | 0.2424            | 1.2513                |
| 2927     | 2.927    | 25.24     | 0.2323            | 1.3078                |
| 2380     | 2.380    | 30.00     | 0.1889            | 1.5544                |
| 2164     | 2.164    | 31.40     | 0.1717            | 1.6269                |
| 1527     | 1.527    | 40.00     | 0.1212            | 2.0725                |
| 1018     | 1.018    | 37.94     | 0.0808            | 1.9658                |
| 509      | 0.509    | 31.77     | 0.0404            | 1.6461                |
| 0        | 0.000    | 22.63     | 0.0000            | 1.1725                |



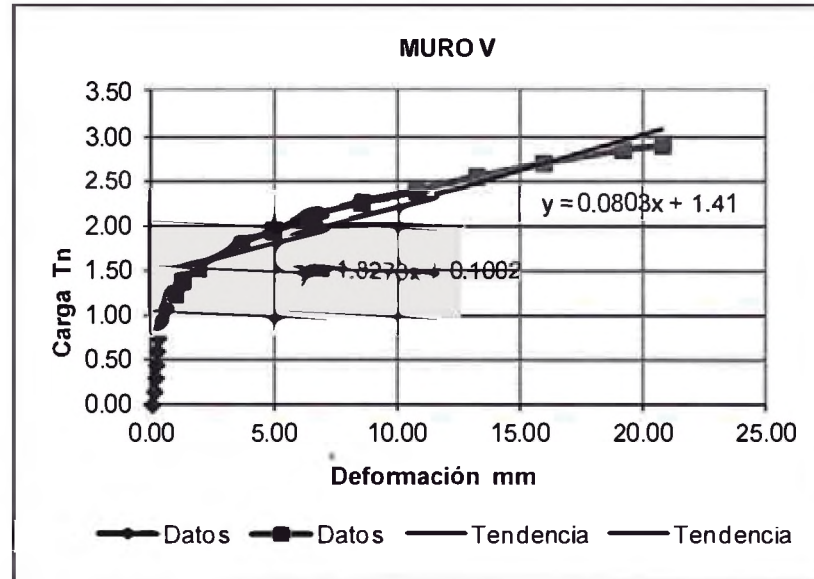
MIC AGURTO L=3.10 H= 2.00 e= 0.38  
h=1.90

| Carga kg | Carga Tn | Def. 3 | Esf. Corte kg/m2 | Distorsión mm/mm *100 |
|----------|----------|--------|------------------|-----------------------|
| 0        | 0.00     | 0.00   | 0                | 0                     |
| 150      | 0.15     | 0.04   | 0.0125           | 0.0021                |
| 300      | 0.30     | 0.07   | 0.0251           | 0.0037                |
| 450      | 0.45     | 0.10   | 0.0376           | 0.0053                |
| 600      | 0.60     | 0.12   | 0.0501           | 0.0063                |
| 750      | 0.75     | 0.16   | 0.0627           | 0.0084                |
| 900      | 0.90     | 0.20   | 0.0752           | 0.0105                |
| 1050     | 1.05     | 0.30   | 0.0877           | 0.0158                |
| 1200     | 1.20     | 0.50   | 0.1003           | 0.0263                |
| 1350     | 1.35     | 0.90   | 0.1128           | 0.0474                |
| 1500     | 1.50     | 1.38   | 0.1253           | 0.0726                |
| 1650     | 1.65     | 2.00   | 0.1378           | 0.1053                |
| 1800     | 1.80     | 2.50   | 0.1504           | 0.1316                |
| 1950     | 1.95     | 3.68   | 0.1629           | 0.1937                |
| 2100     | 2.10     | 4.85   | 0.1754           | 0.2553                |
| 2250     | 2.25     | 6.20   | 0.1880           | 0.3263                |
| 2400     | 2.40     | 6.70   | 0.2005           | 0.3526                |
| 2550     | 2.55     | 9.33   | 0.2130           | 0.4911                |
| 2700     | 2.70     | 11.05  | 0.2256           | 0.5816                |
| 2850     | 2.85     | 12.88  | 0.2381           | 0.6779                |
| 3000     | 3.00     | 13.50  | 0.2506           | 0.7105                |
| 3150     | 3.15     | 17.23  | 0.2632           | 0.9068                |
| 3225     | 3.23     | 20.50  | 0.2694           | 1.0789                |



M2Ca AGURTO L=2.40 H= 2.00 e= 0.38  
h=1.90

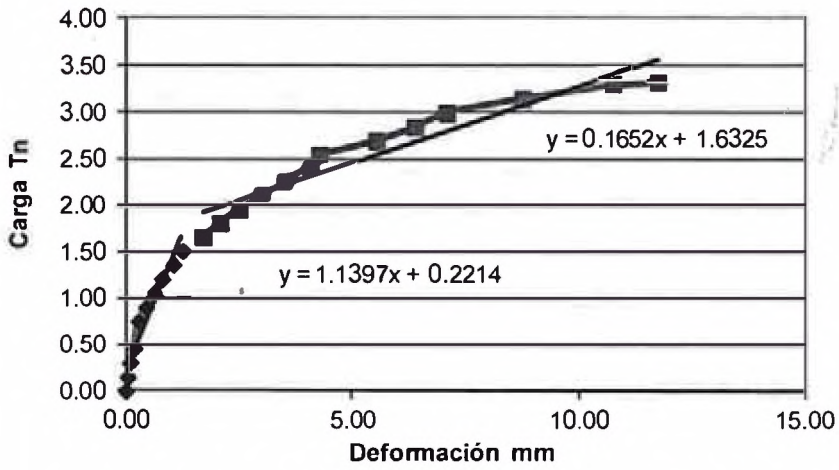
| Carga kg | Carga Tn | Def. 3 | Esf. Corte kg/m2 | Distorsión mm/mm *100 |
|----------|----------|--------|------------------|-----------------------|
| 0        | 0.00     | 0.00   | 0.0000           | 0.0000                |
| 150      | 0.15     | 0.09   | 0.0164           | 0.0047                |
| 300      | 0.30     | 0.15   | 0.0329           | 0.0079                |
| 450      | 0.45     | 0.17   | 0.0493           | 0.0089                |
| 600      | 0.60     | 0.20   | 0.0658           | 0.0105                |
| 750      | 0.75     | 0.25   | 0.0822           | 0.0132                |
| 900      | 0.90     | 0.40   | 0.0987           | 0.0211                |
| 1050     | 1.05     | 0.60   | 0.1151           | 0.0316                |
| 1200     | 1.20     | 0.95   | 0.1316           | 0.0500                |
| 1350     | 1.35     | 1.25   | 0.1480           | 0.0658                |
| 1500     | 1.50     | 1.88   | 0.1645           | 0.0989                |
| 1800     | 1.80     | 3.65   | 0.1974           | 0.1921                |
| 1950     | 1.95     | 4.95   | 0.2138           | 0.2605                |
| 2100     | 2.10     | 6.55   | 0.2303           | 0.3447                |
| 2250     | 2.25     | 8.50   | 0.2467           | 0.4474                |
| 2400     | 2.40     | 10.75  | 0.2632           | 0.5658                |
| 2550     | 2.55     | 13.20  | 0.2796           | 0.6947                |
| 2700     | 2.70     | 15.93  | 0.2961           | 0.8384                |
| 2850     | 2.85     | 19.13  | 0.3125           | 1.0068                |
| 2900     | 2.90     | 20.75  | 0.3180           | 1.0921                |



**M2Cb AGURTO** L=2.60 H= 2.00 e= 0.38  
h=1.90

| <b>Carga<br/>kg</b> | <b>Carga<br/>Tn</b> | <b>Def. 3</b> | <b>Esf. Corte<br/>kg/m2</b> | <b>Distorsión<br/>mm/mm<br/>*100</b> |
|---------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 0                   | 0.000               | 0.000         | 0                           | 0                                    |
| 150                 | 0.150               | 0.040         | 0.0152                      | 0.0021                               |
| 300                 | 0.300               | 0.090         | 0.0304                      | 0.0047                               |
| 450                 | 0.450               | 0.180         | 0.0455                      | 0.0095                               |
| 750                 | 0.750               | 0.280         | 0.0759                      | 0.0147                               |
| 900                 | 0.900               | 0.450         | 0.0911                      | 0.0237                               |
| 1050                | 1.050               | 0.630         | 0.1063                      | 0.0332                               |
| 1200                | 1.200               | 0.800         | 0.1215                      | 0.0421                               |
| 1350                | 1.350               | 1.050         | 0.1366                      | 0.0553                               |
| 1500                | 1.500               | 1.250         | 0.1518                      | 0.0658                               |
| 1650                | 1.650               | 1.700         | 0.1670                      | 0.0895                               |
| 1800                | 1.800               | 2.080         | 0.1822                      | 0.1095                               |
| 1950                | 1.950               | 2.500         | 0.1974                      | 0.1316                               |
| 2100                | 2.100               | 3.000         | 0.2126                      | 0.1579                               |
| 2250                | 2.250               | 3.500         | 0.2277                      | 0.1842                               |
| 2400                | 2.400               | 4.080         | 0.2429                      | 0.2147                               |
| 2550                | 2.550               | 4.280         | 0.2581                      | 0.2253                               |
| 2700                | 2.700               | 5.530         | 0.2733                      | 0.2911                               |
| 2850                | 2.850               | 6.380         | 0.2885                      | 0.3358                               |
| 3000                | 3.000               | 7.080         | 0.3036                      | 0.3726                               |
| 3150                | 3.150               | 8.750         | 0.3188                      | 0.4605                               |
| 3300                | 3.300               | 10.750        | 0.3340                      | 0.5658                               |
| 3315                | 3.315               | 11.750        | 0.3355                      | 0.6184                               |

### MURO VI



◆ Datos    ■ Datos    — Tendencia    — Tendencia

**M2 AGURTO**

L=2.80

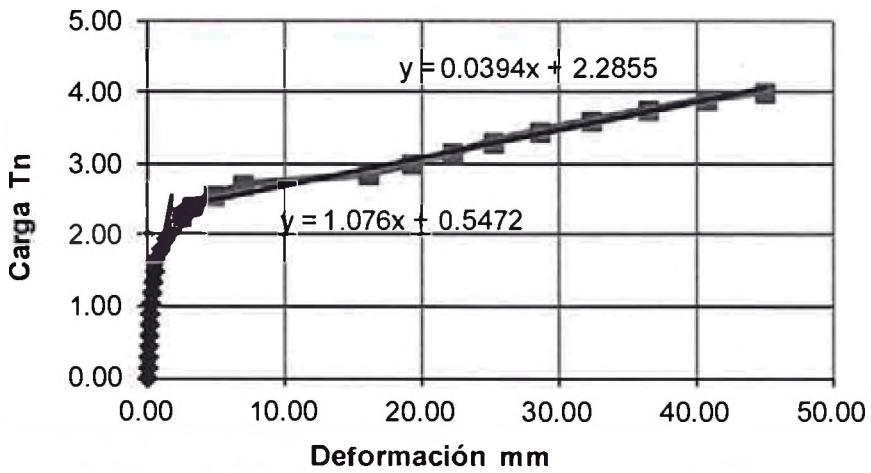
H= 2.00

e= 0.38

h=1.90

| <b>Carga<br/>kg</b> | <b>Carga<br/>Tn</b> | <b>Def. 3</b> | <b>Esf. Corte<br/>kg/m2</b> | <b>Distorsión<br/>mm/mm<br/>*100</b> |
|---------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 0                   | 0.00                | 0.00          | 0                           | 0.0000                               |
| 150                 | 0.15                | 0.04          | 0.0141                      | 0.0021                               |
| 300                 | 0.30                | 0.07          | 0.0282                      | 0.0037                               |
| 450                 | 0.45                | 0.10          | 0.0423                      | 0.0053                               |
| 600                 | 0.60                | 0.12          | 0.0564                      | 0.0063                               |
| 750                 | 0.75                | 0.16          | 0.0705                      | 0.0084                               |
| 900                 | 0.90                | 0.18          | 0.0846                      | 0.0095                               |
| 1050                | 1.05                | 0.24          | 0.0987                      | 0.0126                               |
| 1200                | 1.20                | 0.33          | 0.1128                      | 0.0174                               |
| 1350                | 1.35                | 0.41          | 0.1269                      | 0.0216                               |
| 1500                | 1.50                | 0.53          | 0.1410                      | 0.0279                               |
| 1650                | 1.65                | 0.60          | 0.1551                      | 0.0316                               |
| 1800                | 1.80                | 1.00          | 0.1692                      | 0.0526                               |
| 1950                | 1.95                | 1.38          | 0.1833                      | 0.0726                               |
| 2100                | 2.10                | 1.85          | 0.1974                      | 0.0974                               |
| 2250                | 2.25                | 2.48          | 0.2115                      | 0.1305                               |
| 2400                | 2.40                | 3.35          | 0.2256                      | 0.1763                               |
| 2550                | 2.55                | 4.88          | 0.2397                      | 0.2568                               |
| 2700                | 2.70                | 7.00          | 0.2538                      | 0.3684                               |
| 2850                | 2.85                | 16.10         | 0.2679                      | 0.8474                               |
| 3000                | 3.00                | 19.25         | 0.2820                      | 1.0132                               |
| 3150                | 3.15                | 22.25         | 0.2961                      | 1.1711                               |
| 3300                | 3.30                | 25.25         | 0.3102                      | 1.3289                               |
| 3450                | 3.45                | 28.63         | 0.3242                      | 1.5068                               |
| 3600                | 3.60                | 32.38         | 0.3383                      | 1.7042                               |
| 3750                | 3.75                | 36.50         | 0.3524                      | 1.9211                               |
| 3900                | 3.90                | 40.75         | 0.3665                      | 2.1447                               |
| 4000                | 4.00                | 45.00         | 0.3759                      | 2.3684                               |

### MURO VII



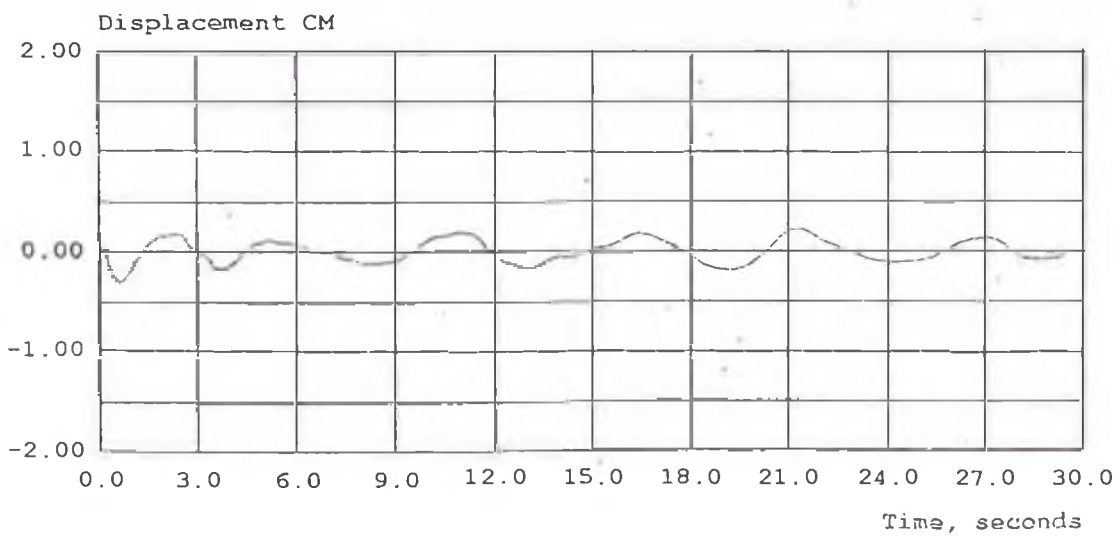
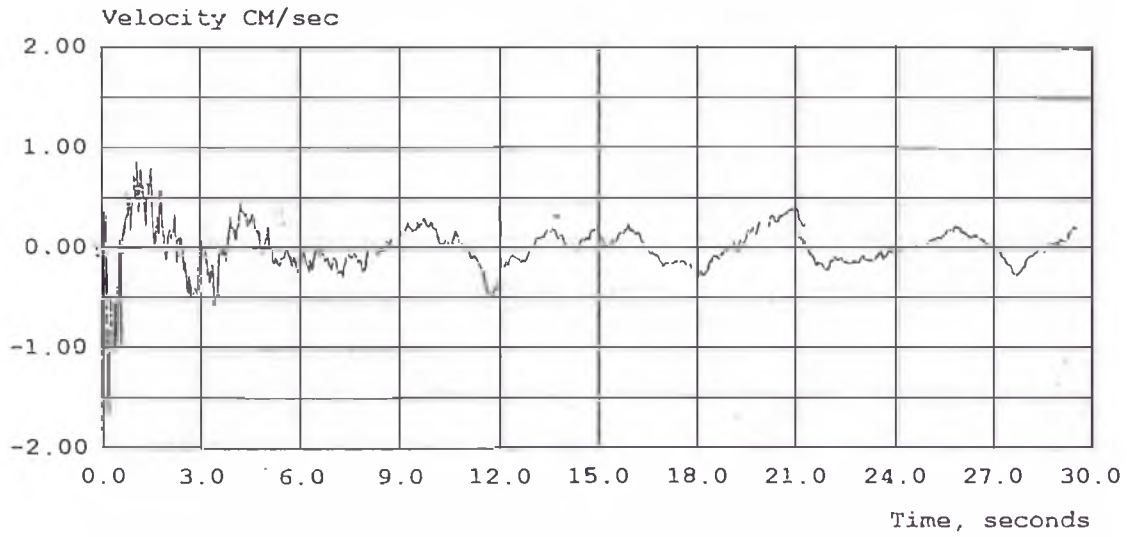
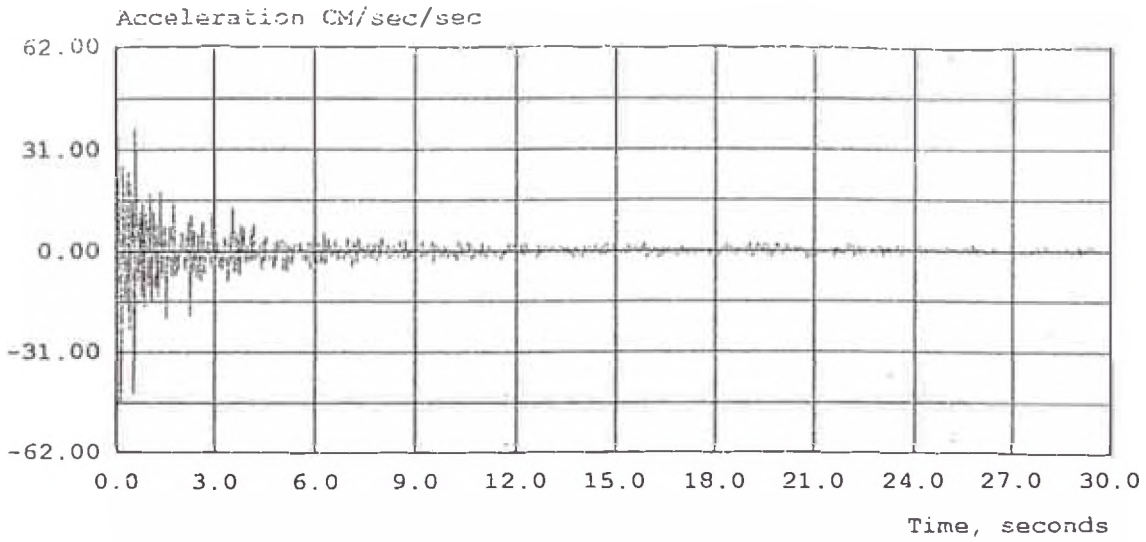
◆ Datos    ■ Datos    — Tendencia    — Tendencia



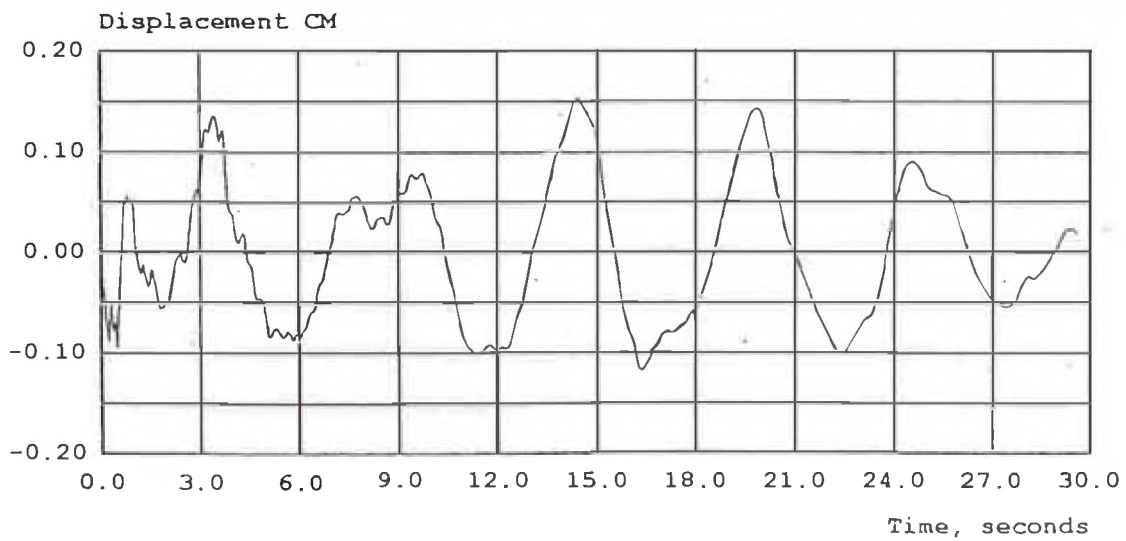
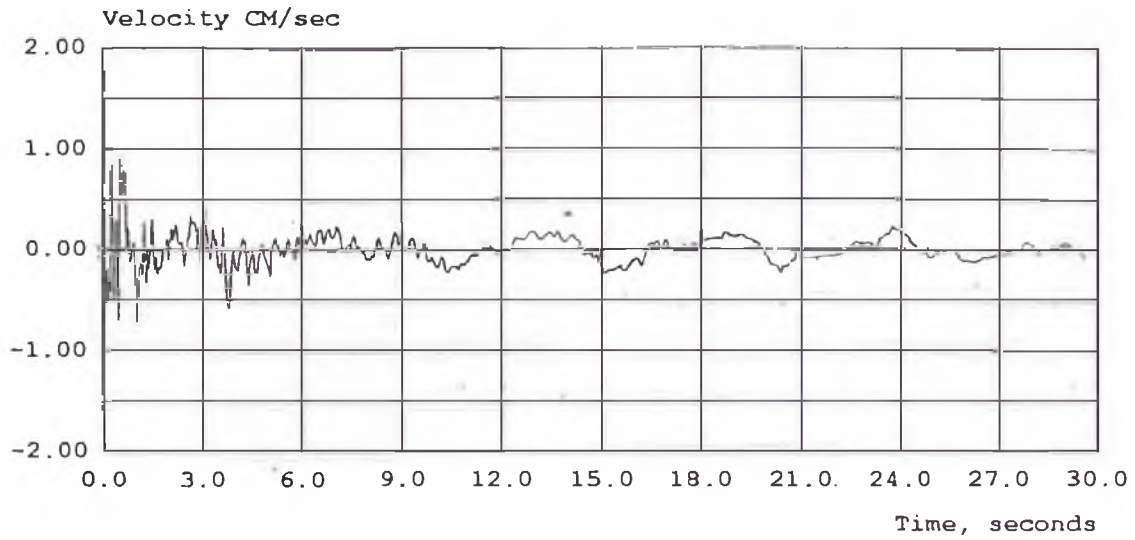
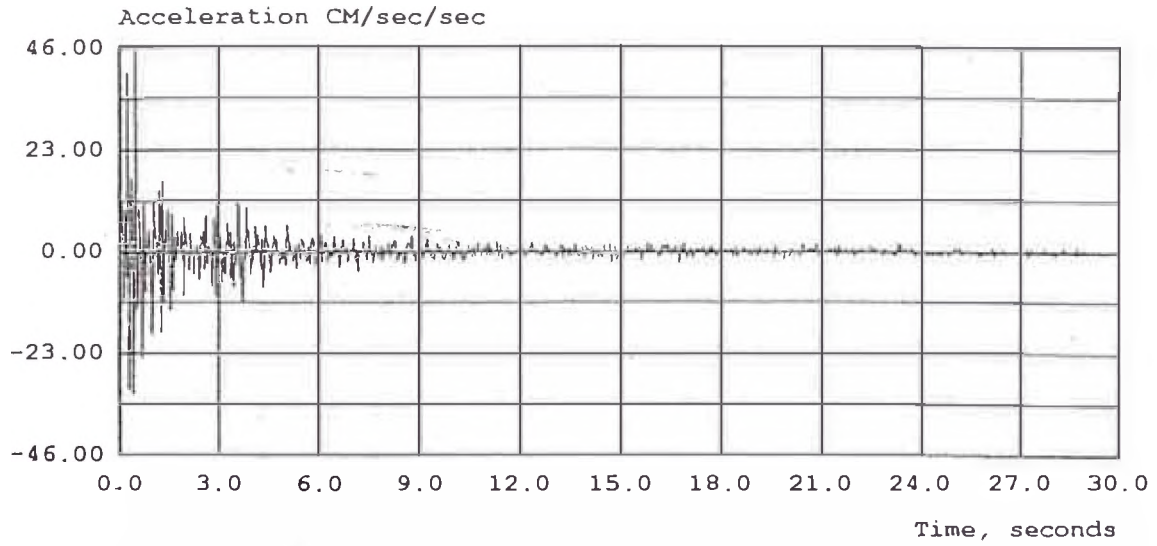
# **ANEXO N° 2**

## **Registro de los sismos**

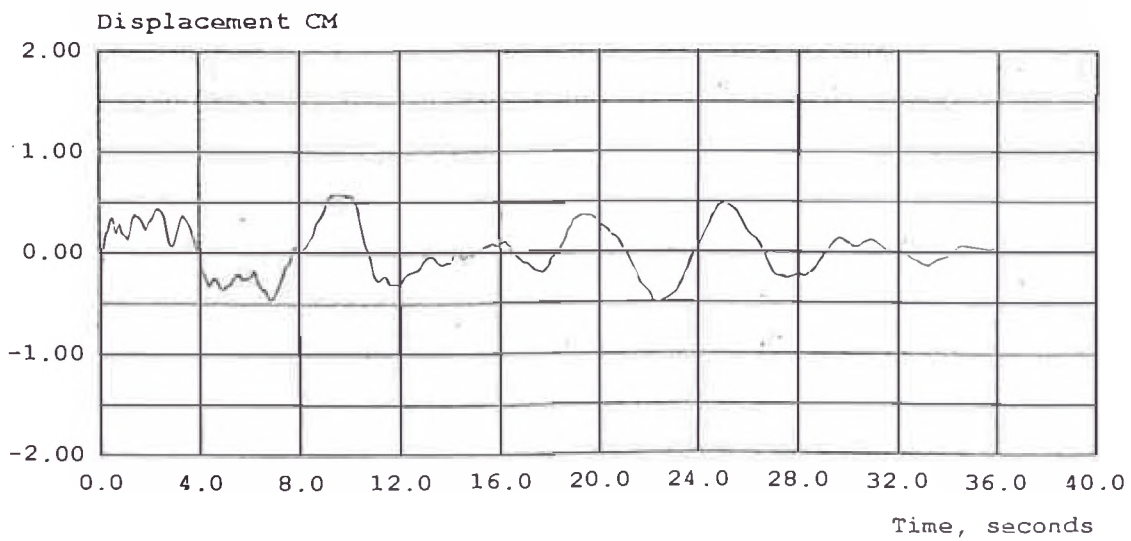
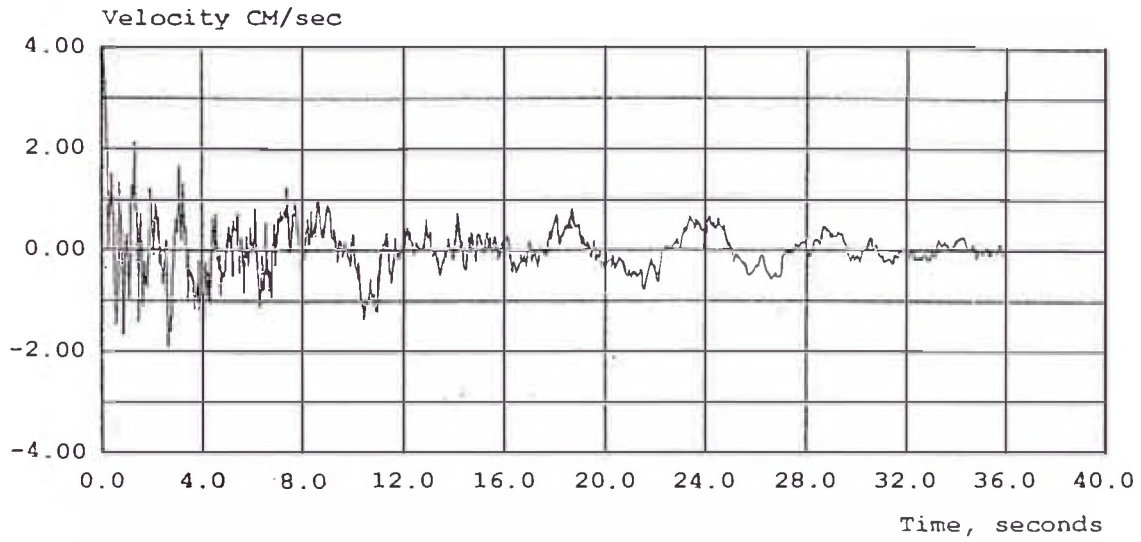
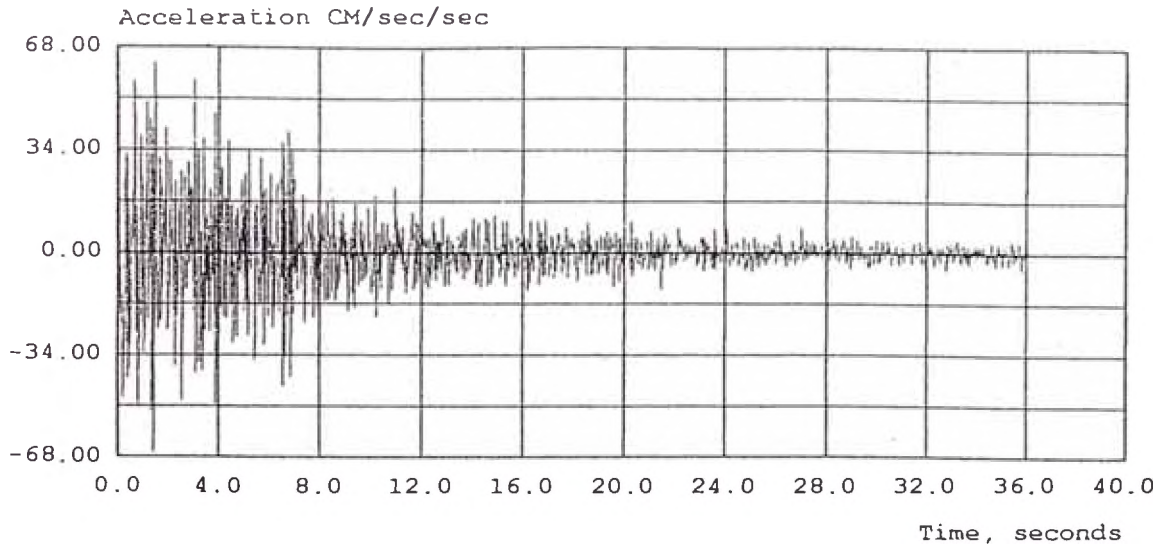
SISMO DE LIMA, PERU



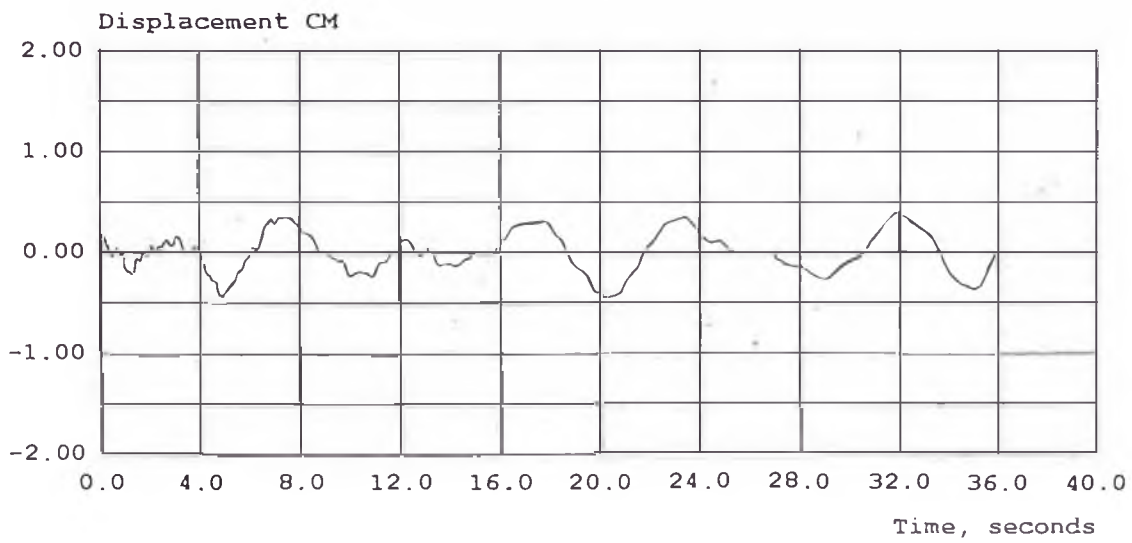
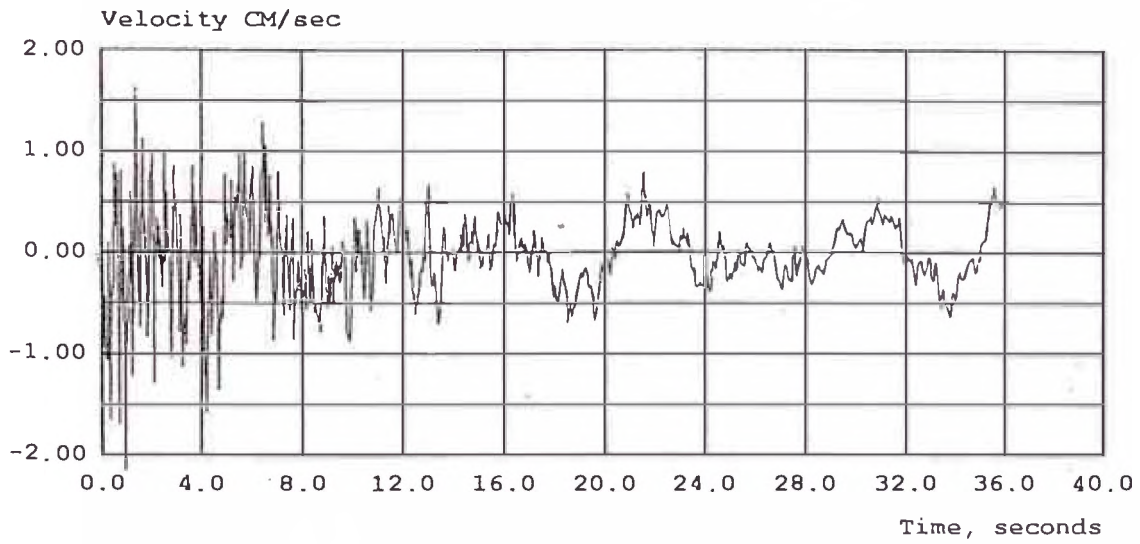
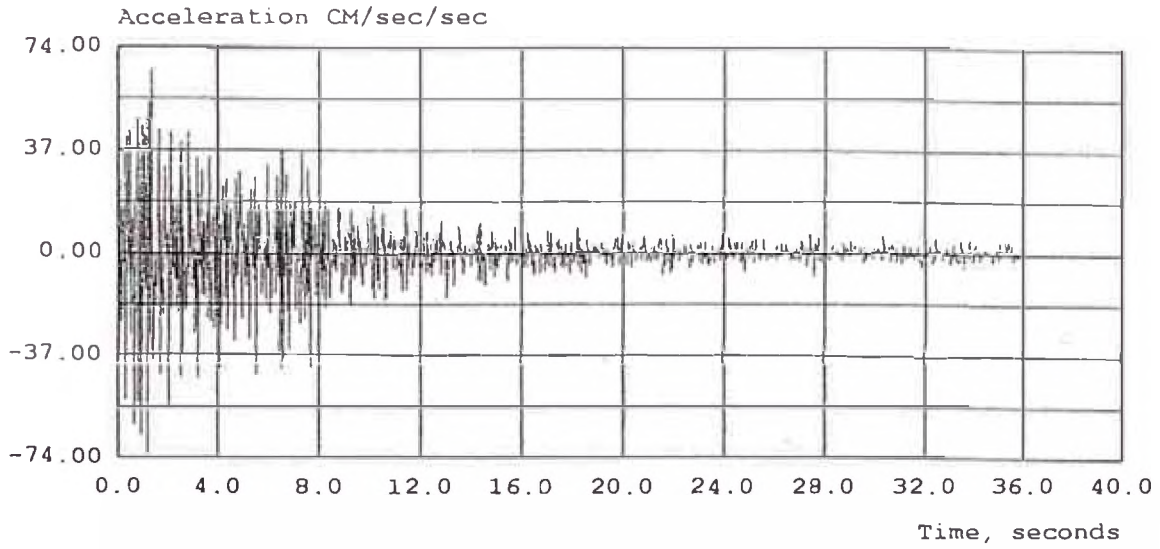
SISMO DE LIMA, PERU



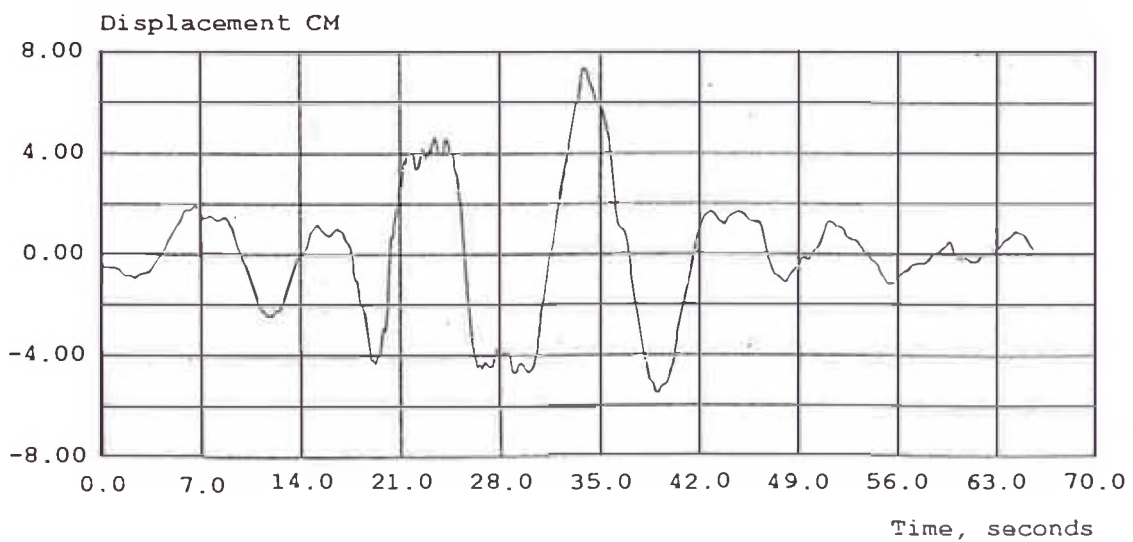
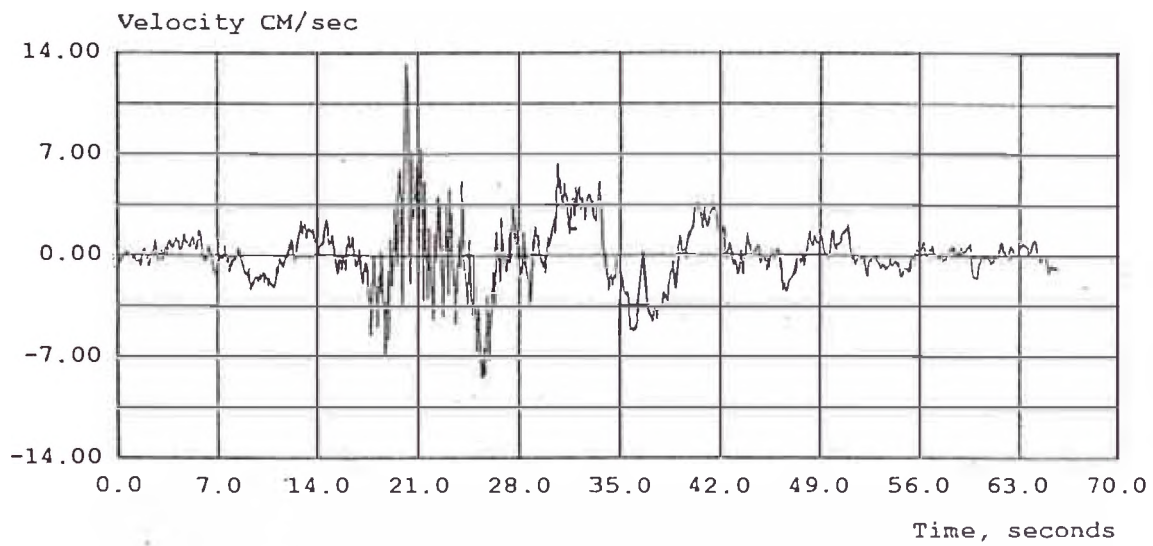
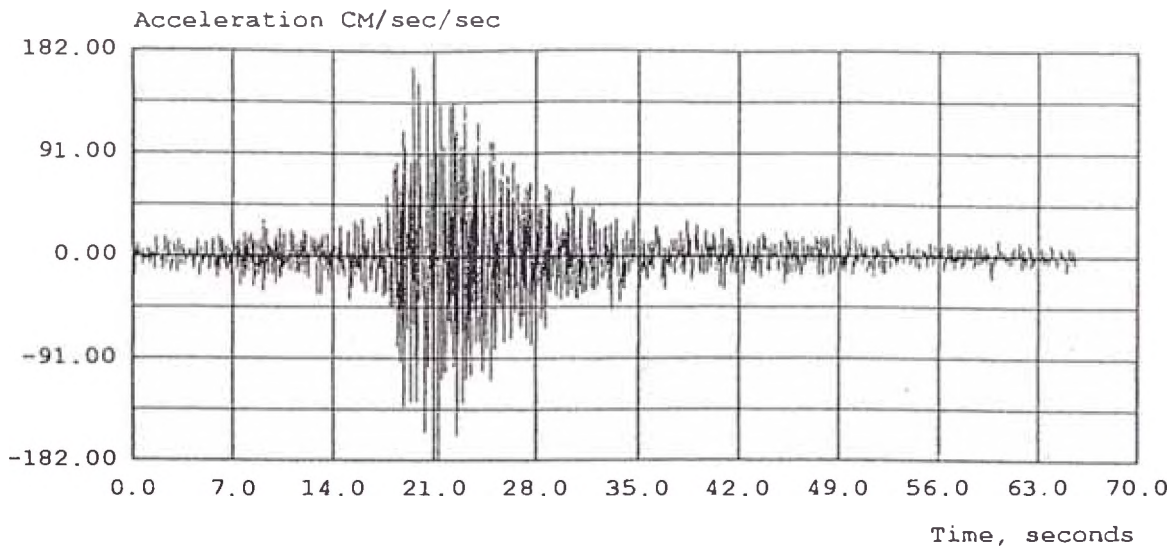
SISMO DE LIMA, PERU



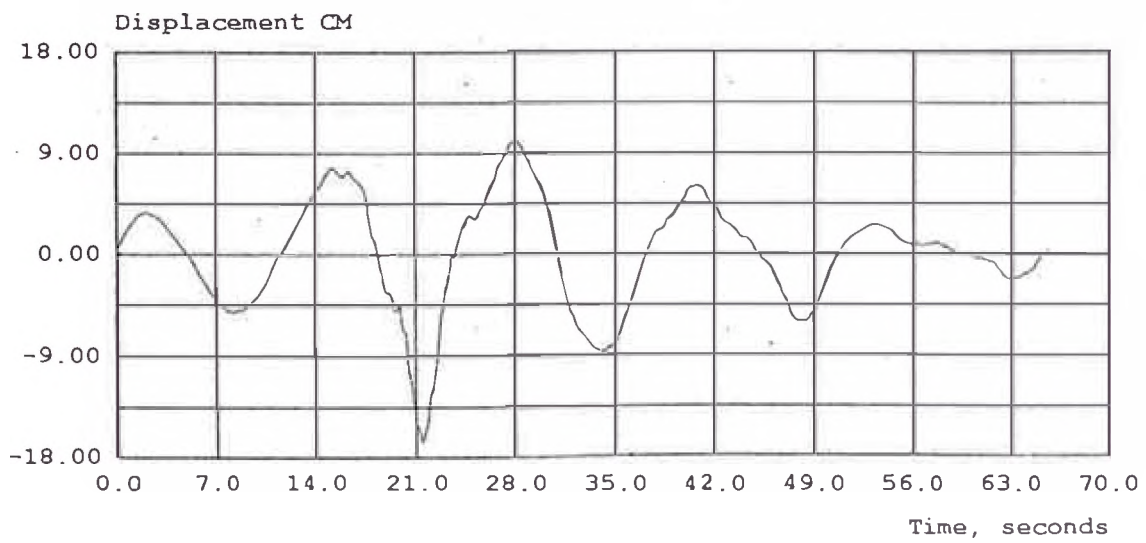
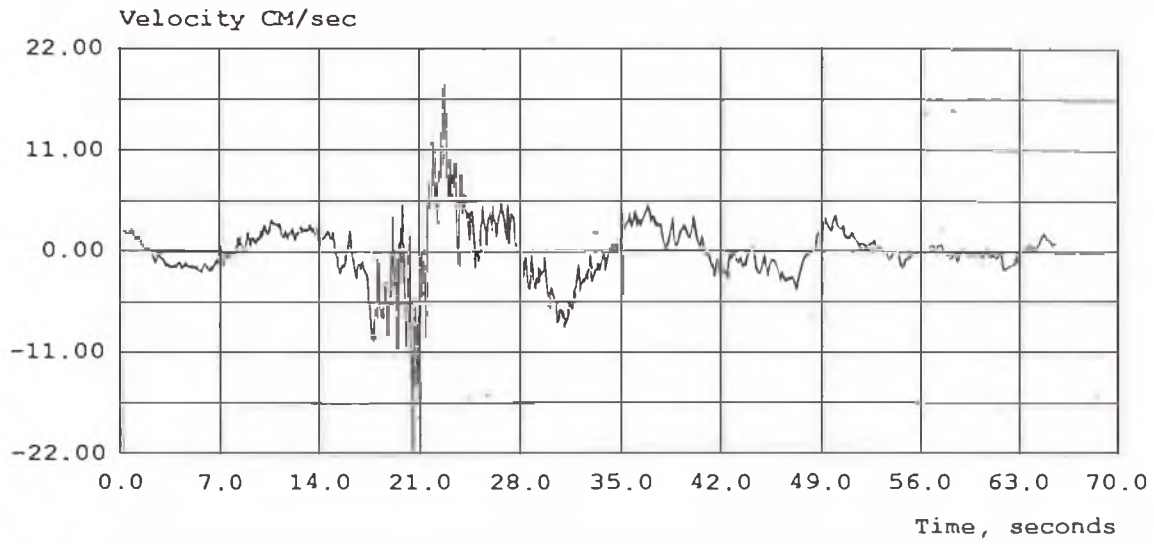
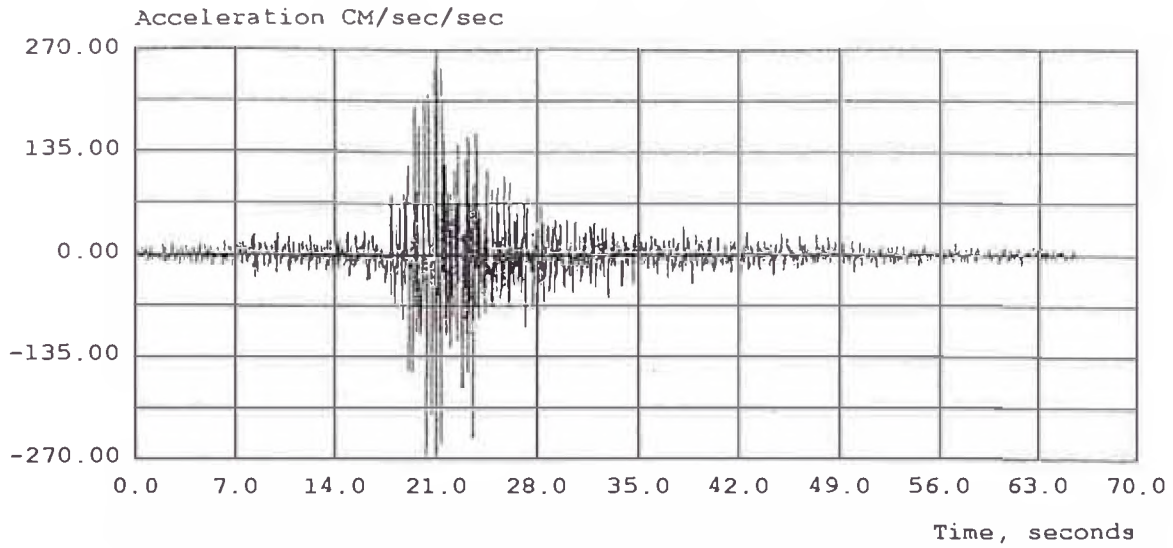
SISMO DE LIMA, PERU



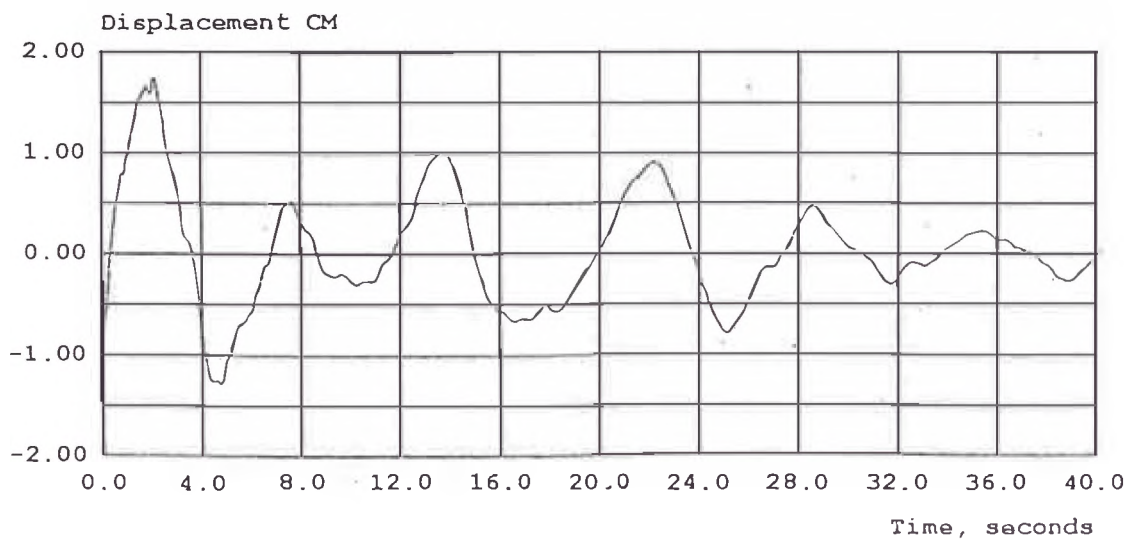
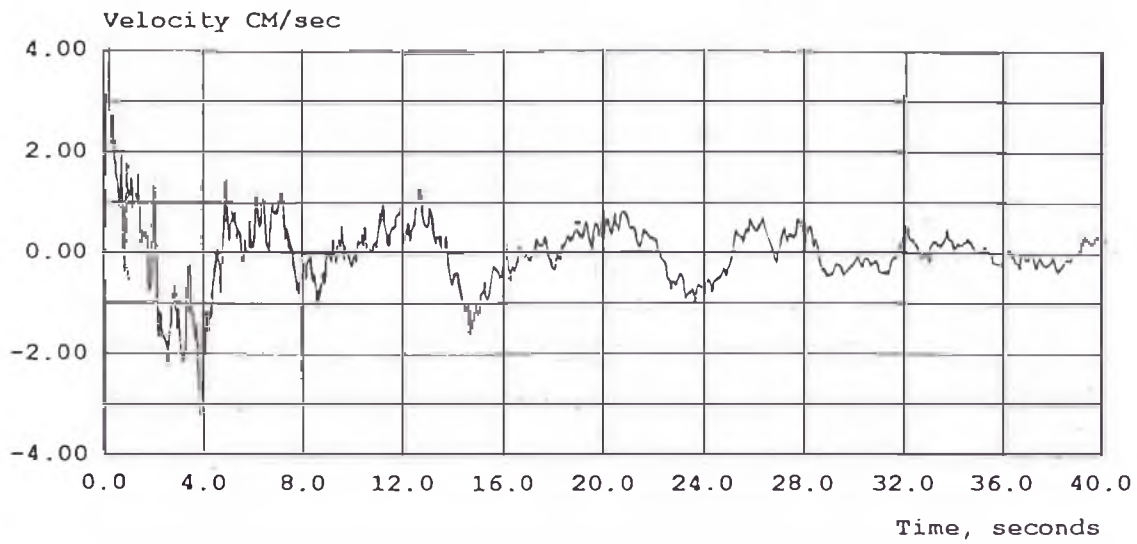
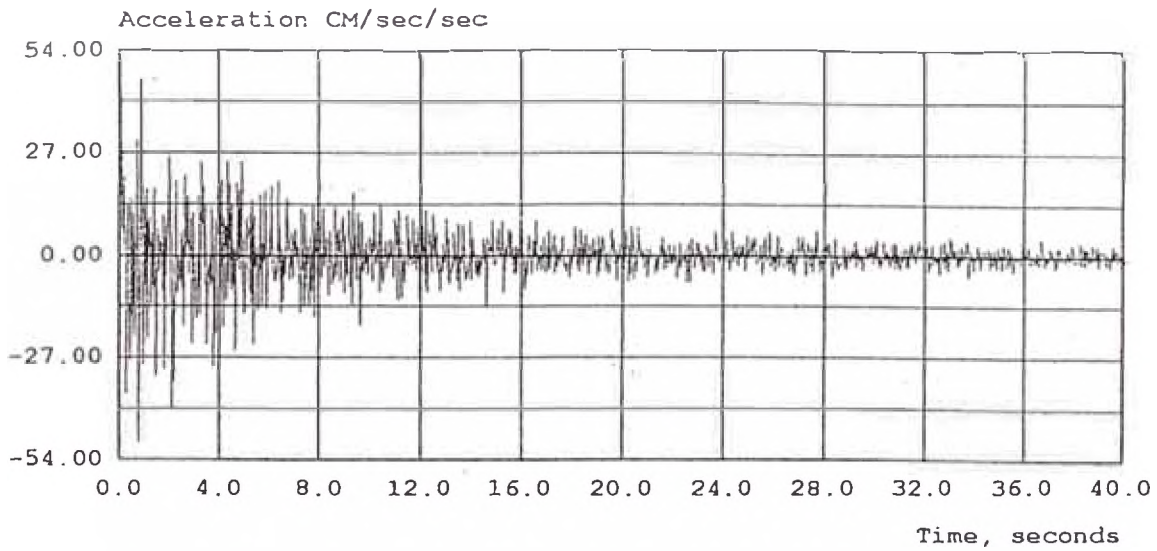
SISMO DE LIMA, PERU



SISMO DE LIMA, PERU

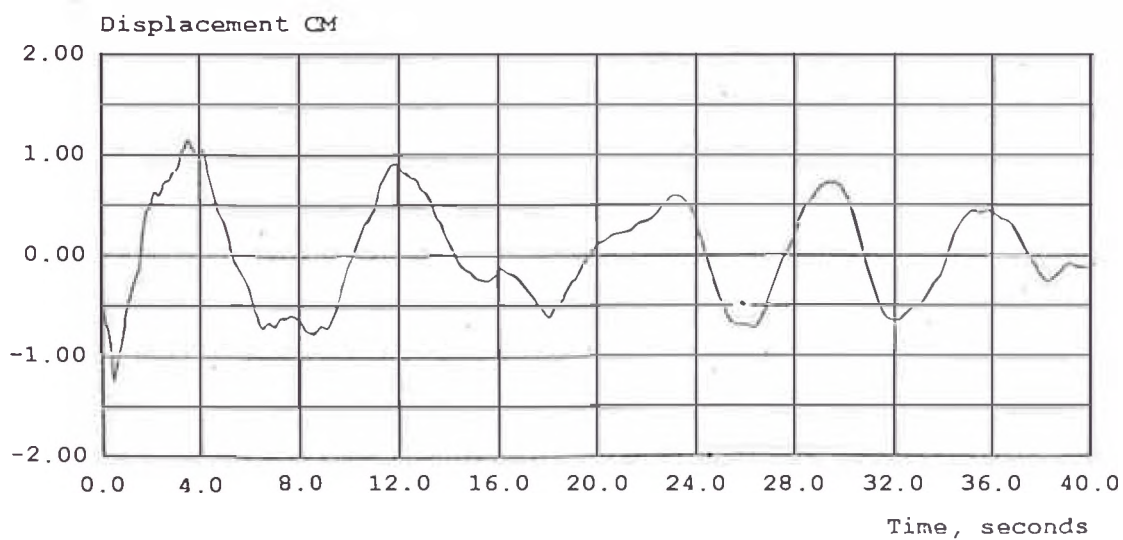
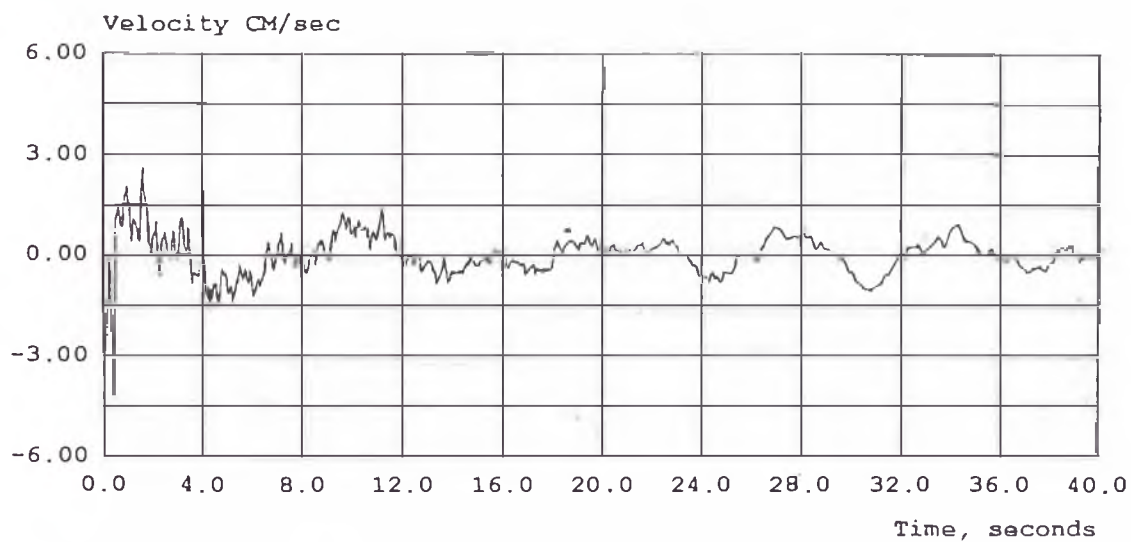
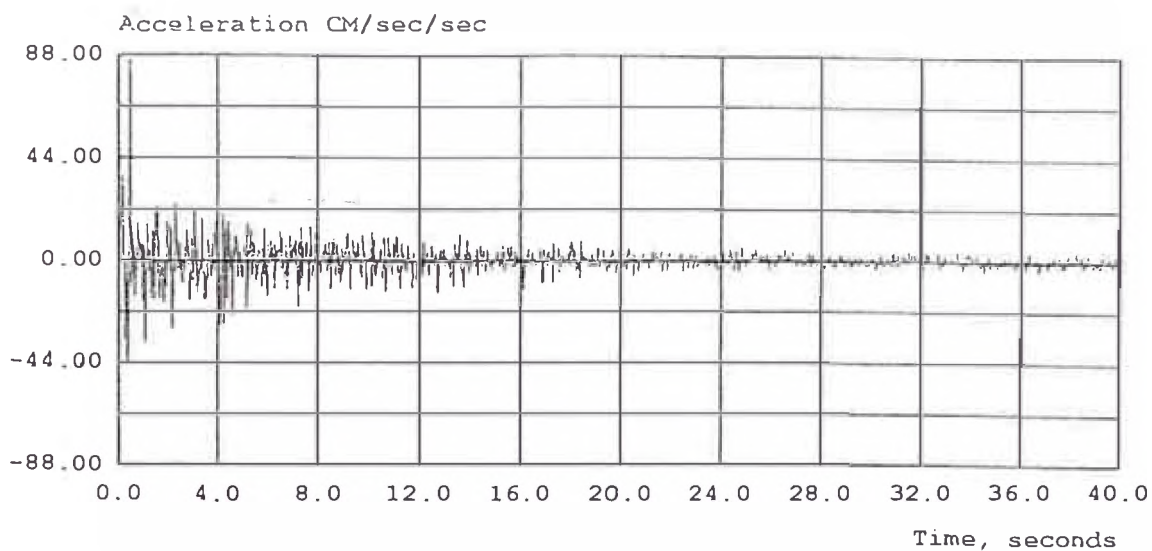


SISMO DE LIMA, PERU

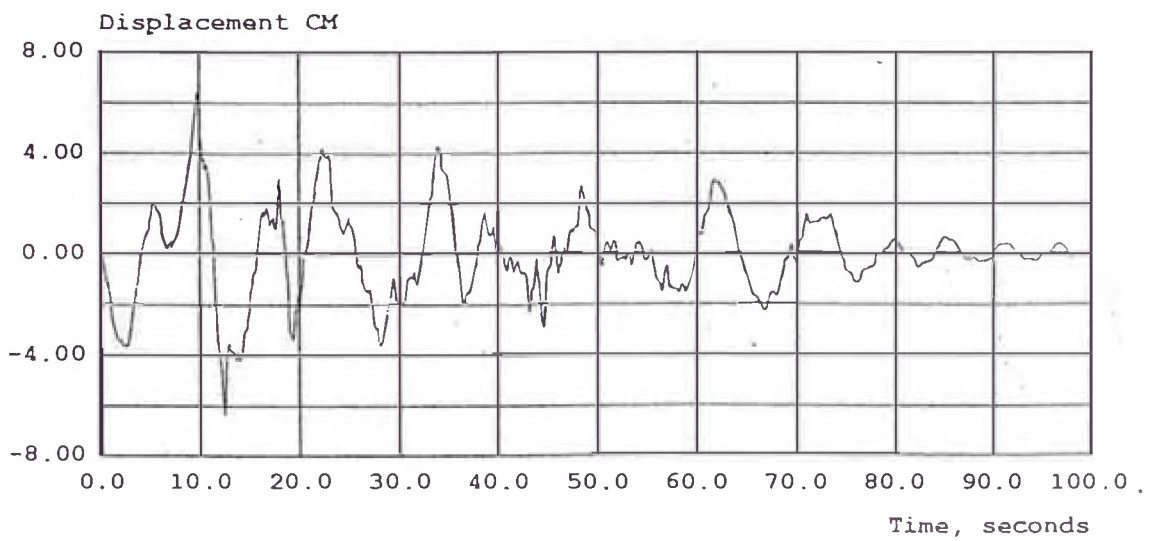
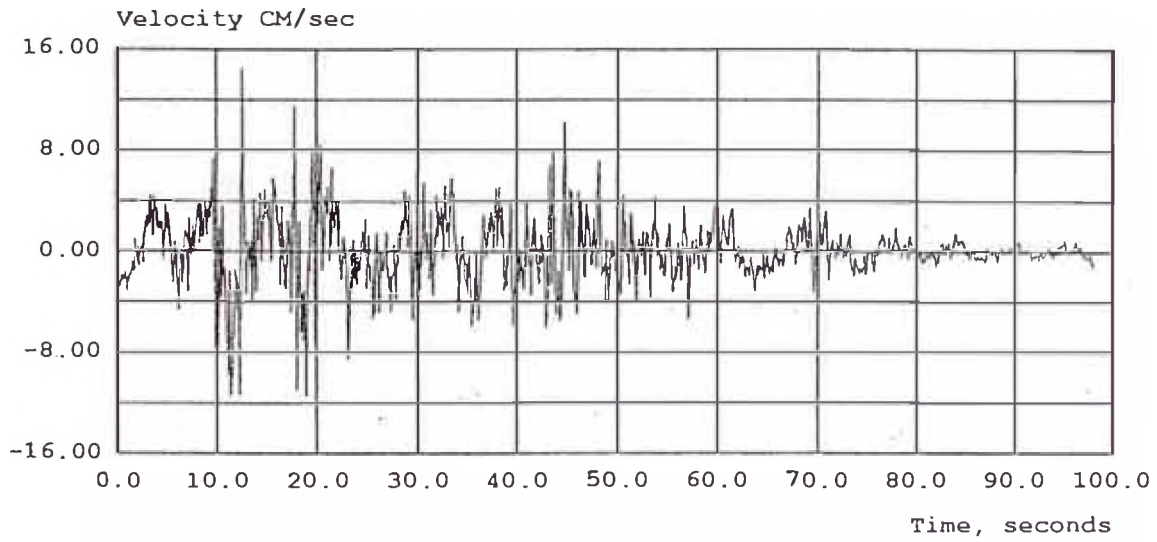
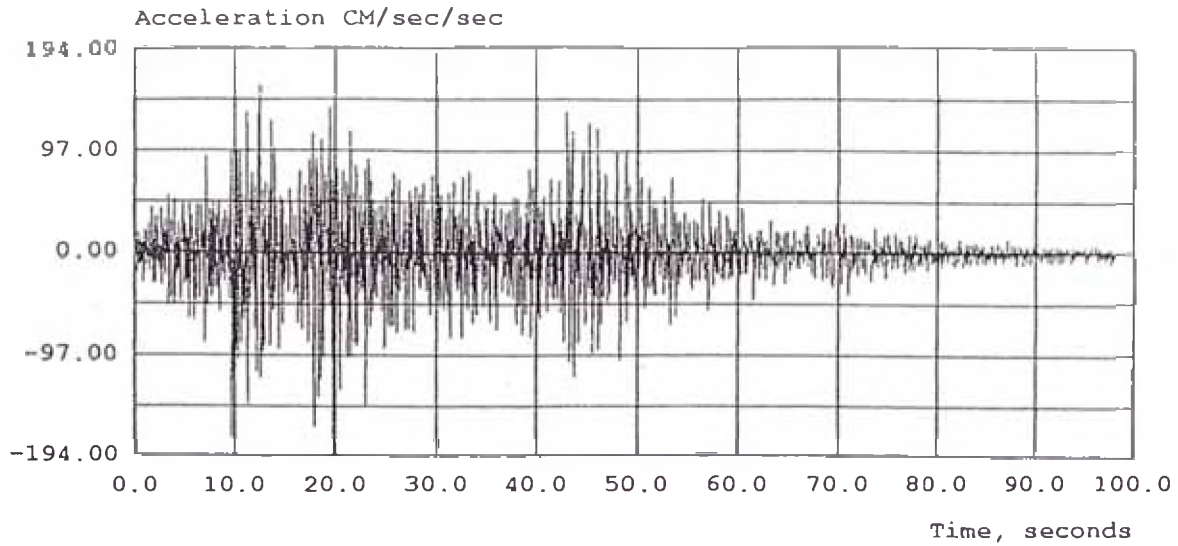




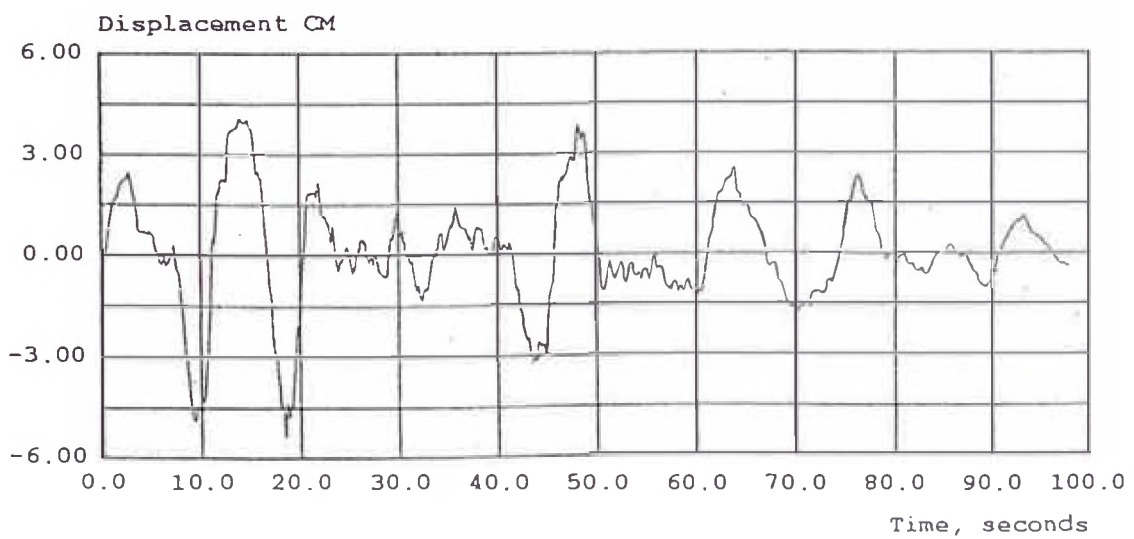
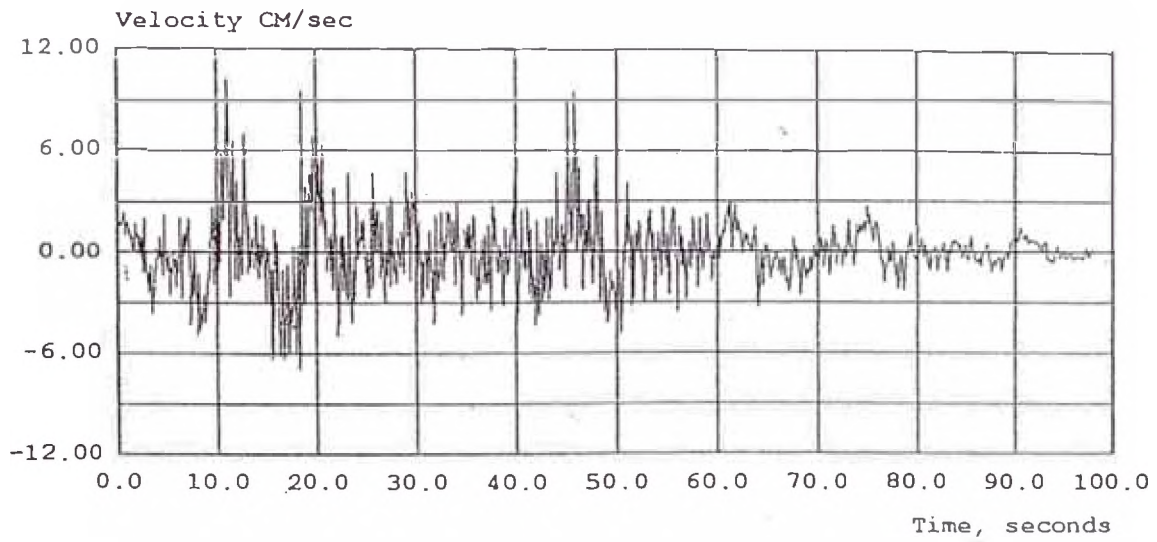
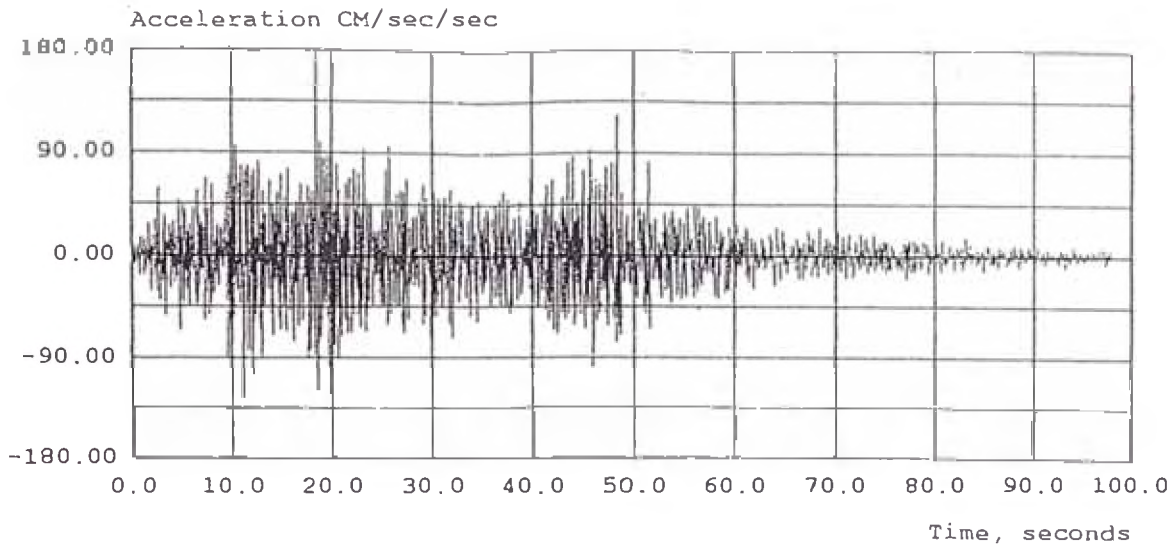
SISMO DE LIMA, PERU



SISMO DE LIMA, PERU



SISMO DE LIMA, PERU

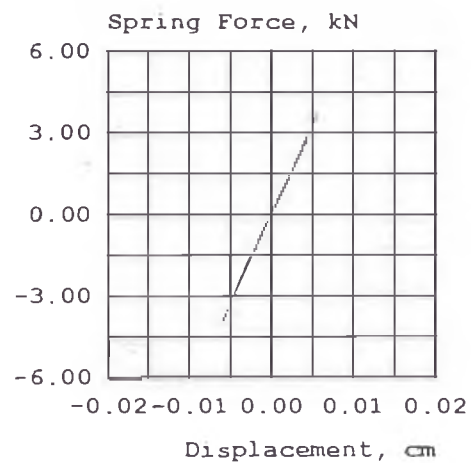
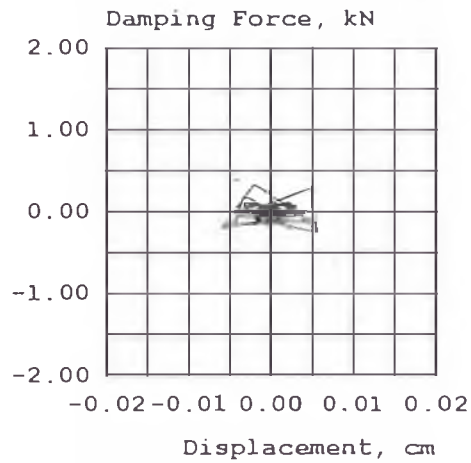
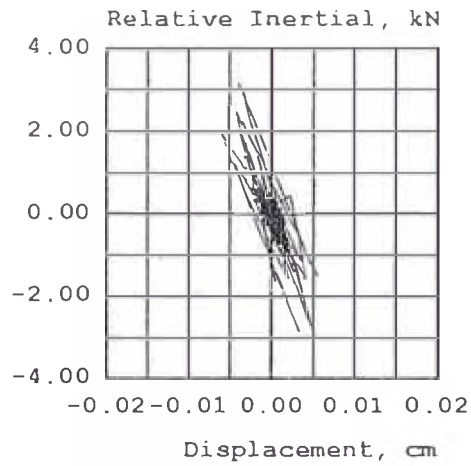


**ANEXO N° 3**

**APLICACIÓN DEL PROGRAMA**

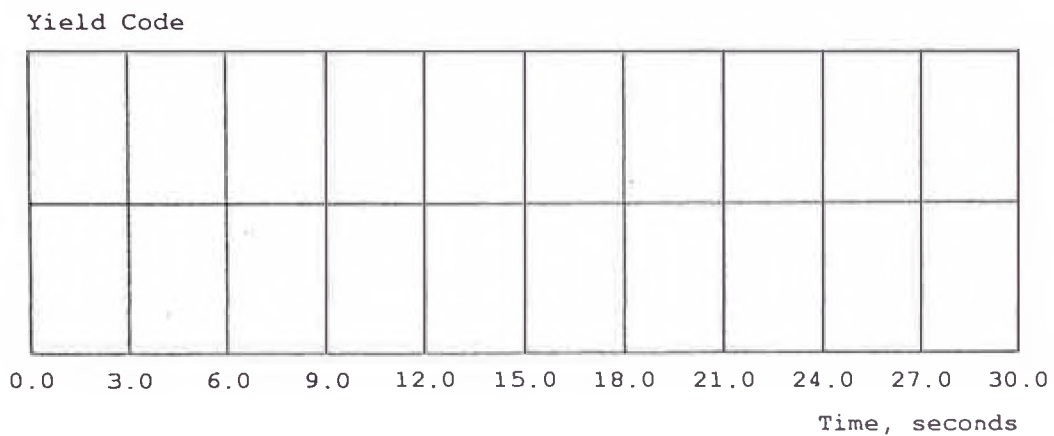
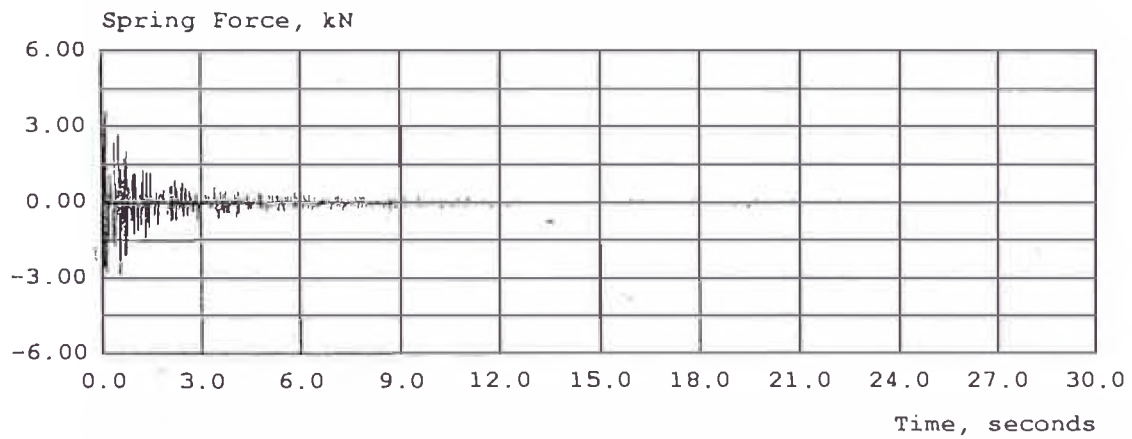
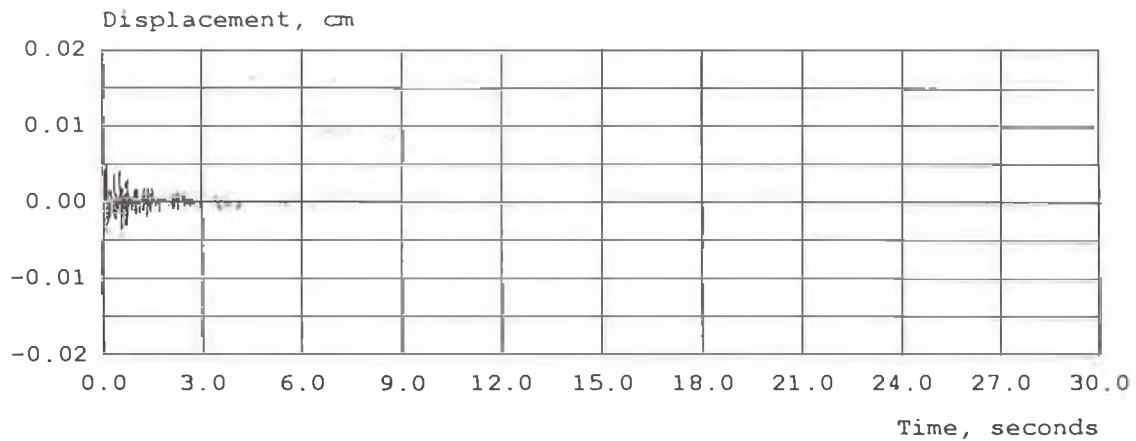
**NON LIN AL MURO II**

SISMO DE LIMA, PERU



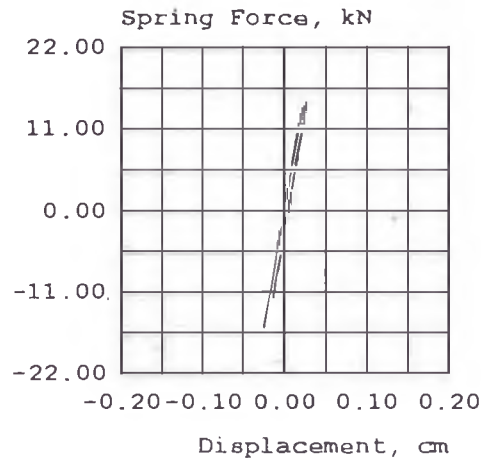
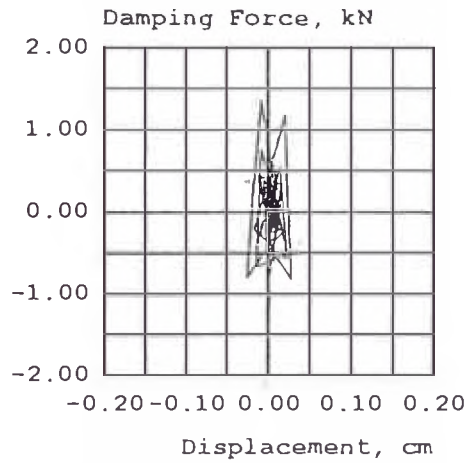
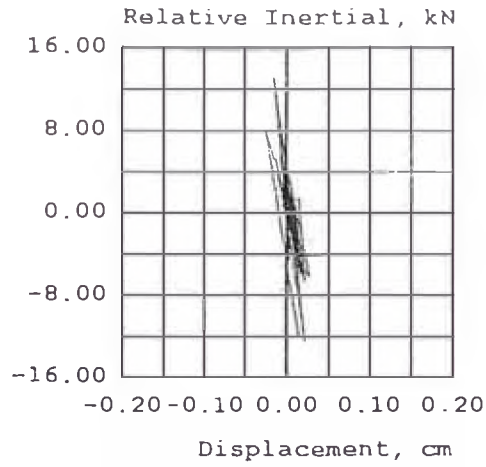
Results from Run 1  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



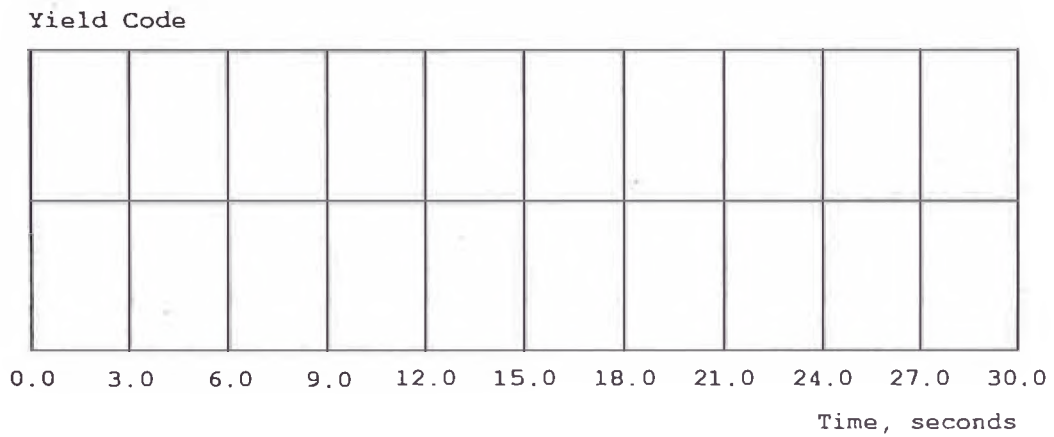
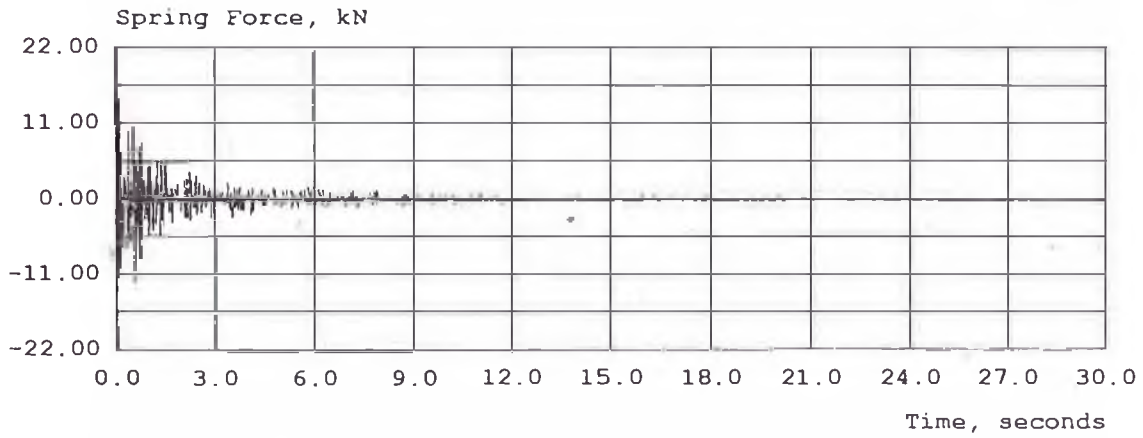
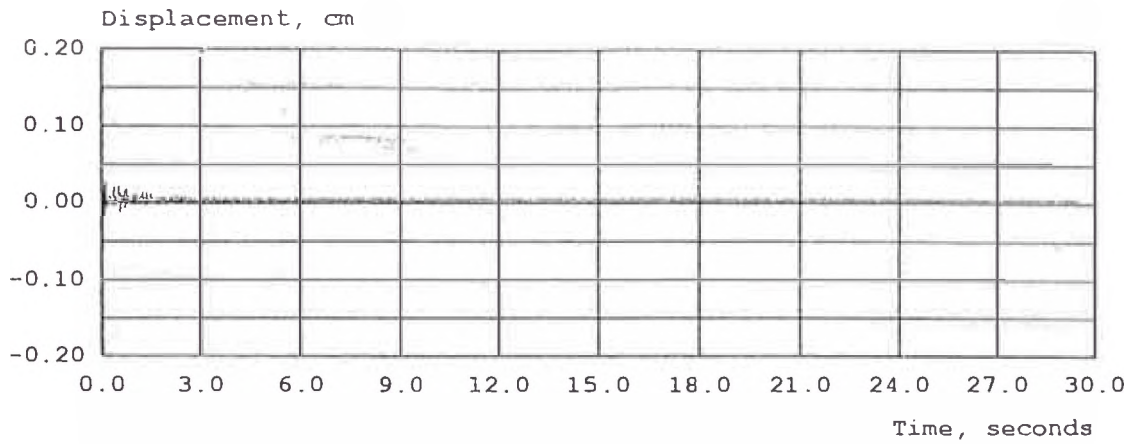
Results from Run 1  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 2  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

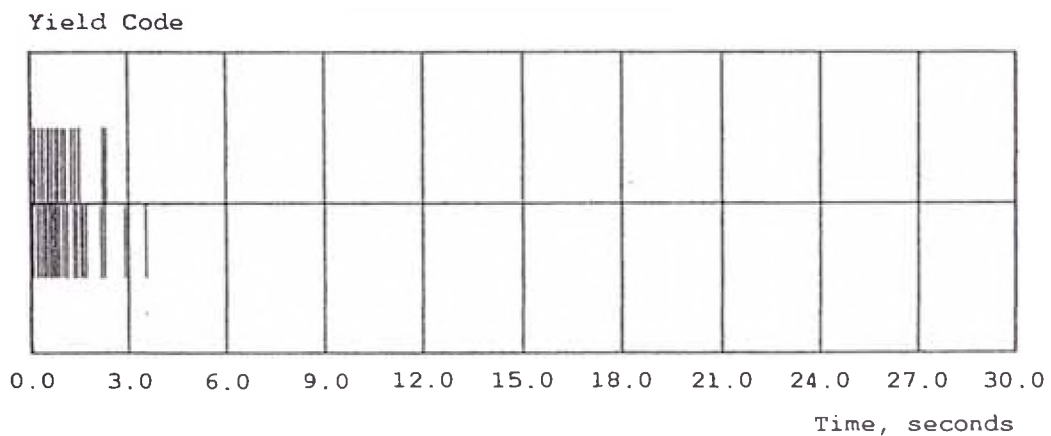
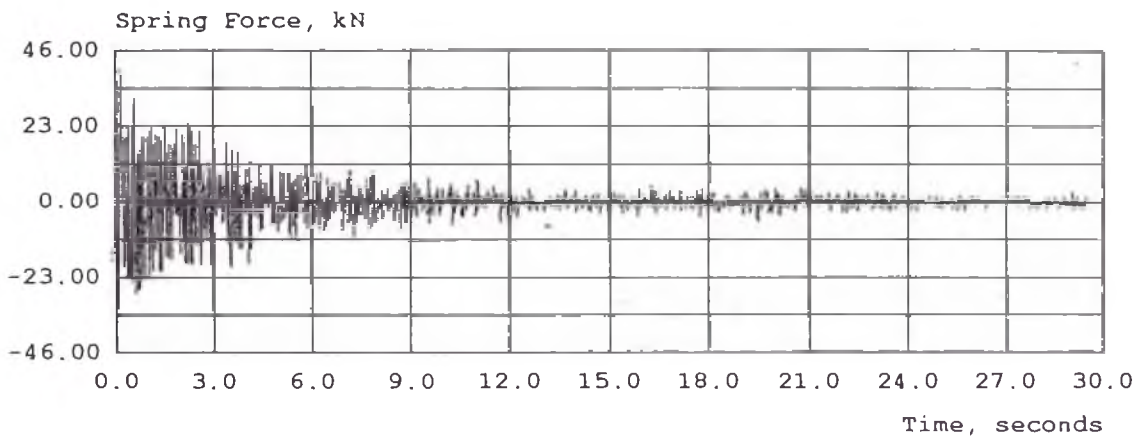
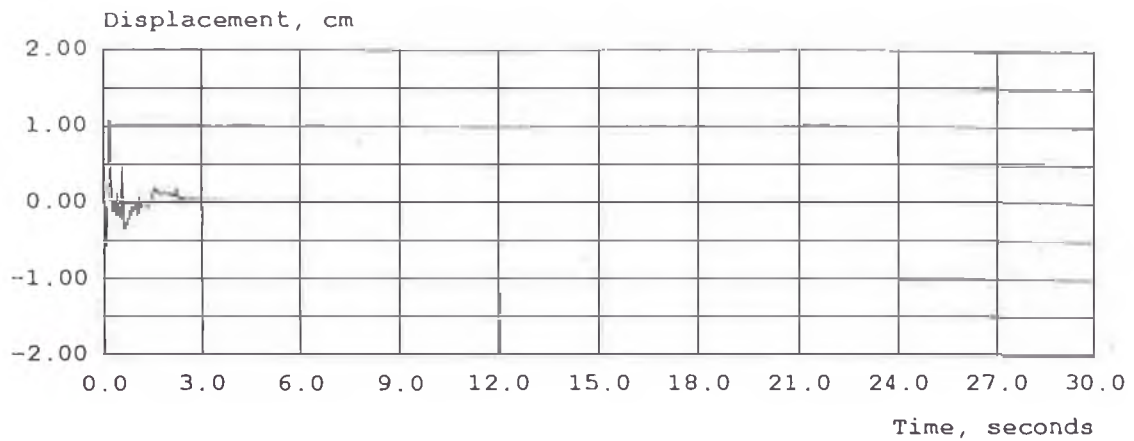
SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 2  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

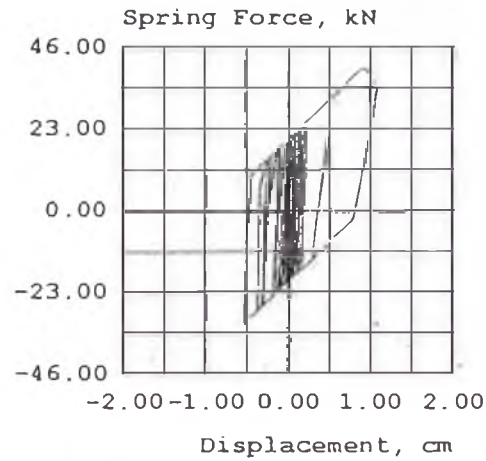
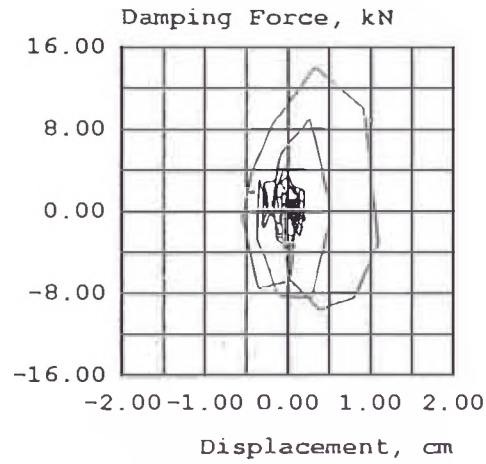
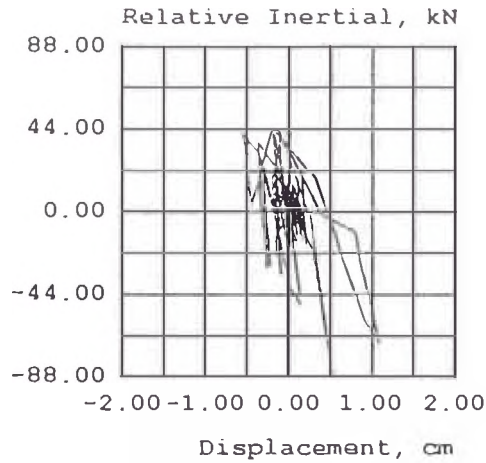


SISMO DE LIMA, PERU



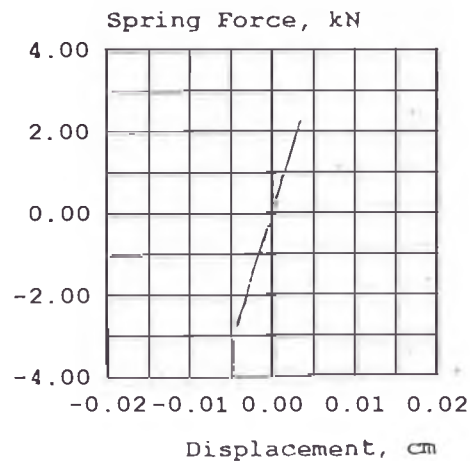
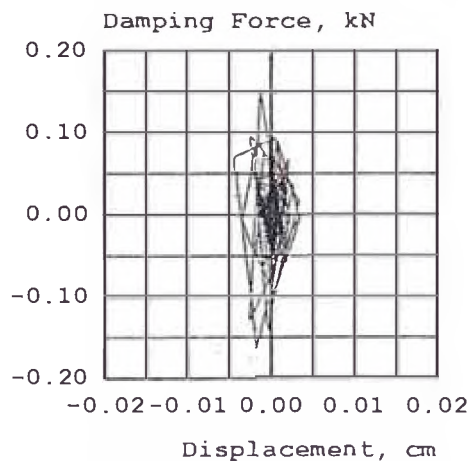
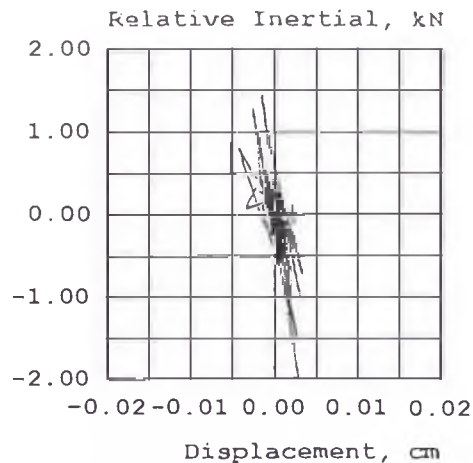
Results from Run 4  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



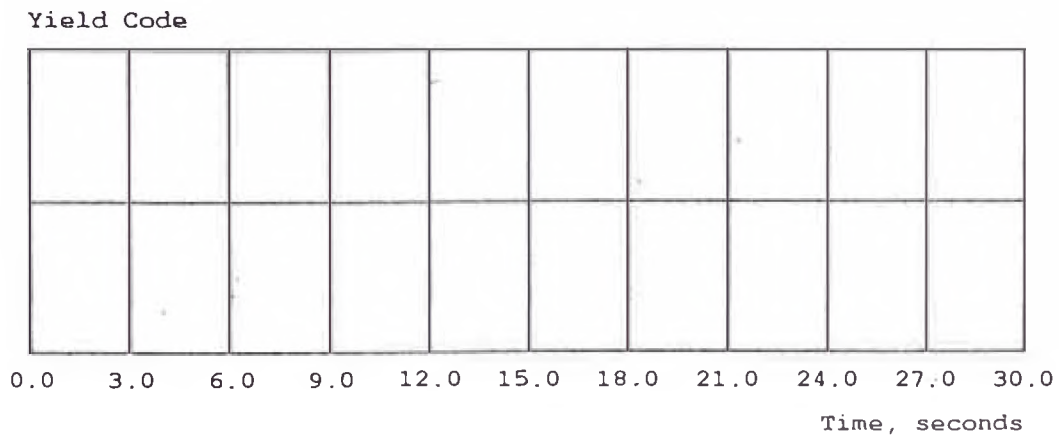
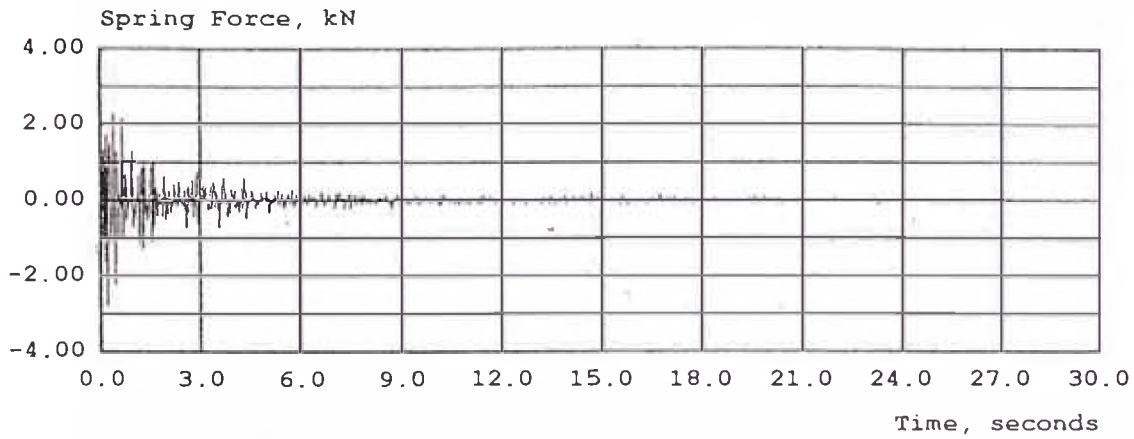
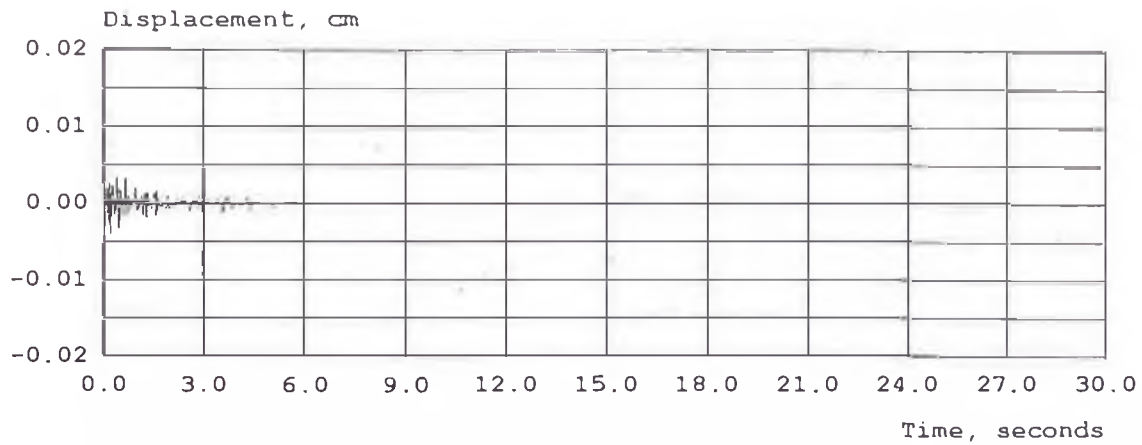
Results from Run 4  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



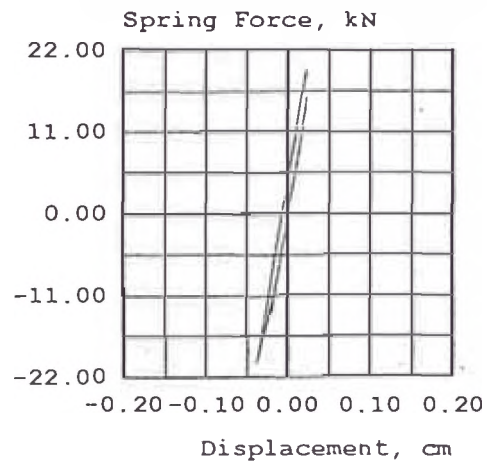
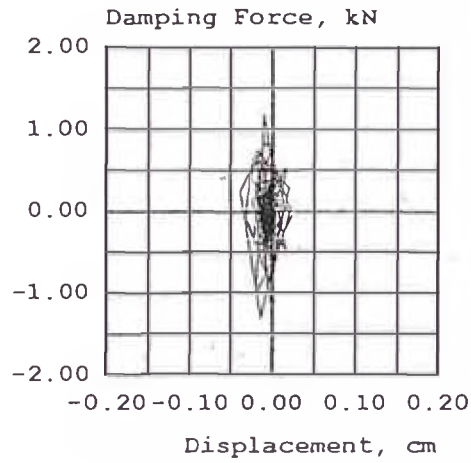
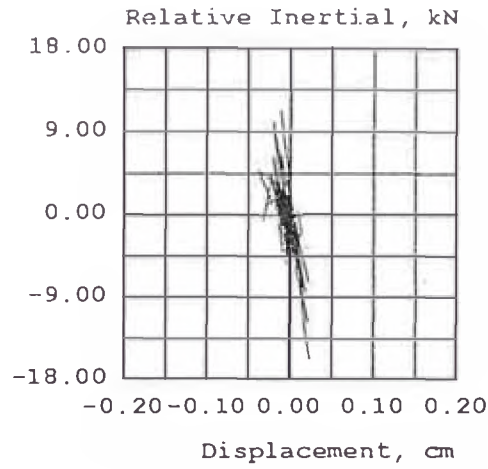
Results from Run 2  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 2  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

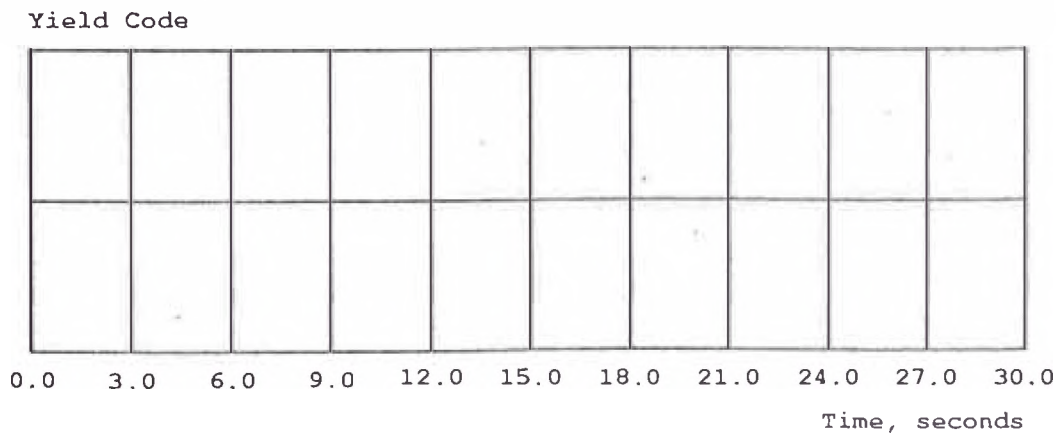
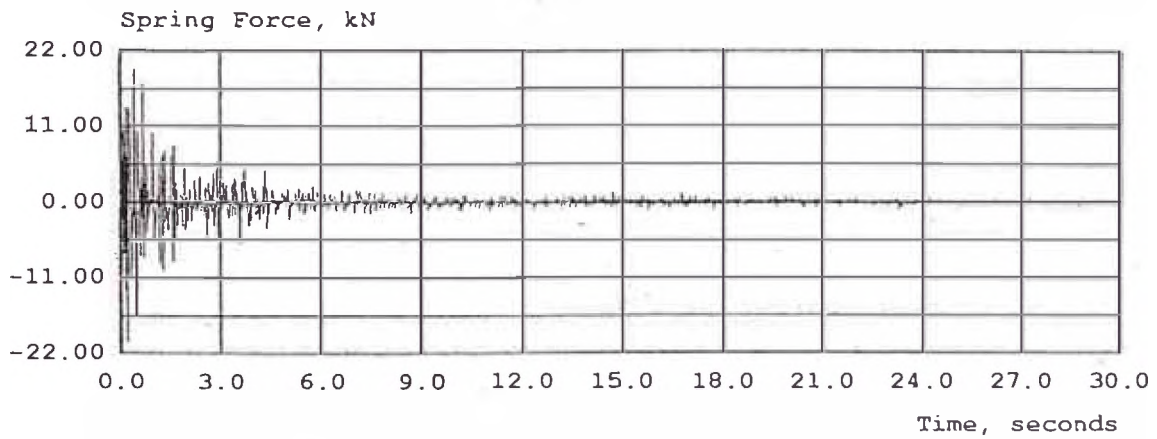
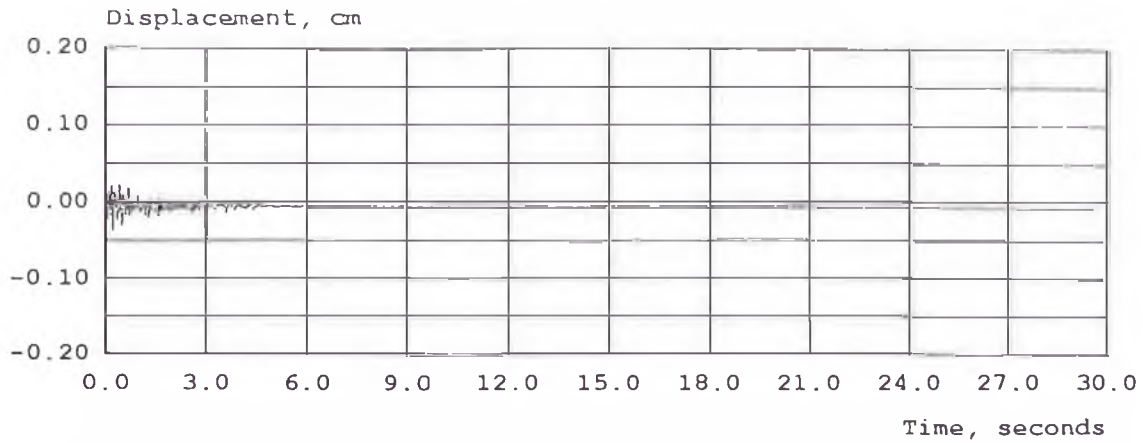
SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 3  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness  
 Strain Hardening Stiffness  
 Structure Yield Strength  
 Structural Weight  
 Structural Damping  
 Structure Period of Vibration

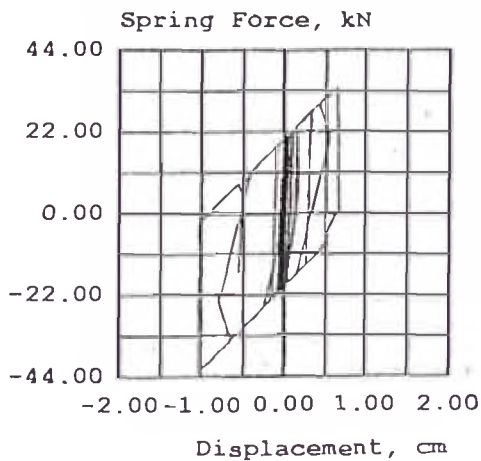
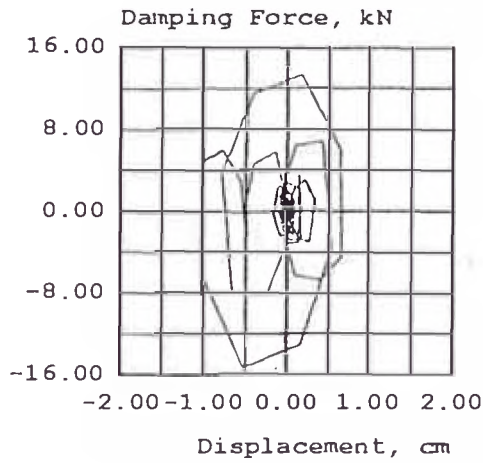
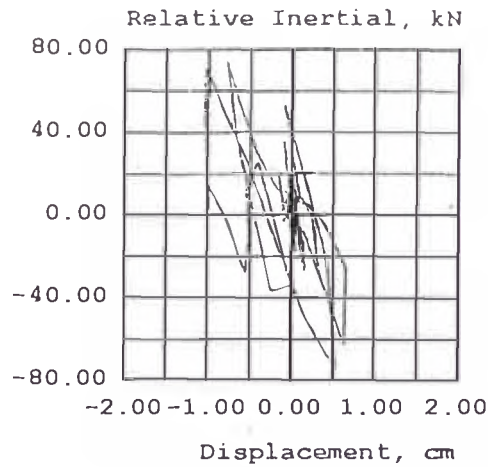
656.933 kN/cm  
 22.021 kN/cm  
 20.722 kN  
 46.182 kN  
 4.000 % Critical  
 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



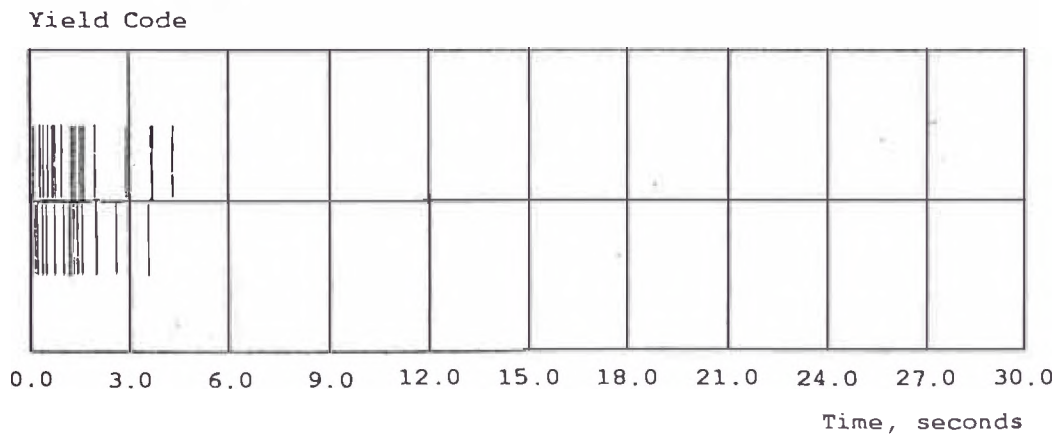
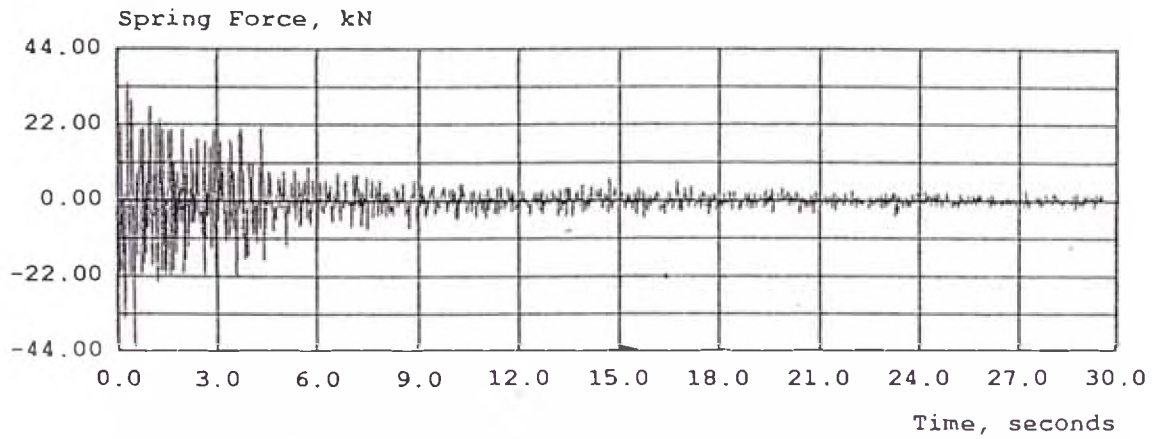
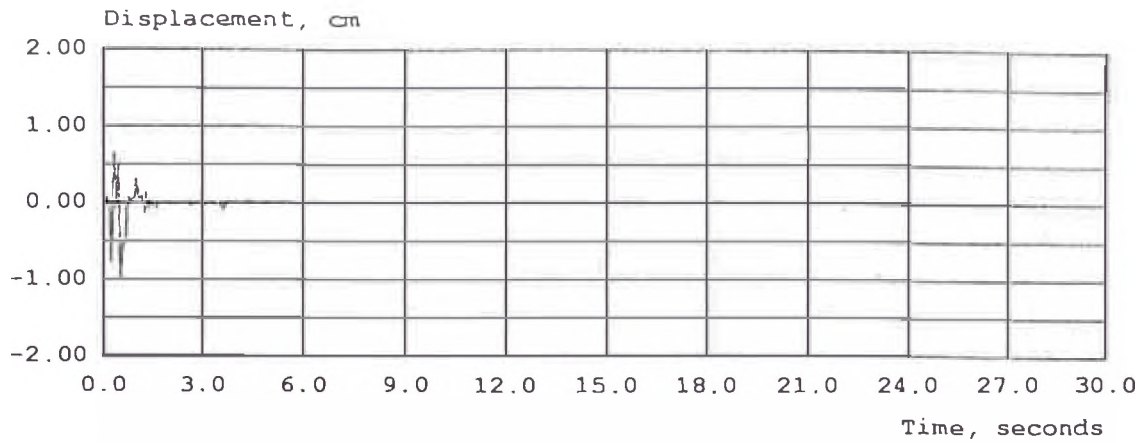
Results from Run 3  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 4  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

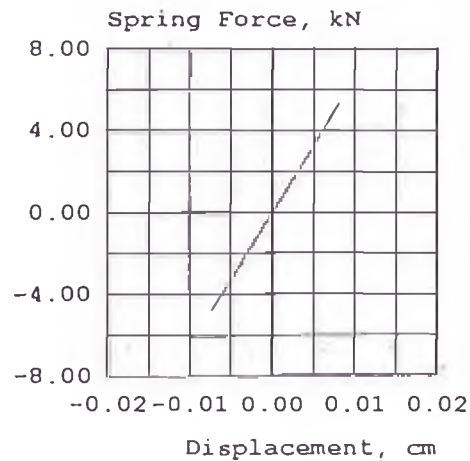
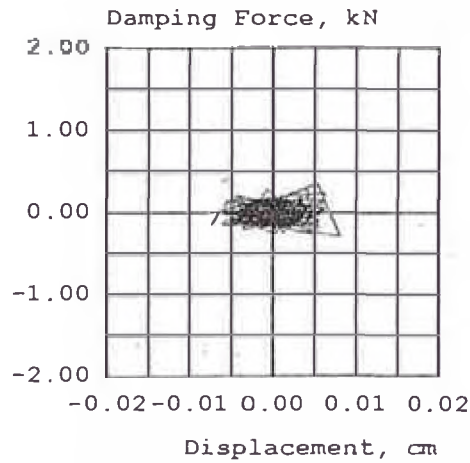
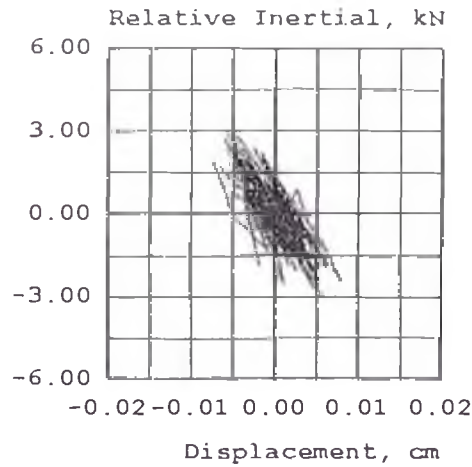
SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 4  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

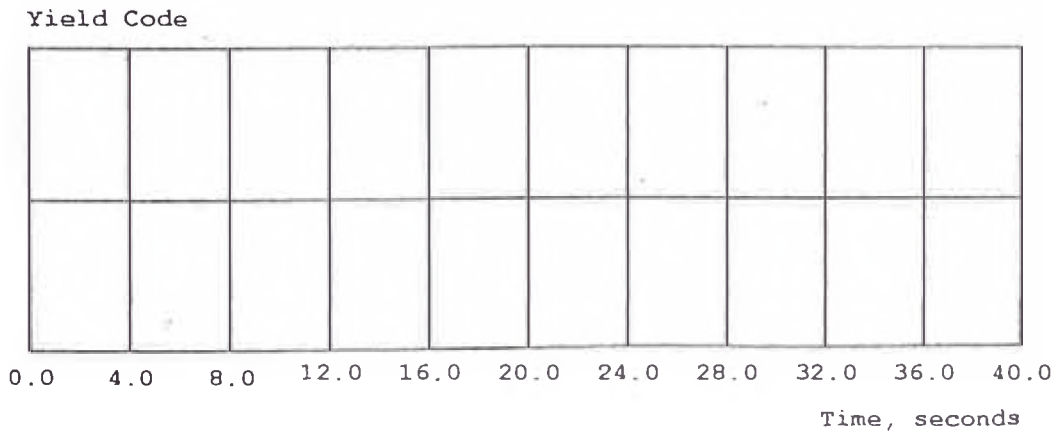
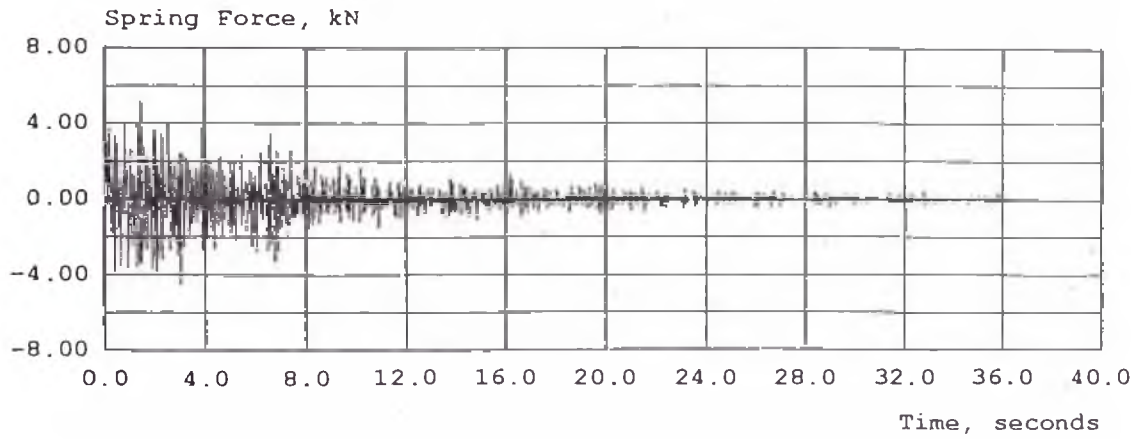
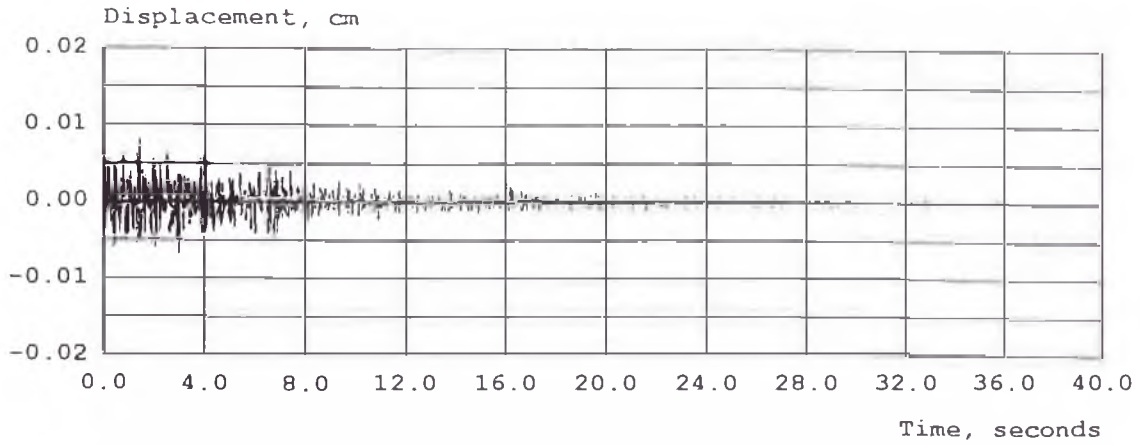


SISMO DE LIMA, PERU



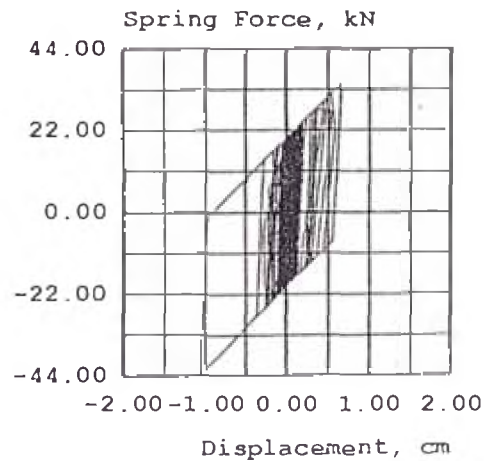
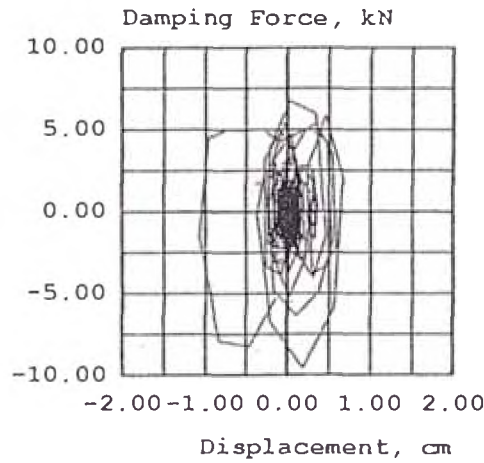
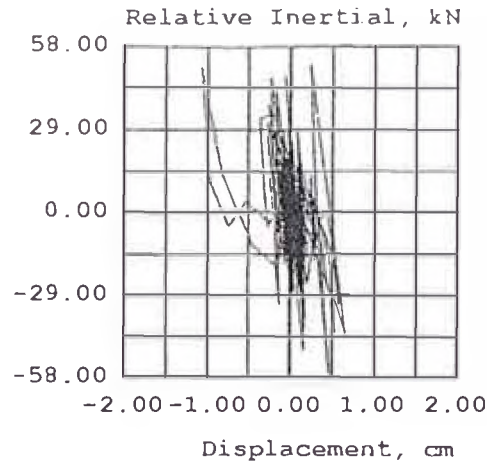
Results from Run 5  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



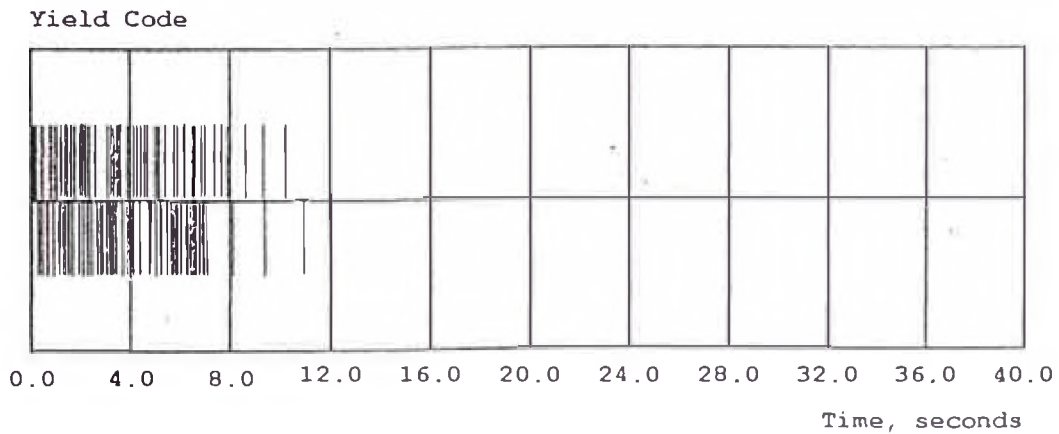
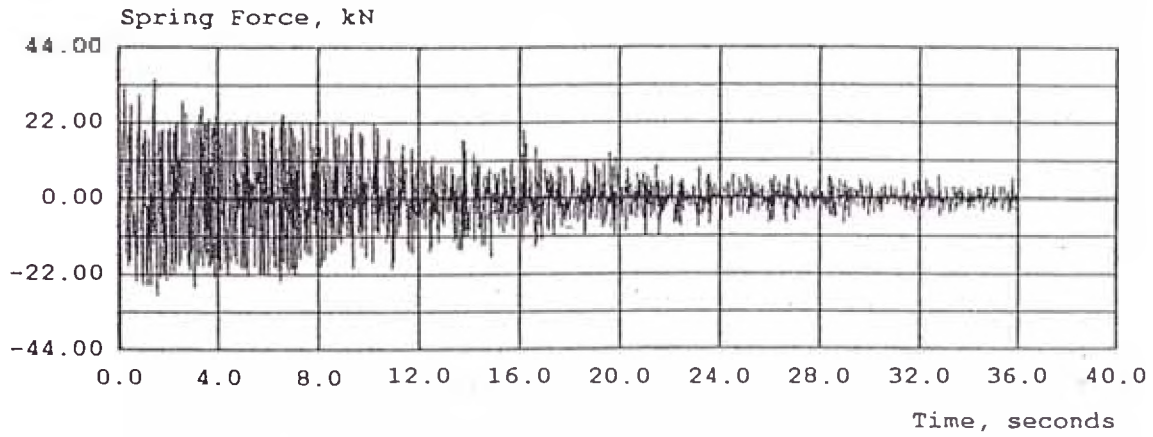
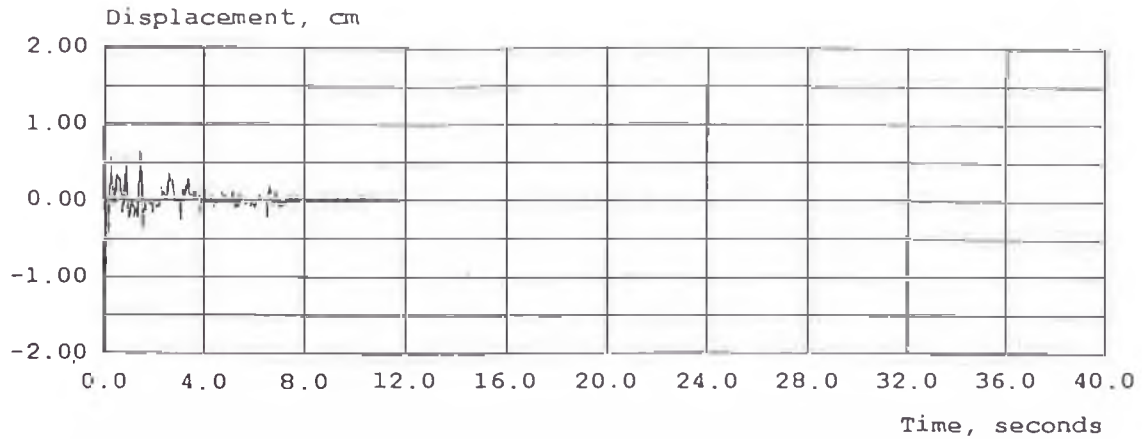
Results from Run 5  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



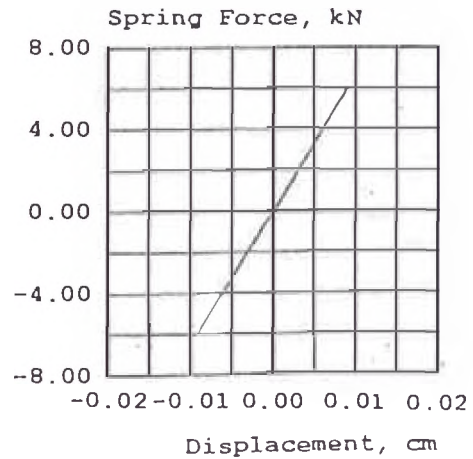
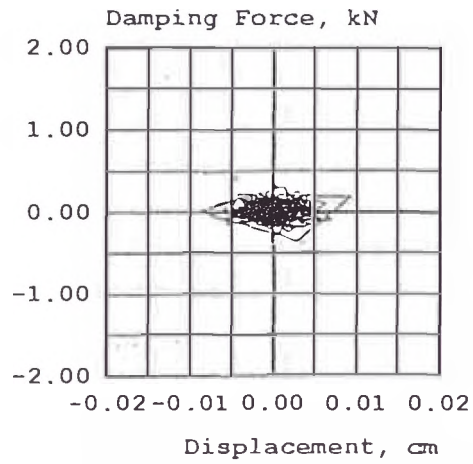
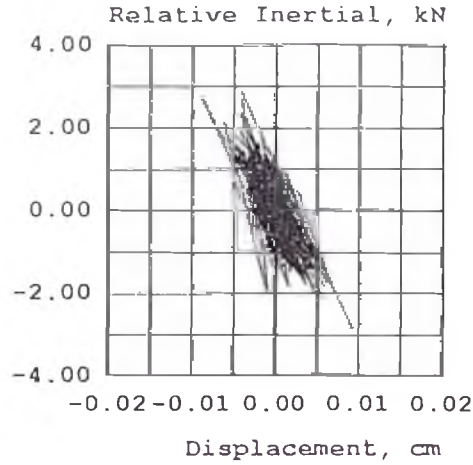
Results from Run 8  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 8  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

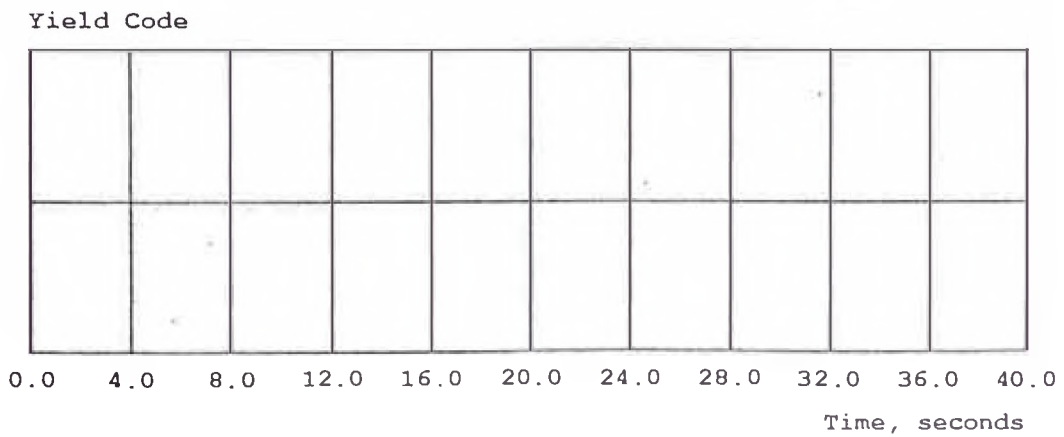
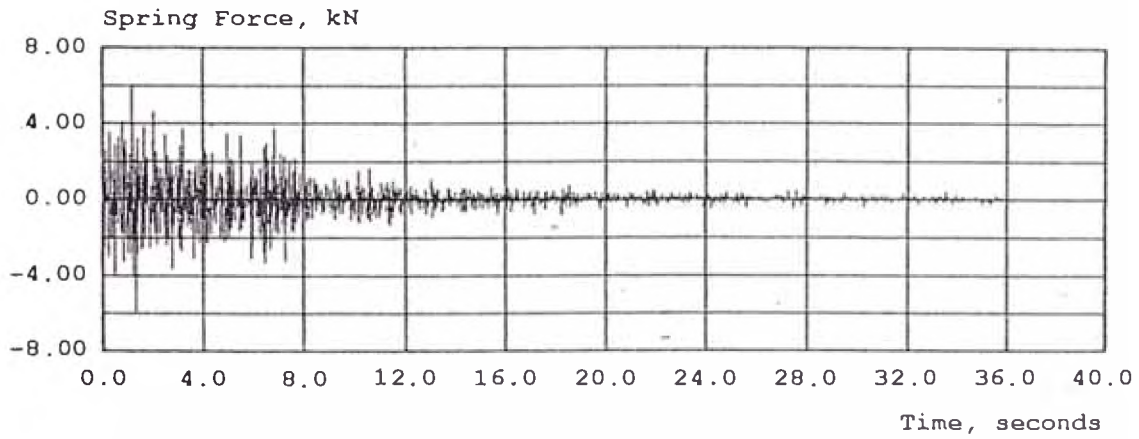
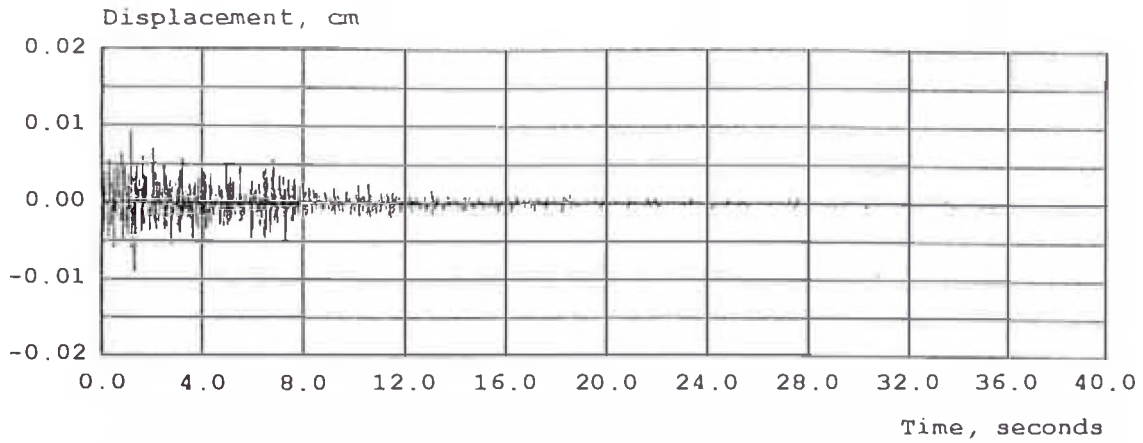
SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 10  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness  
 Strain Hardening Stiffness  
 Structure Yield Strength  
 Structural Weight  
 Structural Damping  
 Structure Period of Vibration

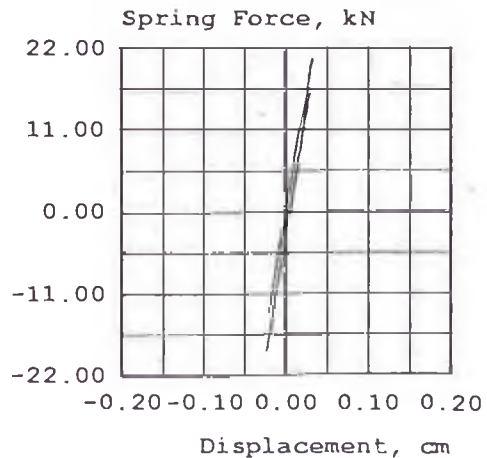
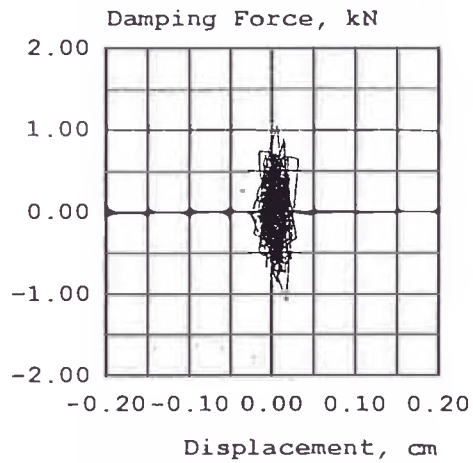
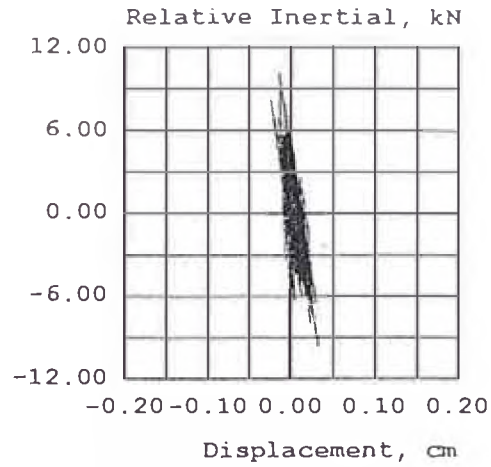
656.933 kN/cm  
 22.021 kN/cm  
 20.722 kN  
 46.182 kN  
 4.000 % Critical  
 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



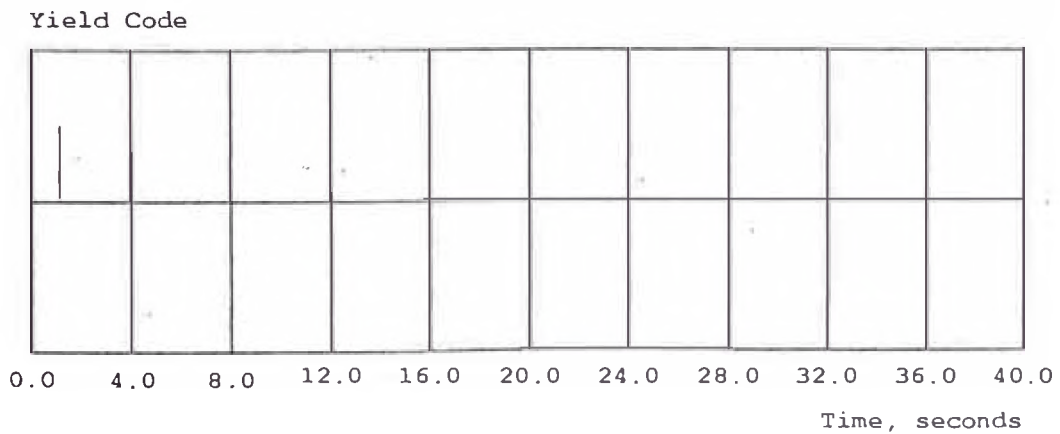
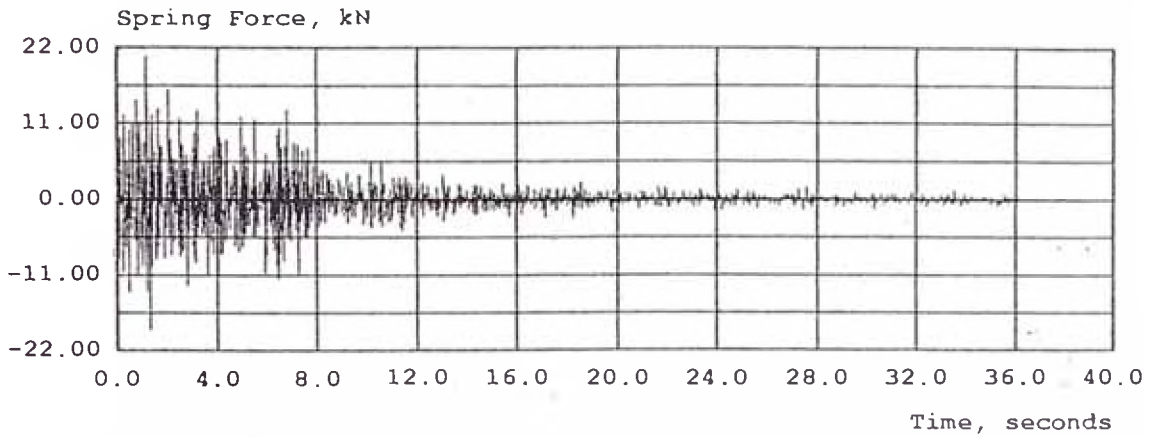
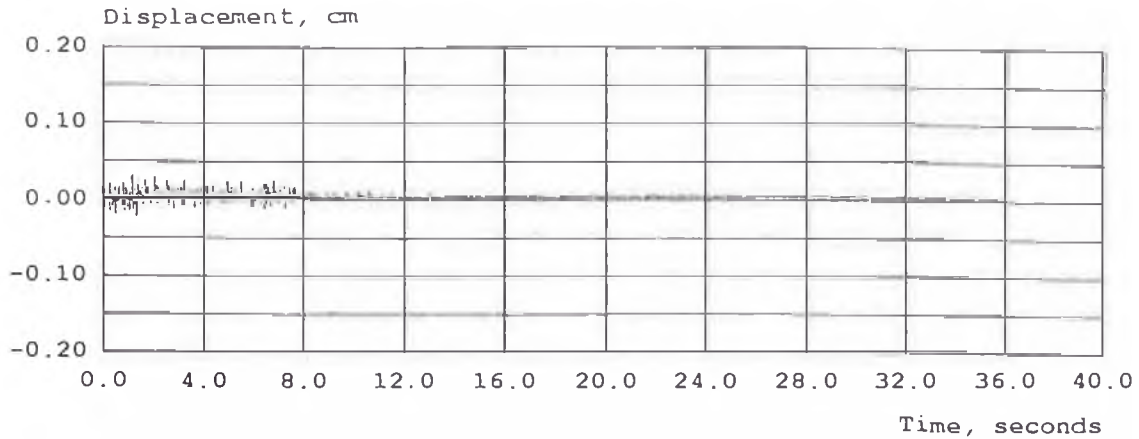
Results from Run 10  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 11  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

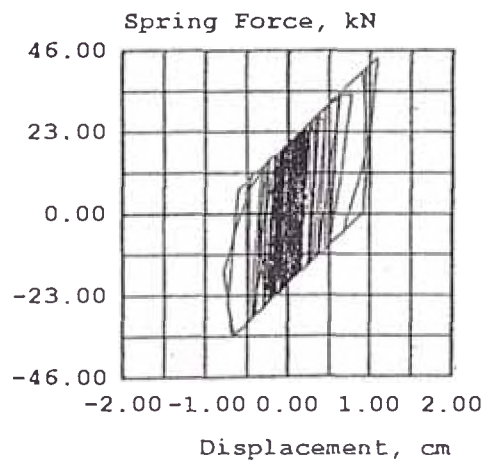
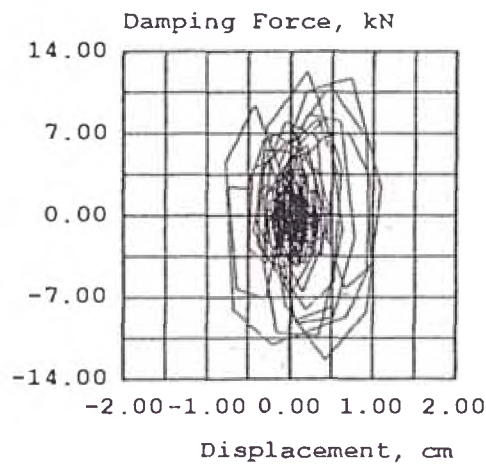
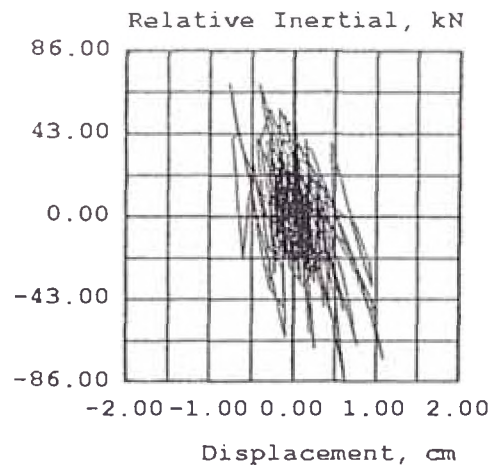
SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 11  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

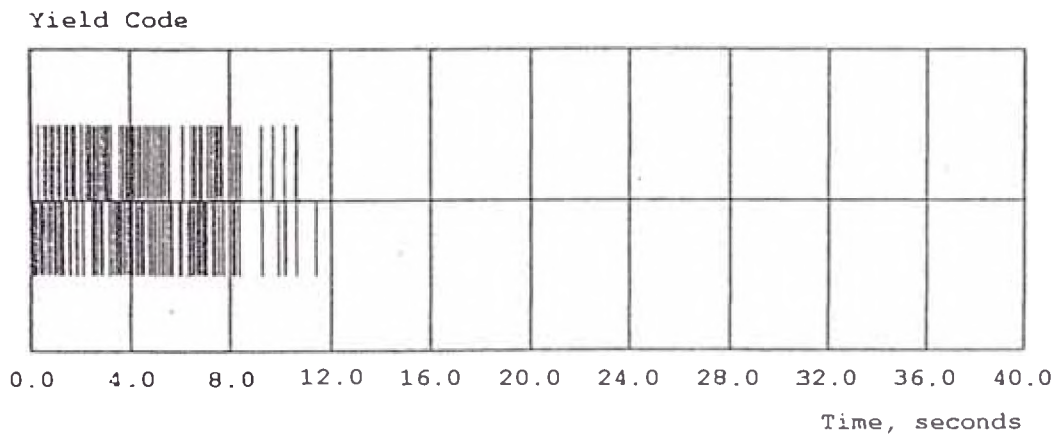
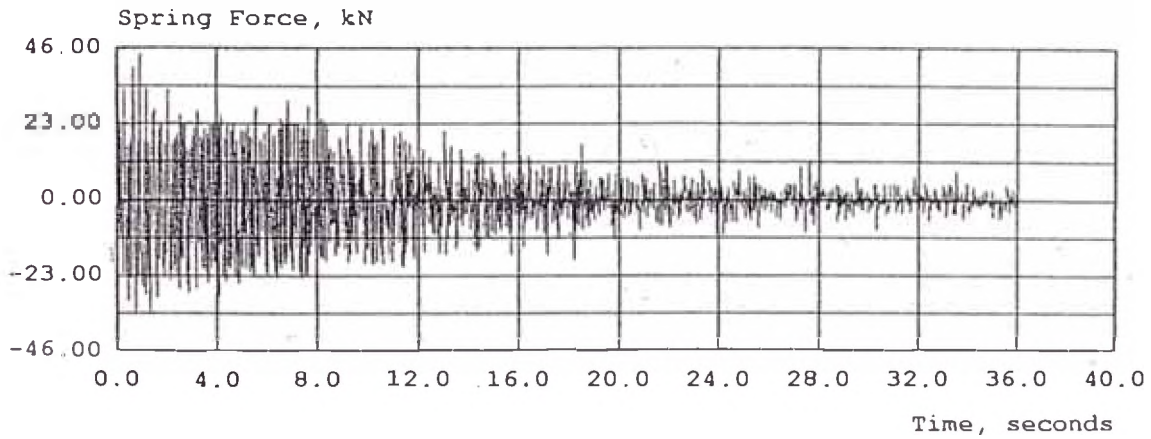
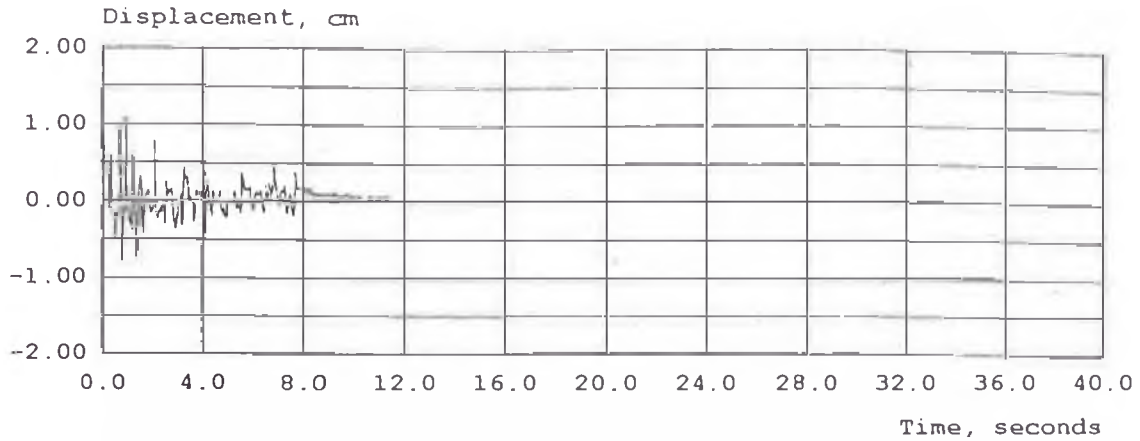


SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 15  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU

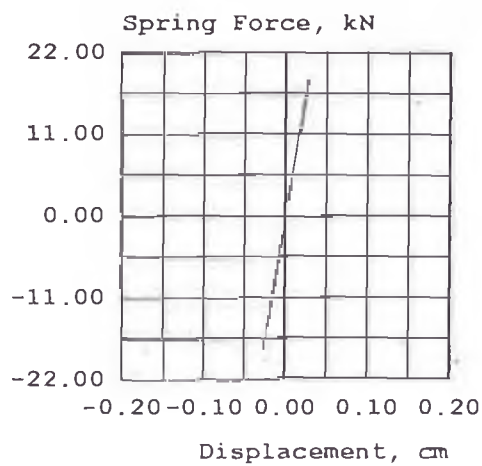
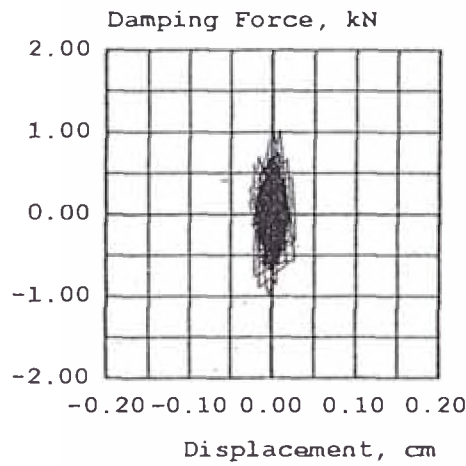
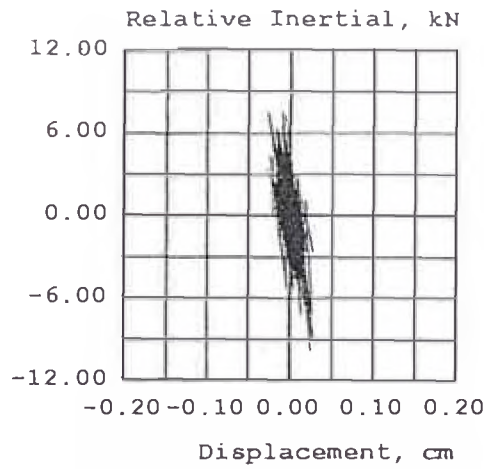


Results from Run 15

This is a nonlinear analysis.

|                               |                  |     |
|-------------------------------|------------------|-----|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |     |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |     |
| Structural Weight             | 46.182 kN        | 160 |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |     |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |     |

SISMO DE LIMA, PERU

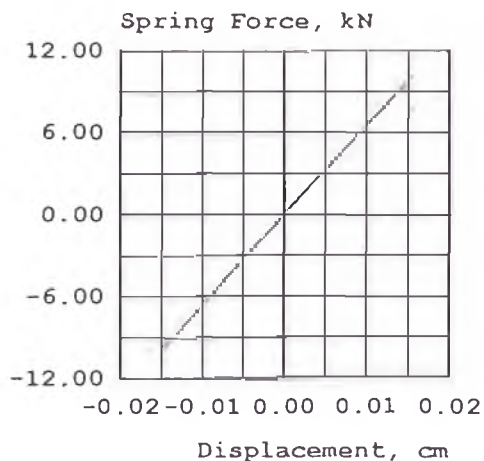
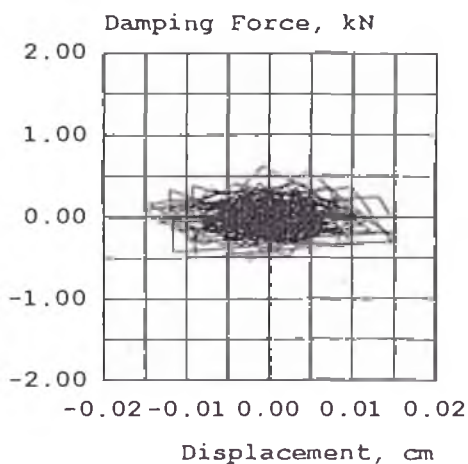
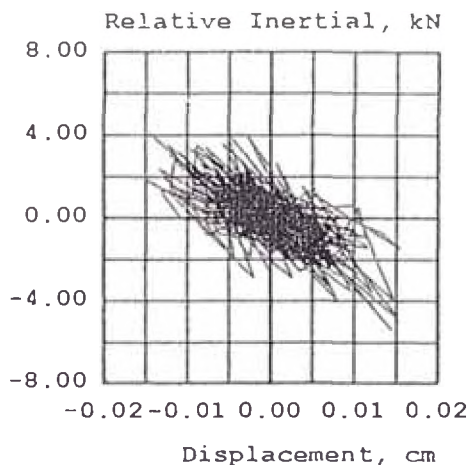


Results from Run 22

This is a nonlinear analysis.

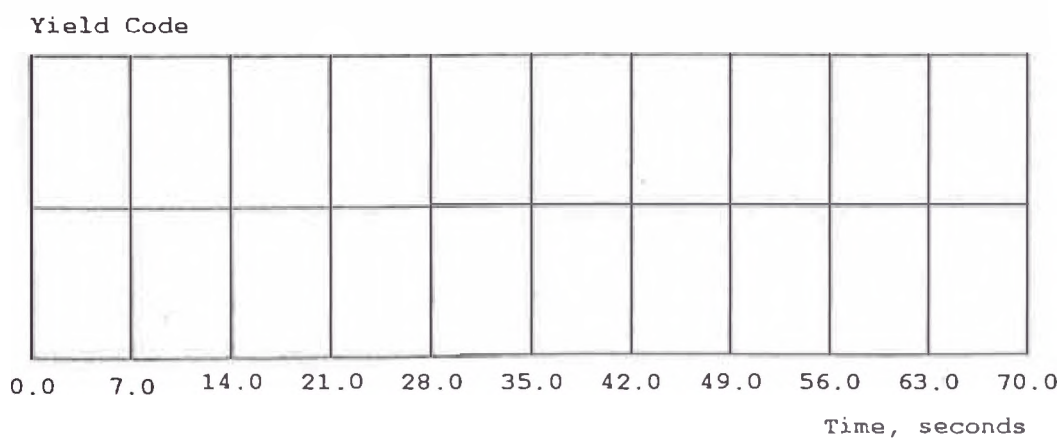
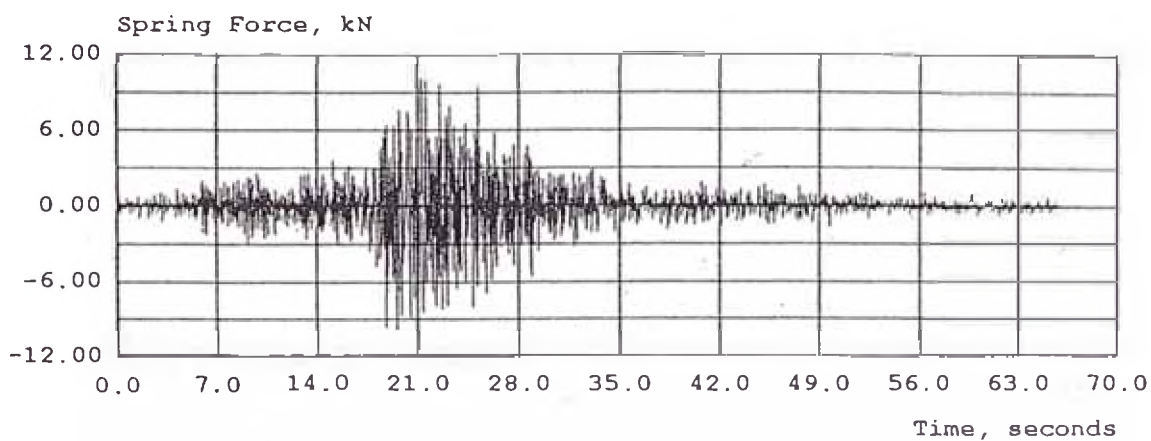
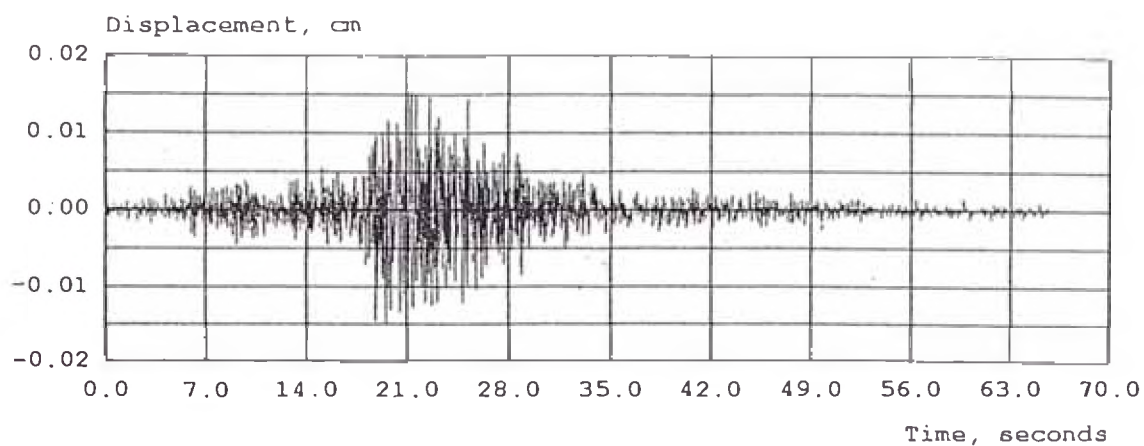
|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 16  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU

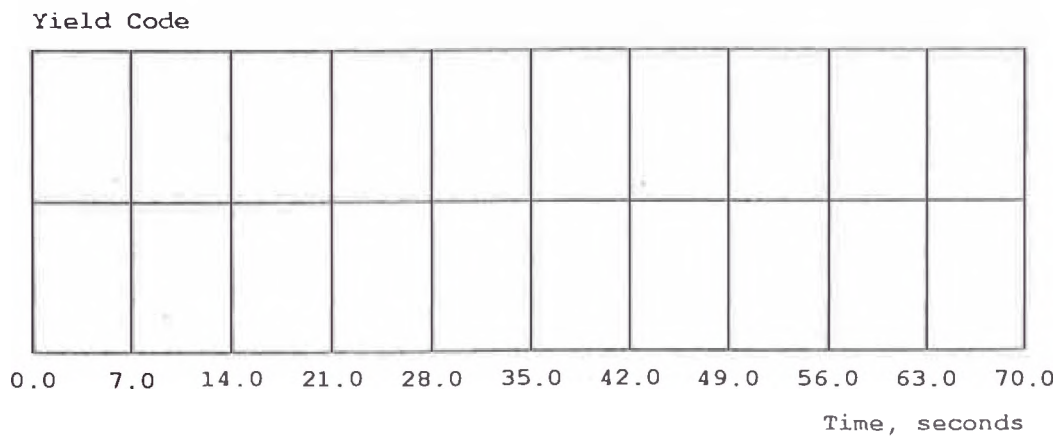
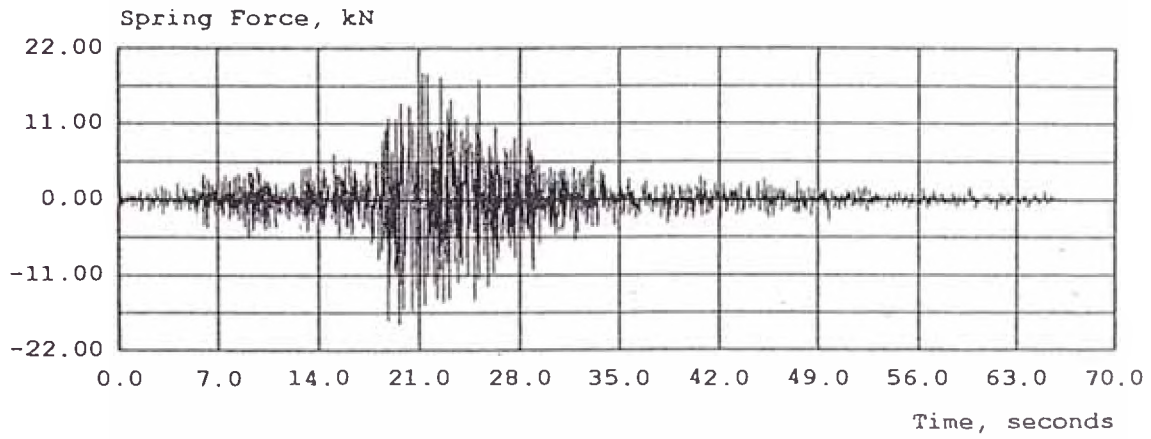
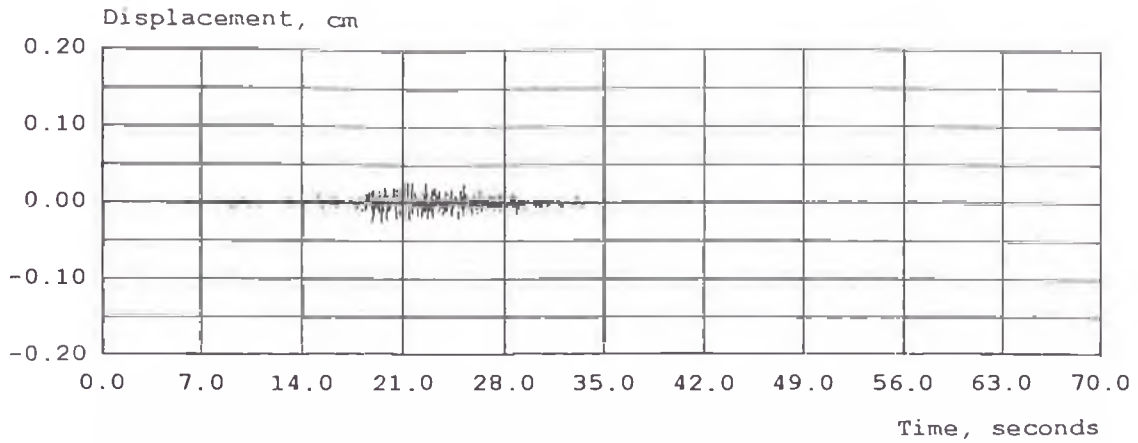


Results from Run 16

This is a nonlinear analysis.

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

SISMO DE LIMA, PERU

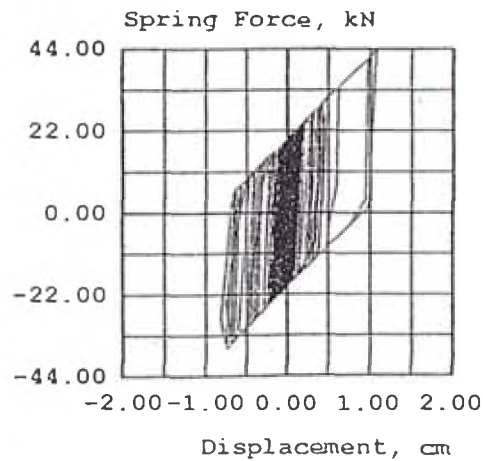
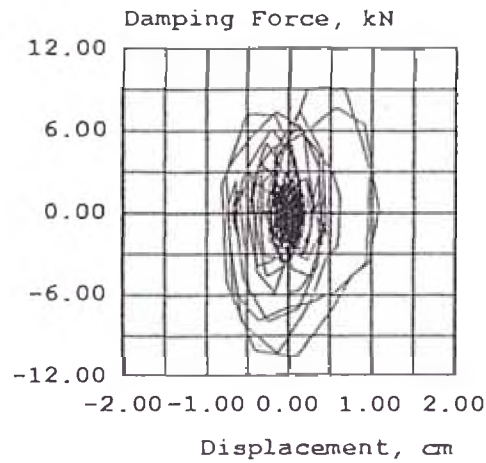
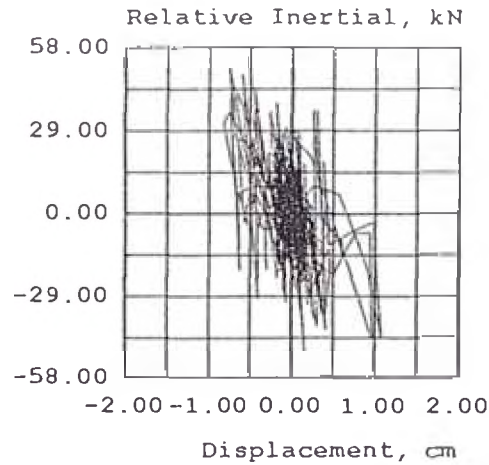


Results from Run 22

This is a nonlinear analysis.

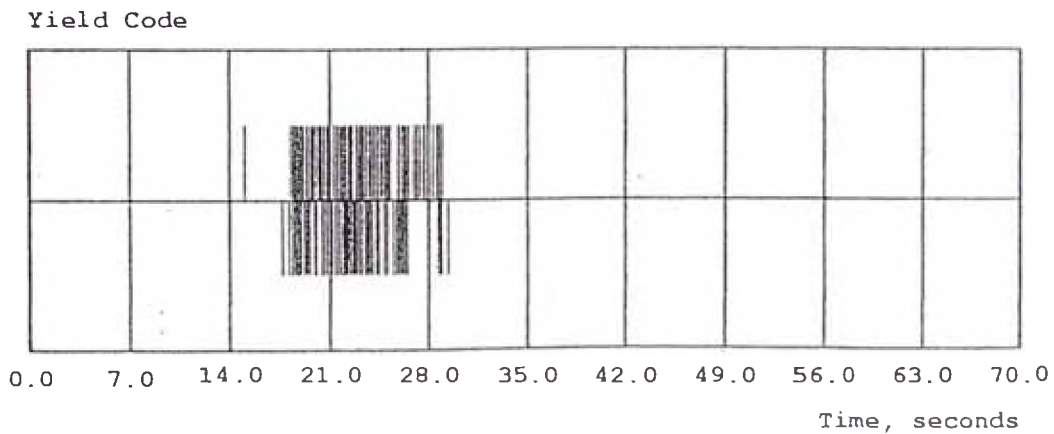
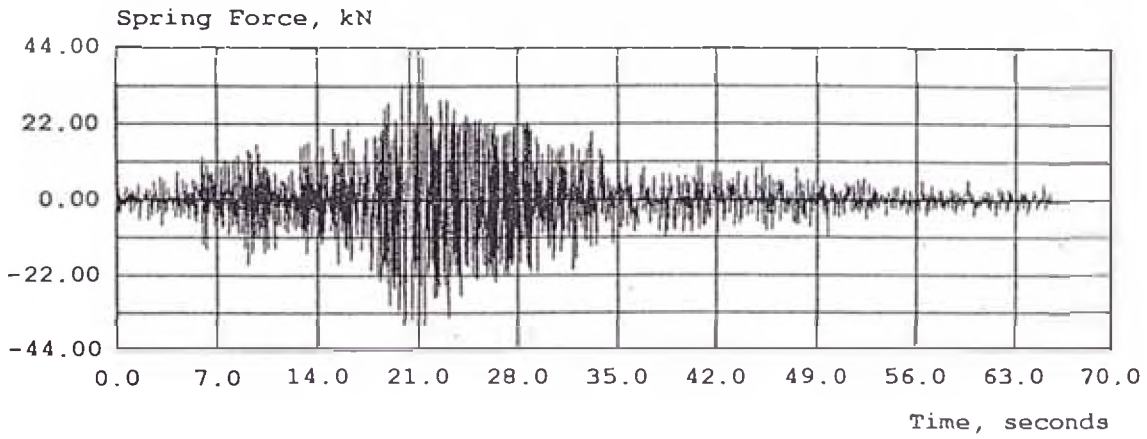
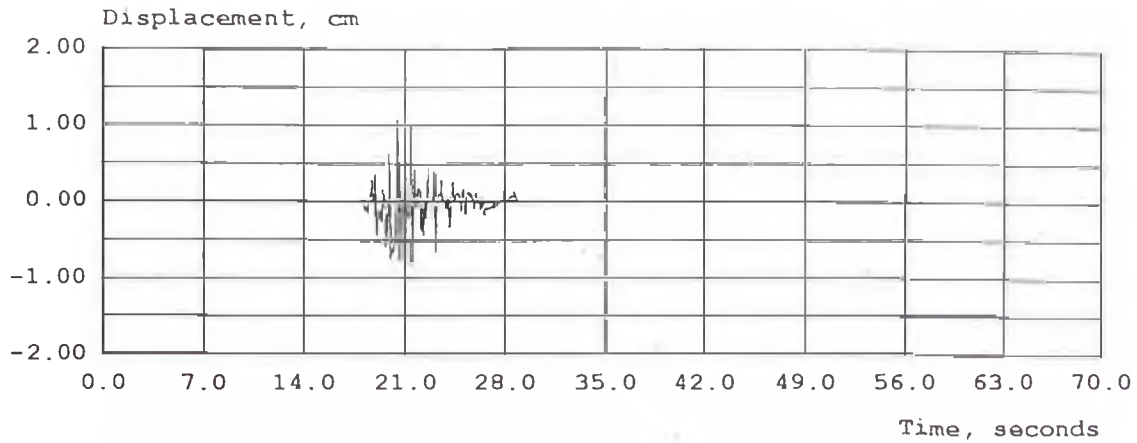
|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 23  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



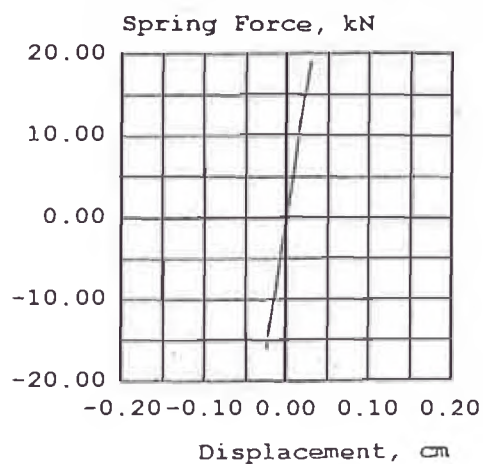
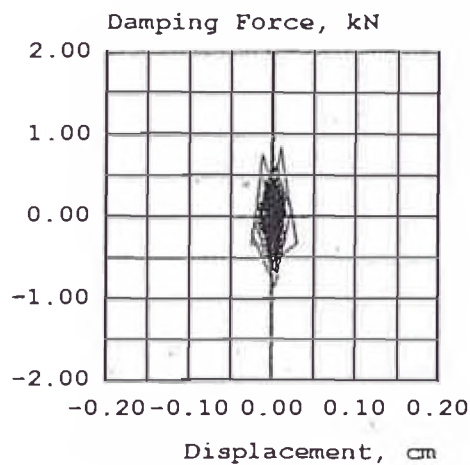
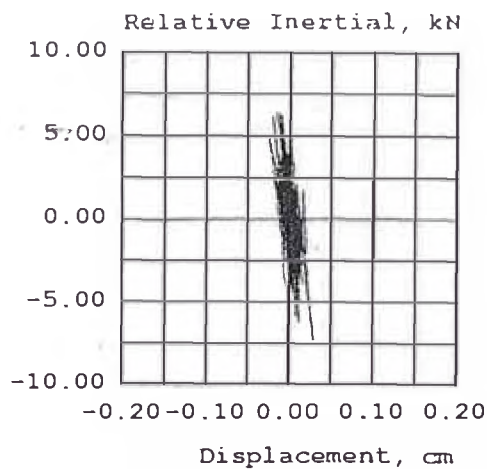
Results from Run 23

This is a nonlinear analysis.

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

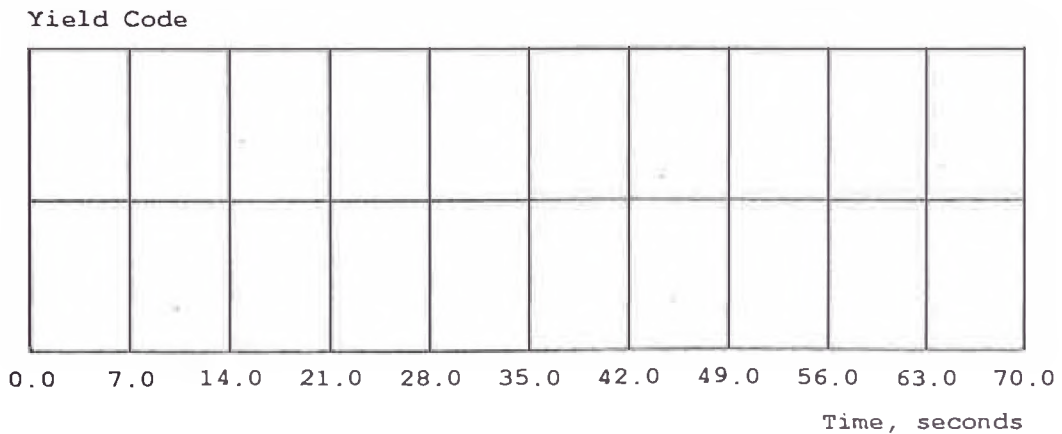
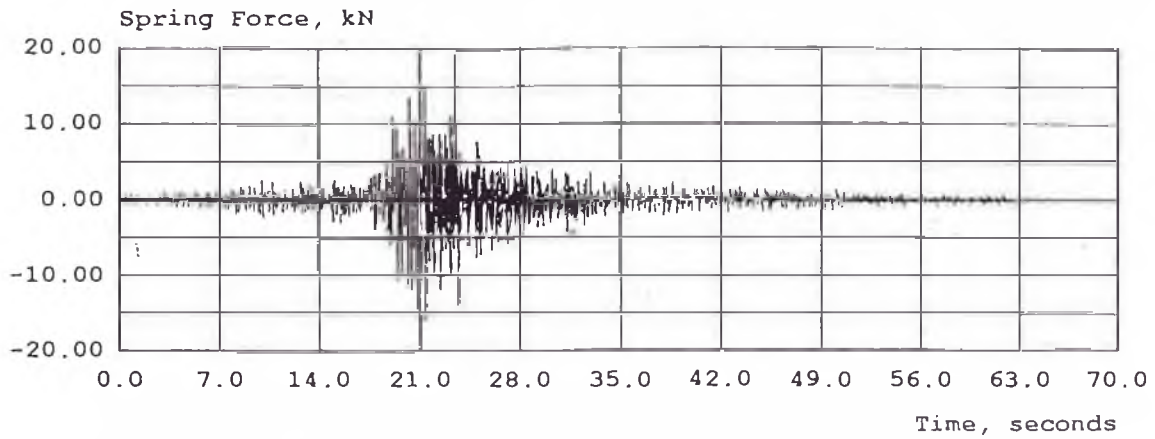
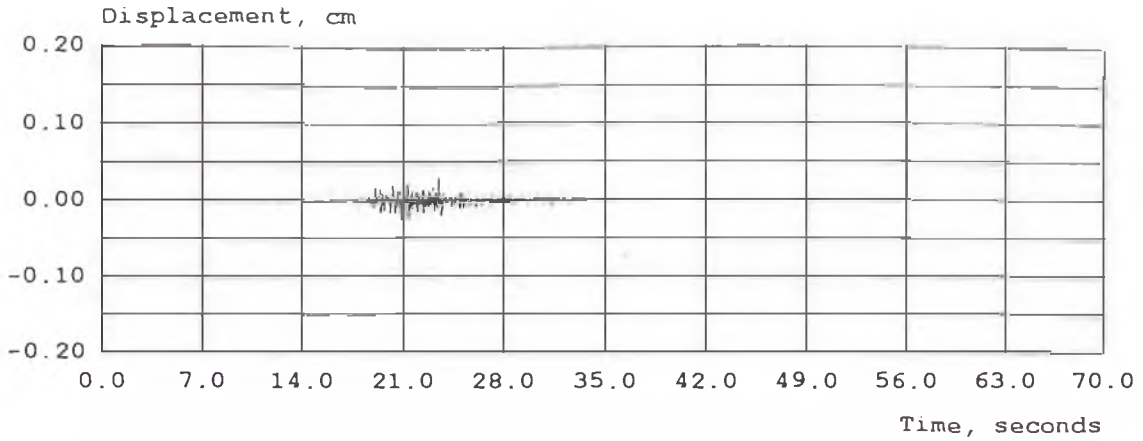


SISMO DE LIMA, PERU



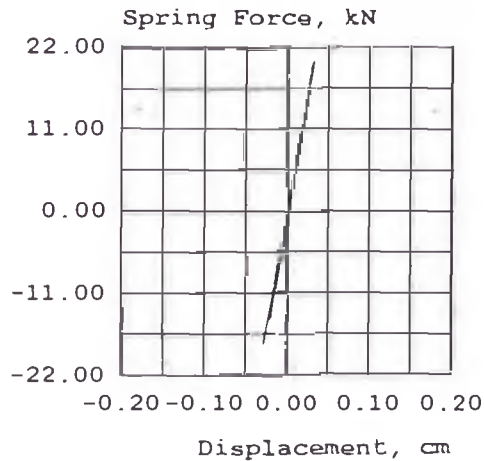
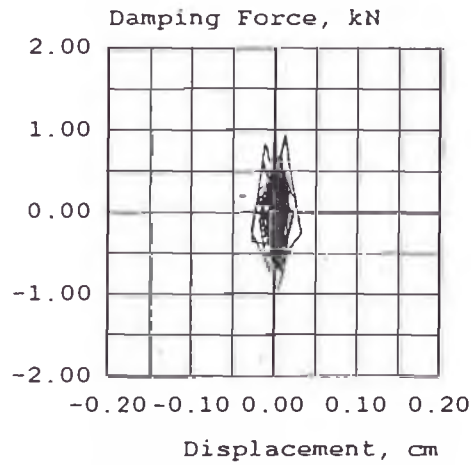
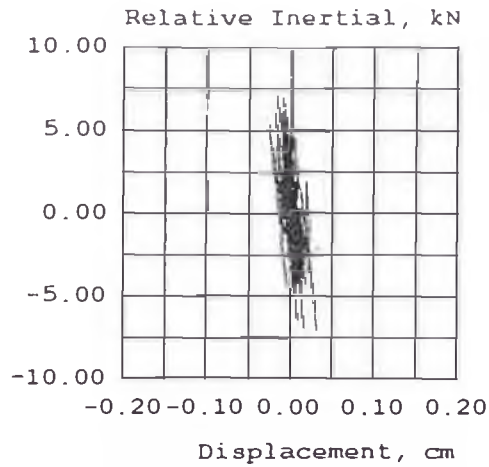
Results from Run 1  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 1  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU

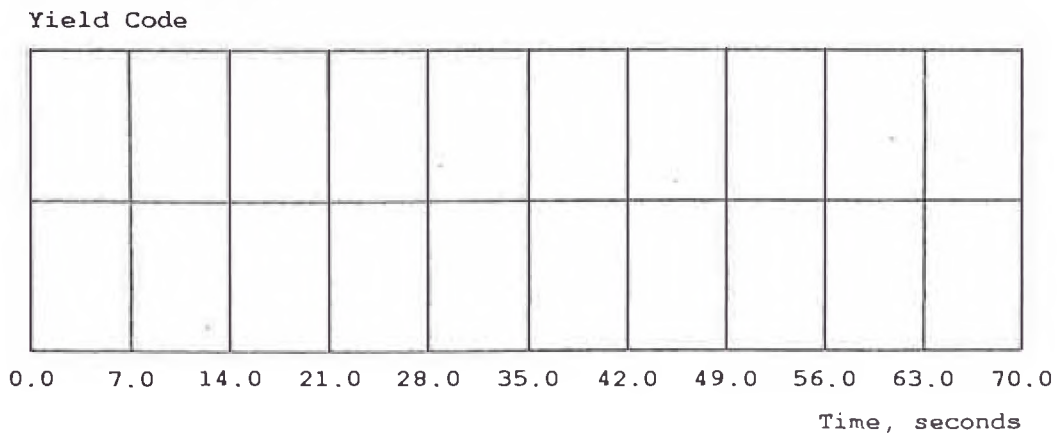
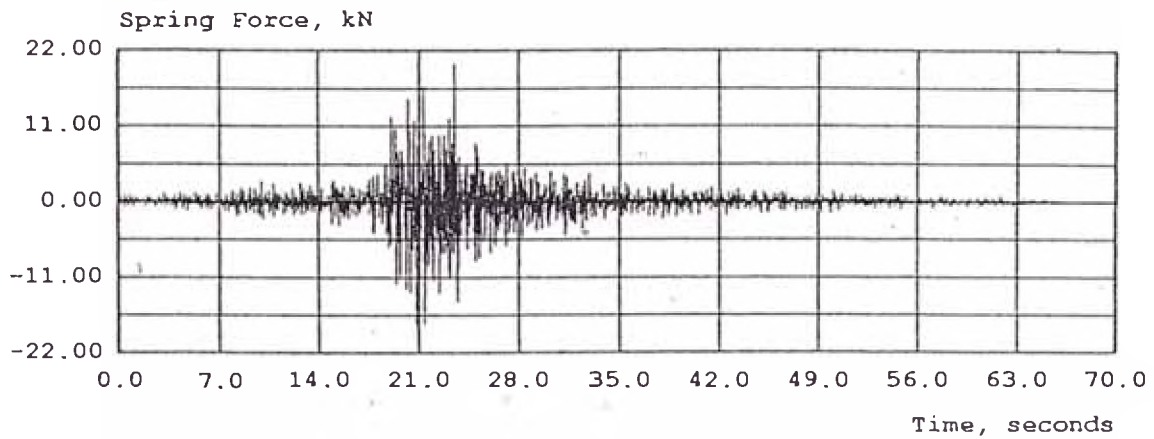
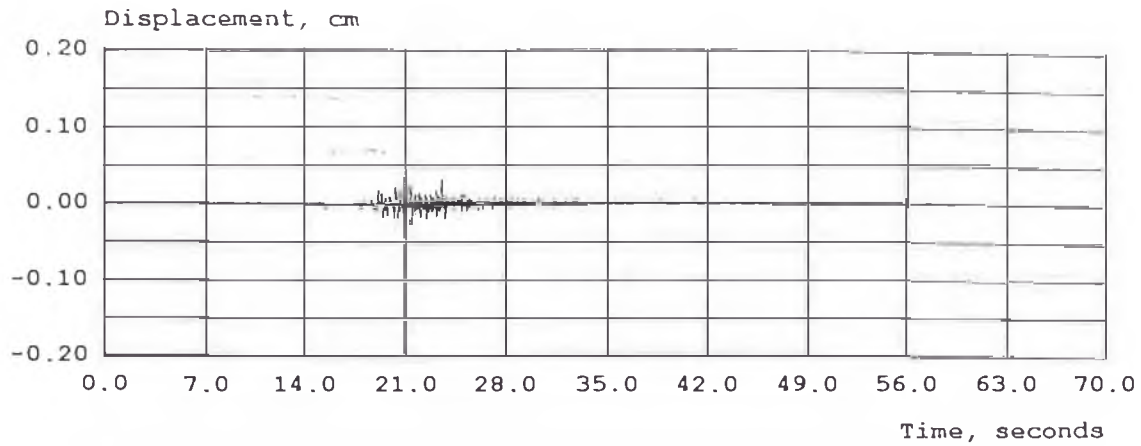


Results from Run 2

This is a nonlinear analysis.

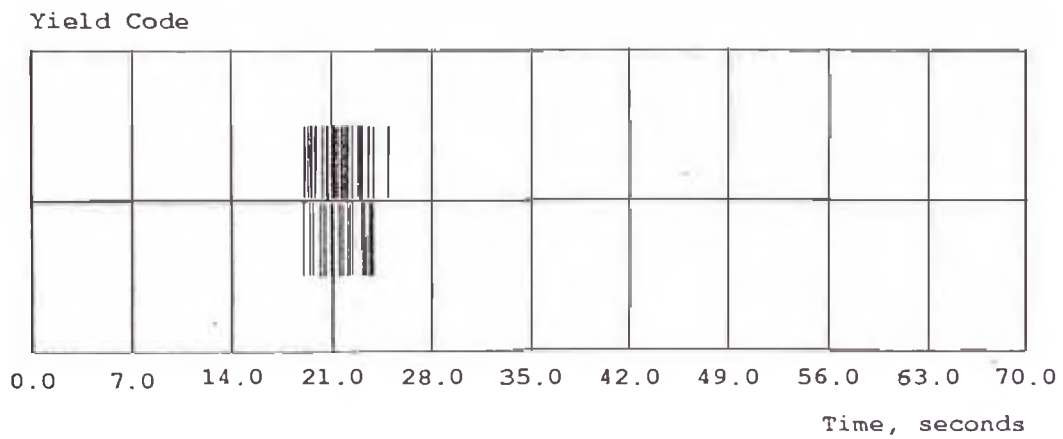
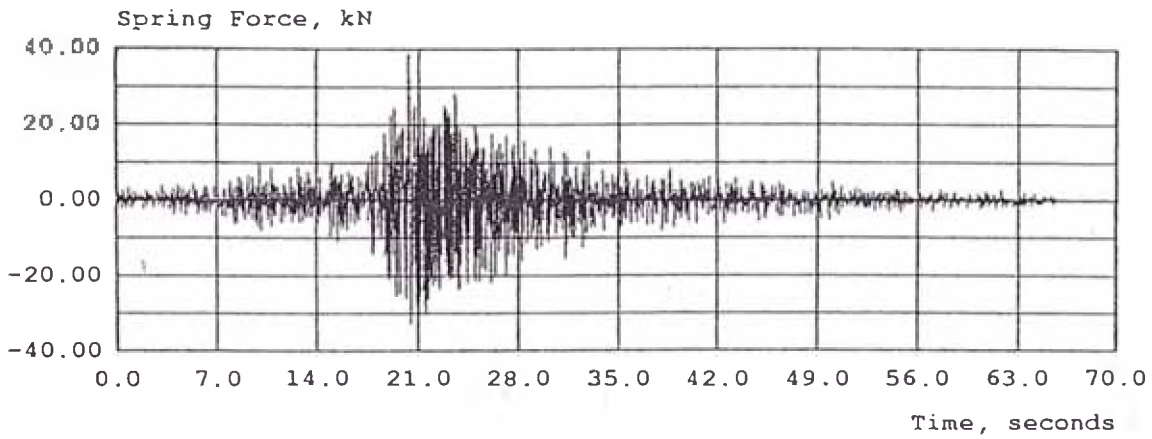
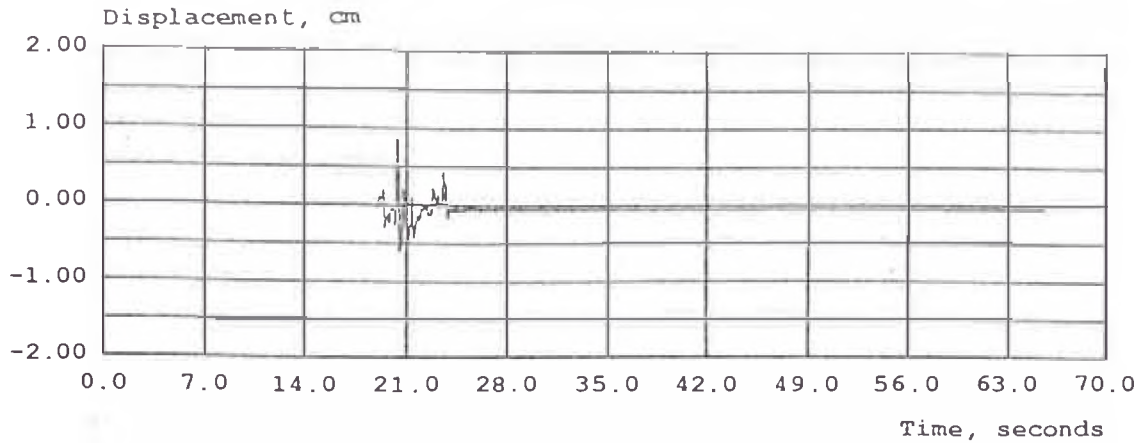
|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

SISMO DE LIMA, PERU



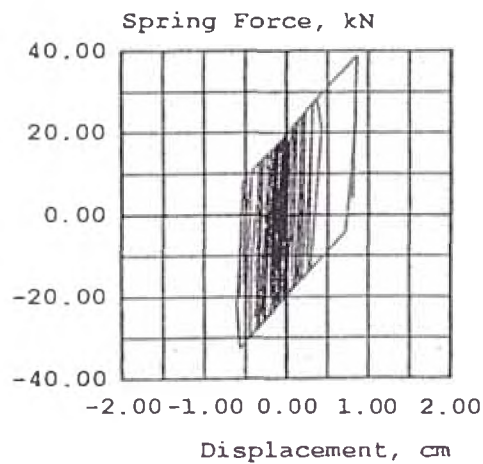
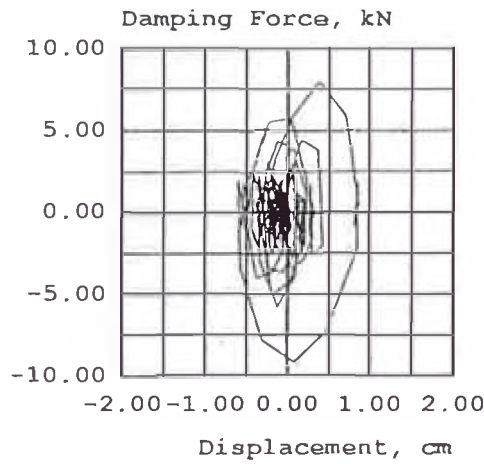
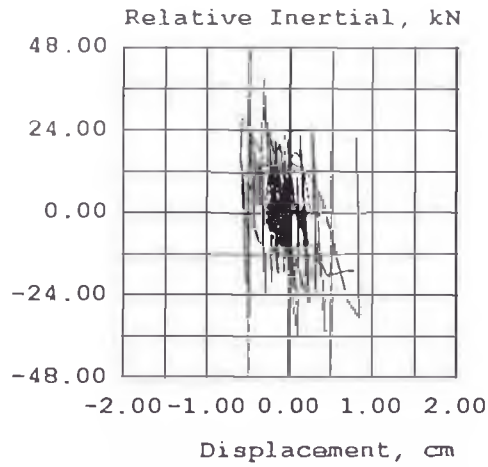
Results from Run 2  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



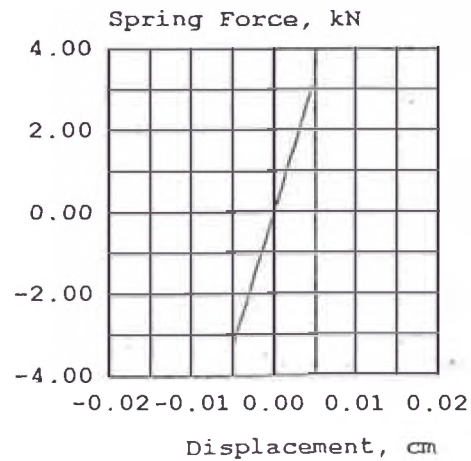
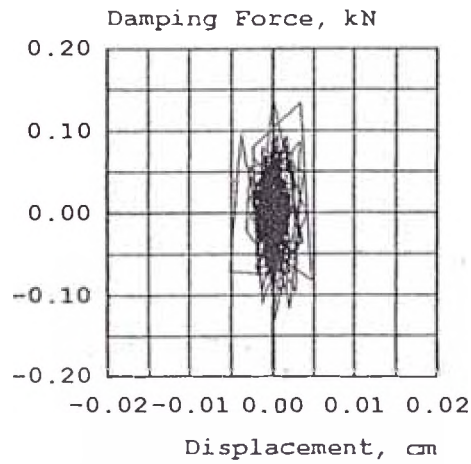
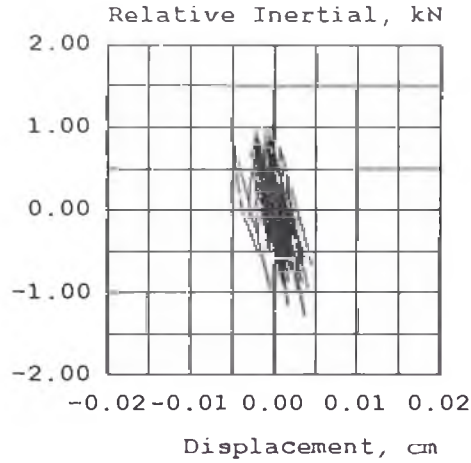
Results from Run 3  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



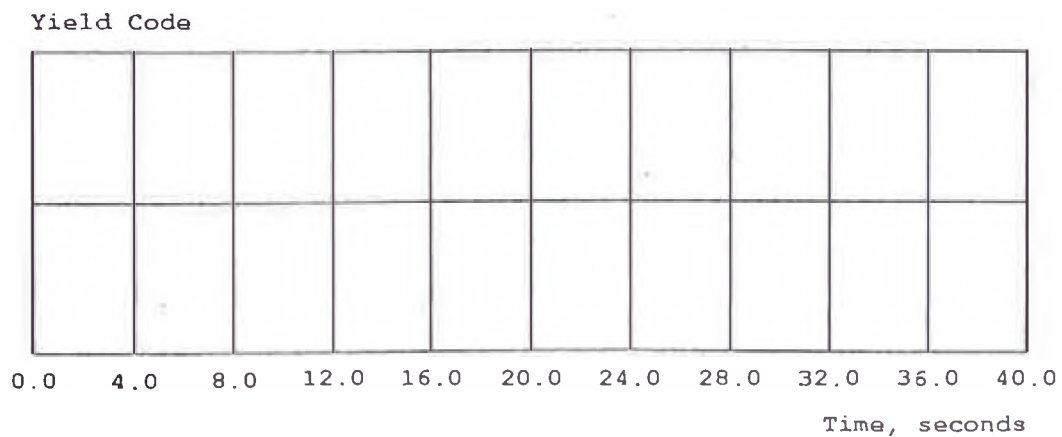
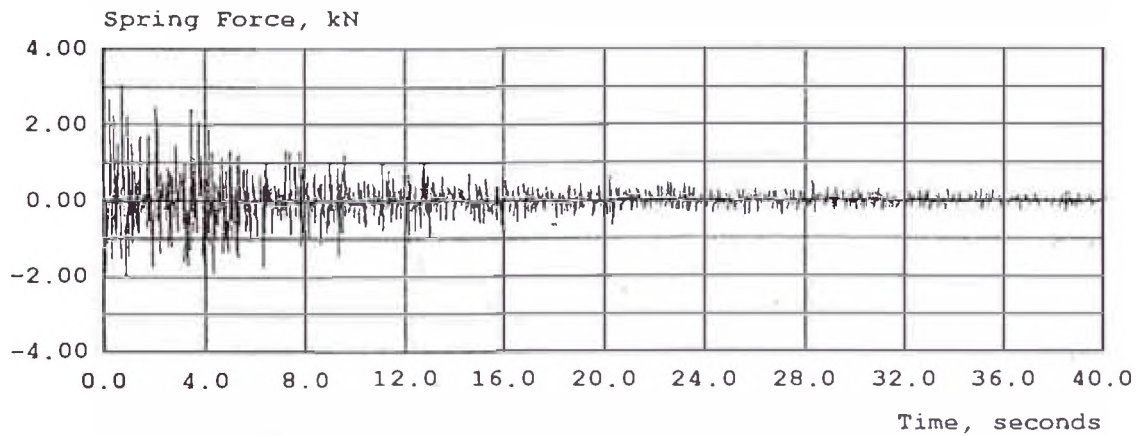
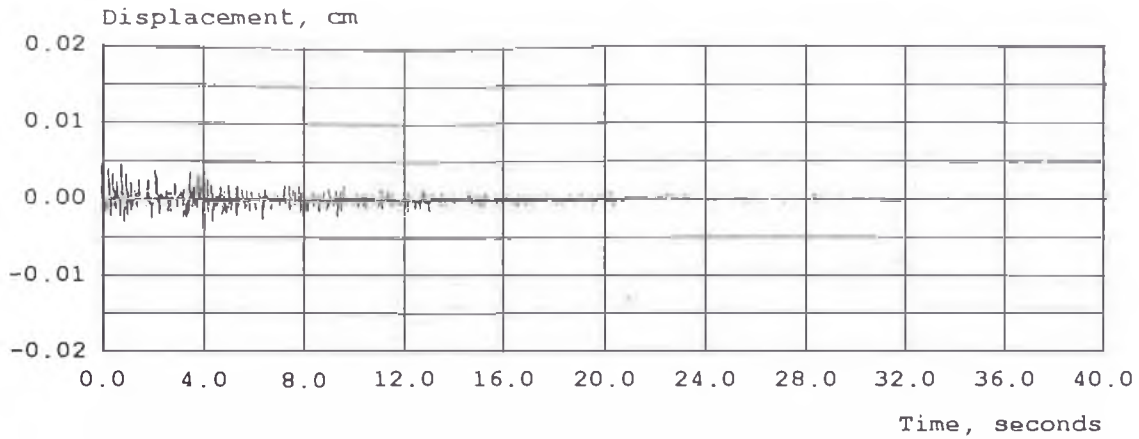
Results from Run  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 4  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

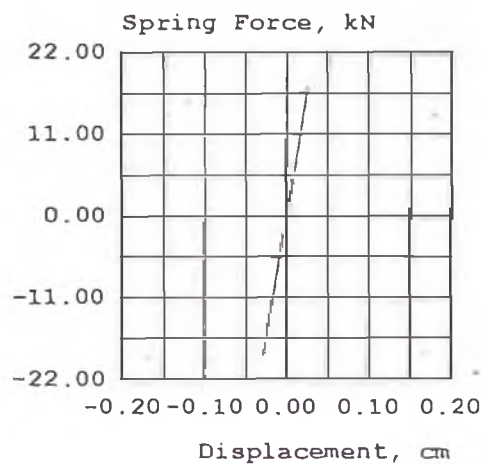
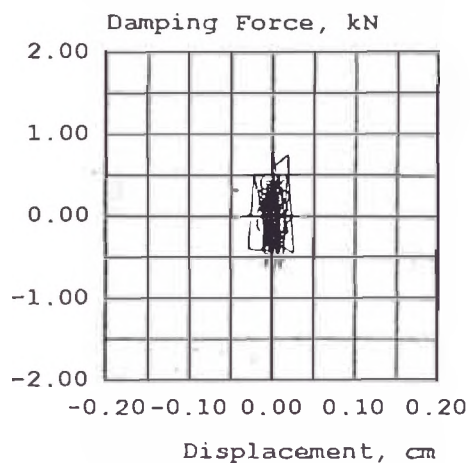
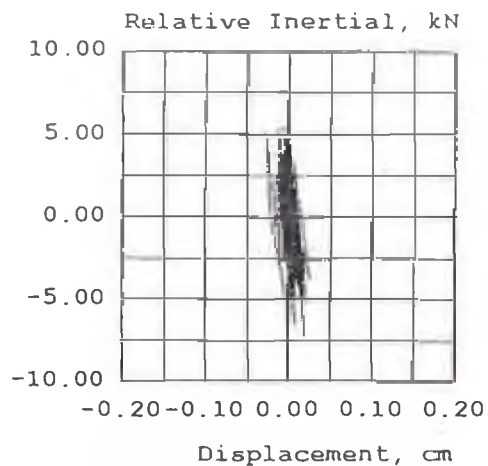
SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 4  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

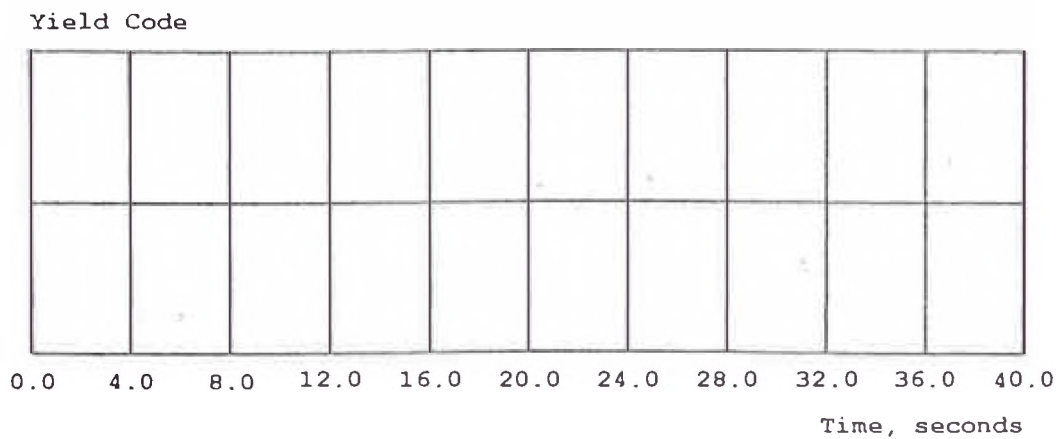
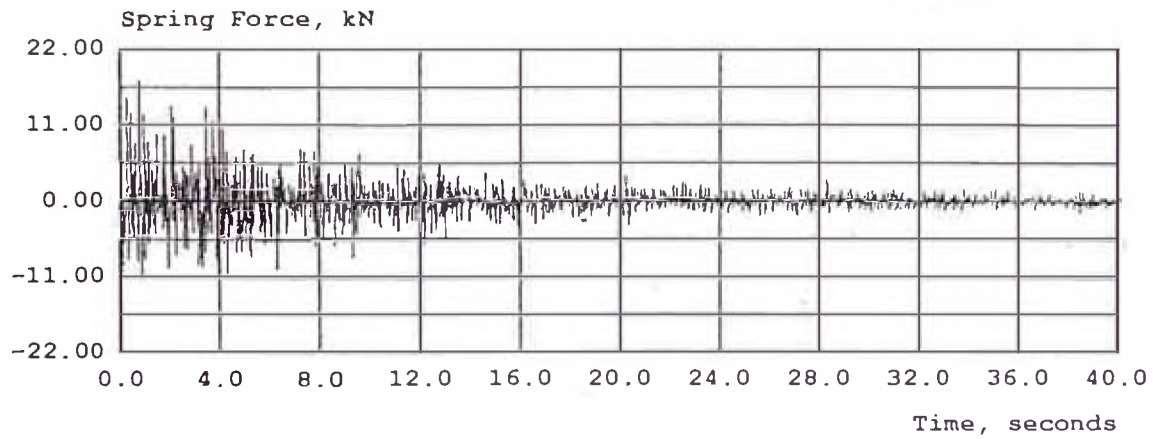
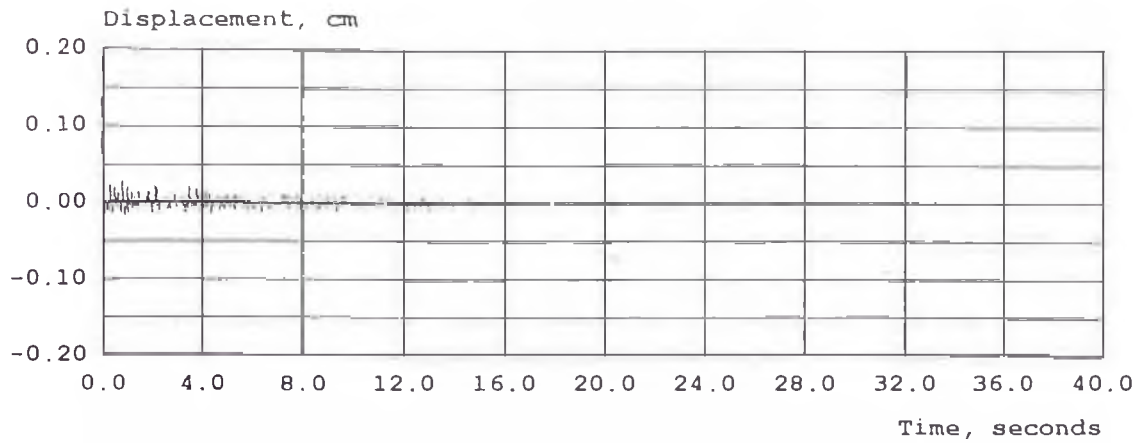


SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 5  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU

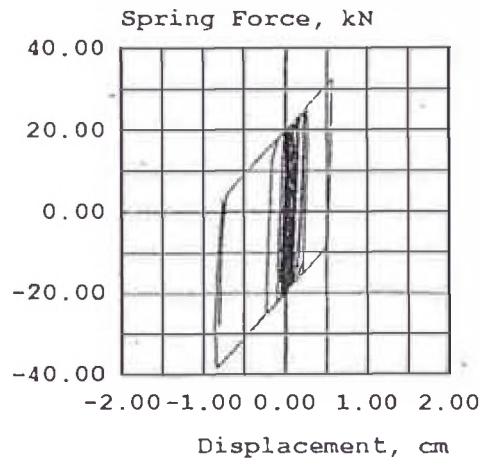
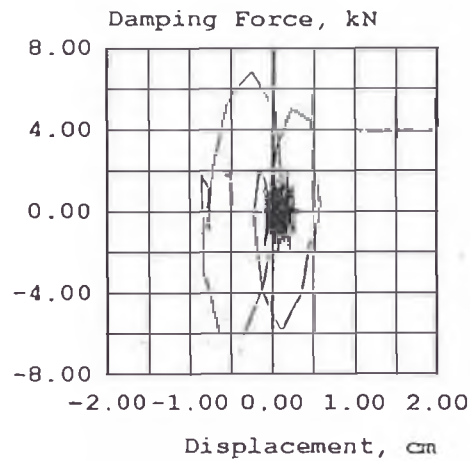
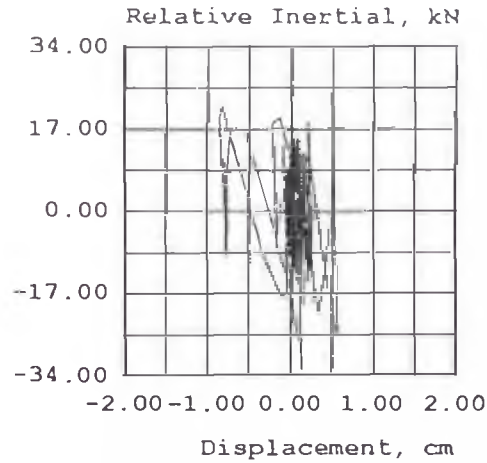


Results from Run 5

This is a nonlinear analysis.

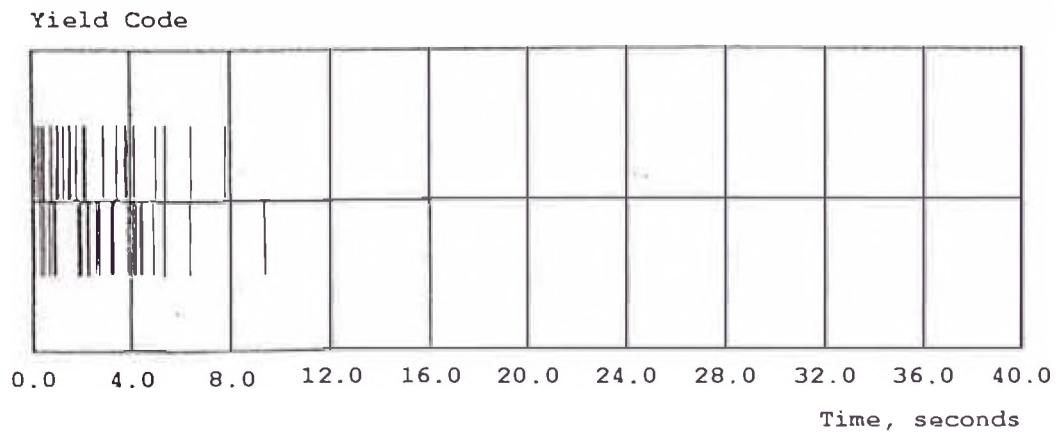
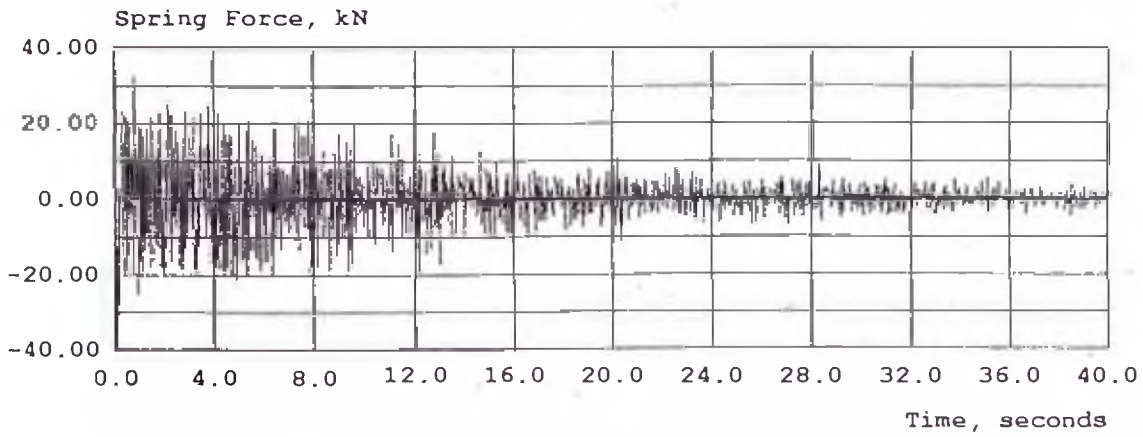
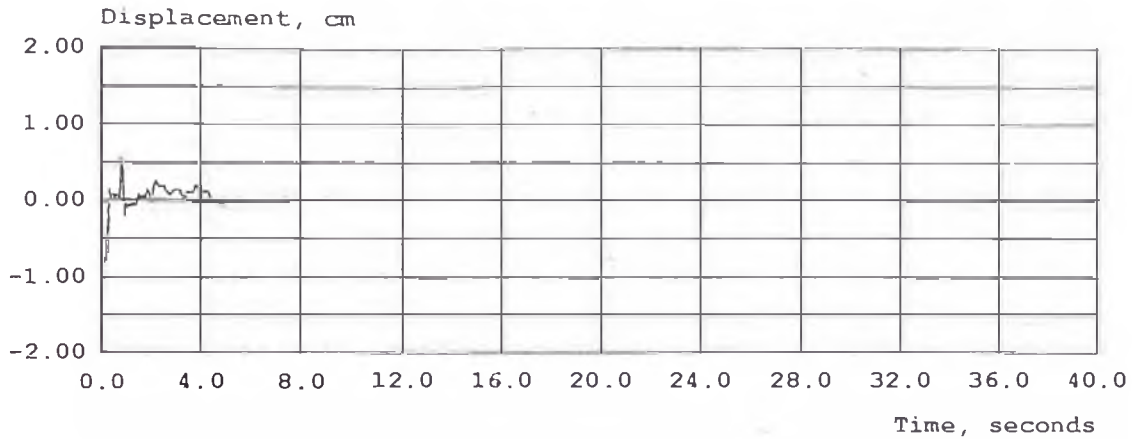
|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

SISMO DE LIMA, PERU



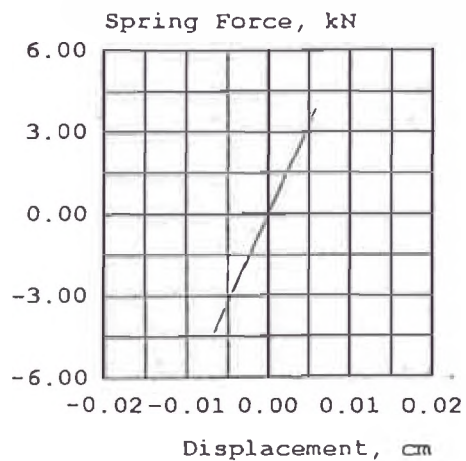
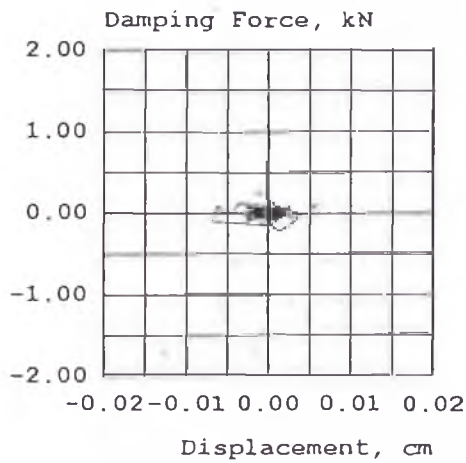
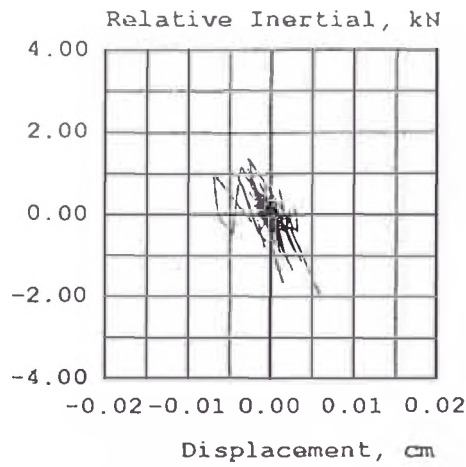
Results from Run 6  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



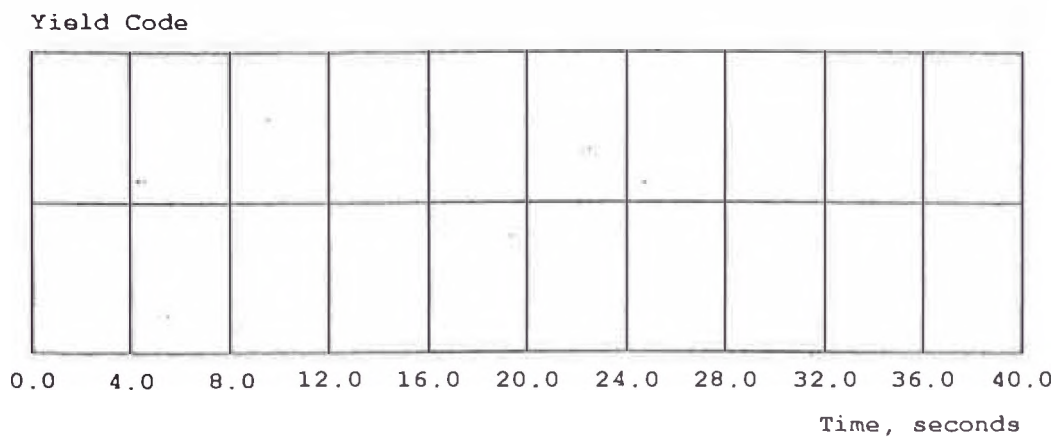
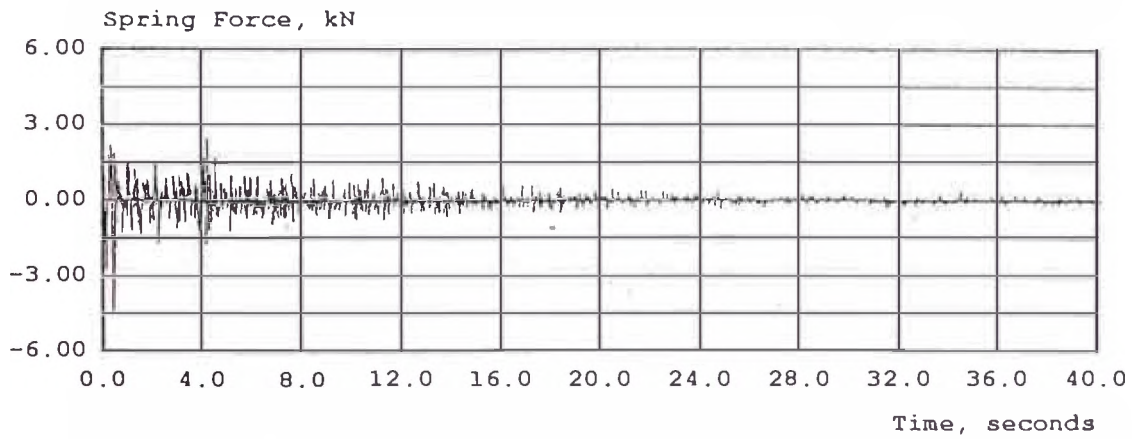
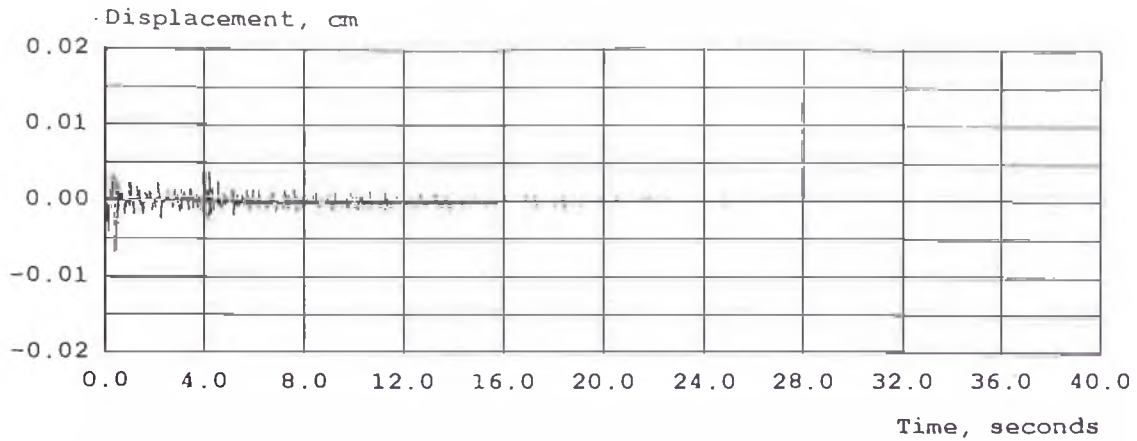
Results from Run 6  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



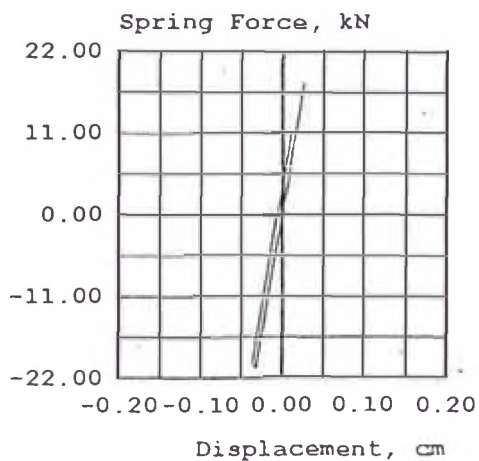
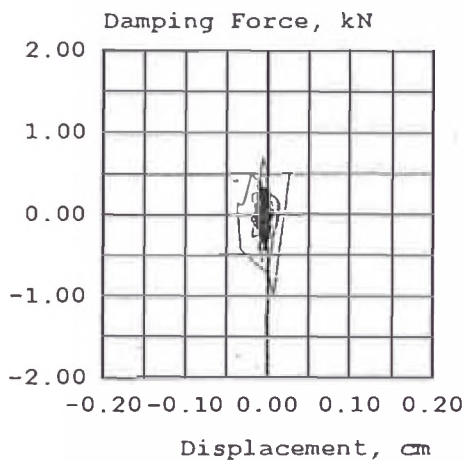
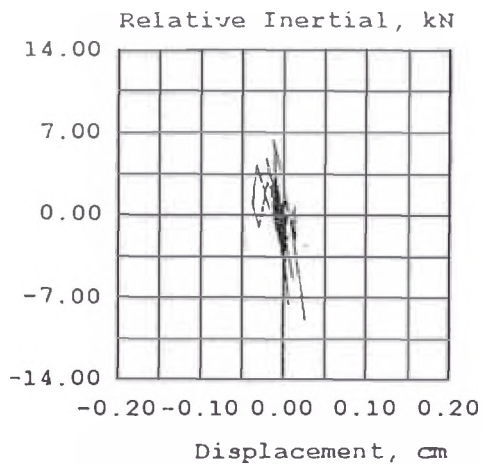
Results from Run 7  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 7  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU

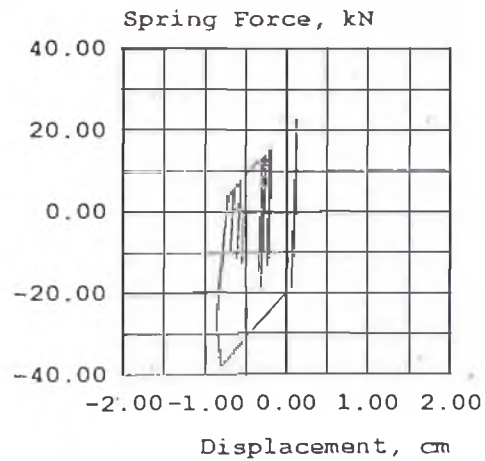
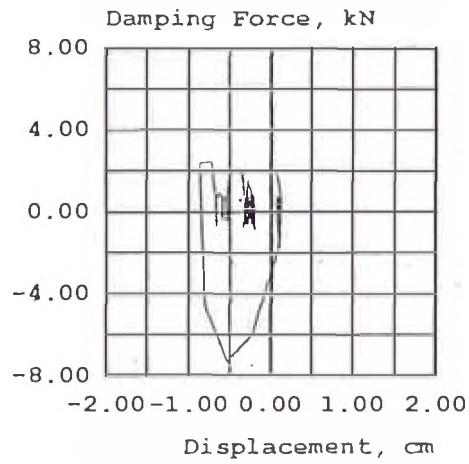
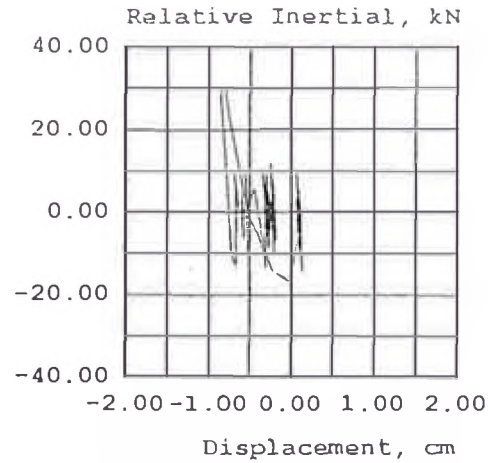


Results from Run 8

This is a nonlinear analysis.

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

SISMO DE LIMA, PERU



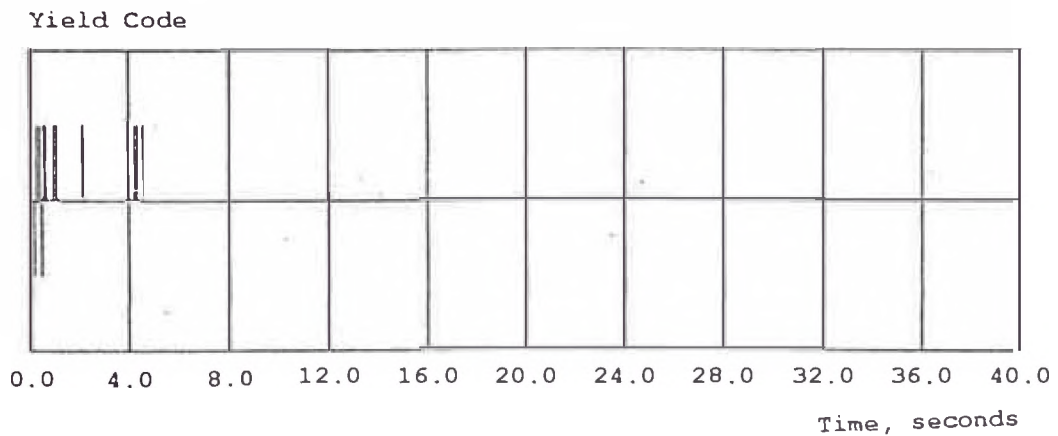
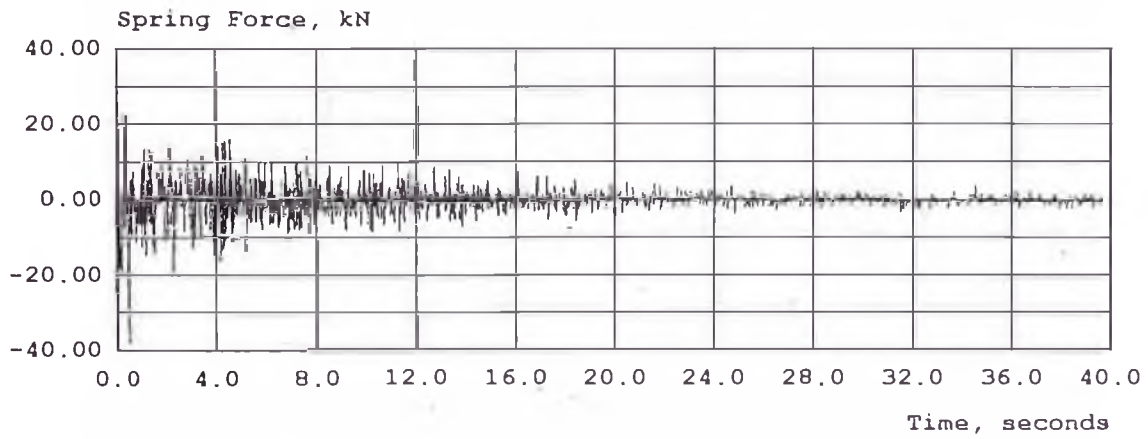
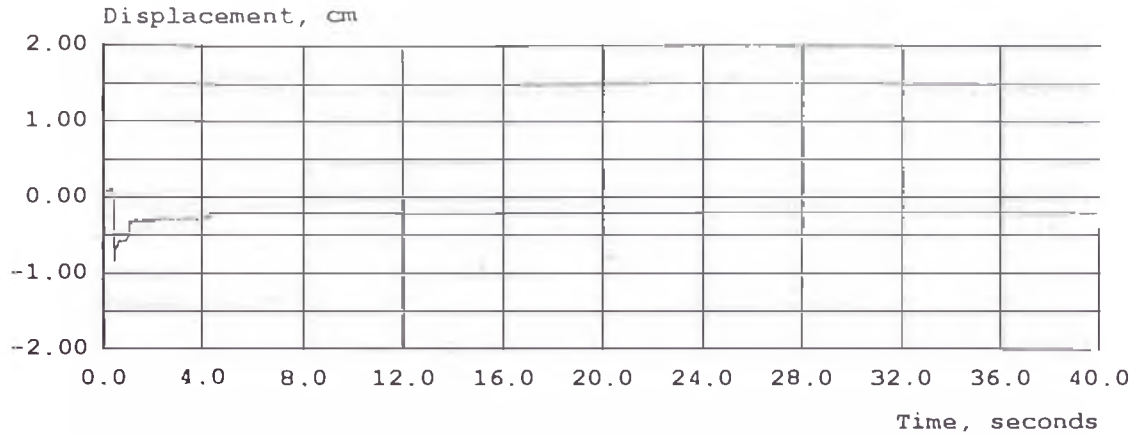
Results from Run 9

This is a nonlinear analysis.

|                               |                  |  |
|-------------------------------|------------------|--|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |  |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |  |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |  |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |  |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |  |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |  |

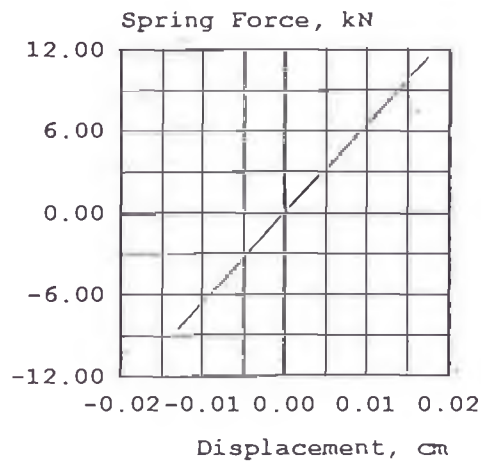
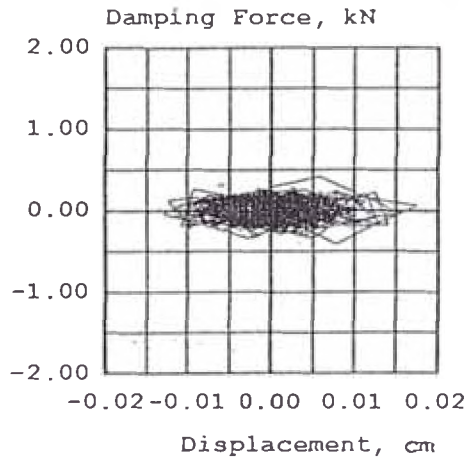
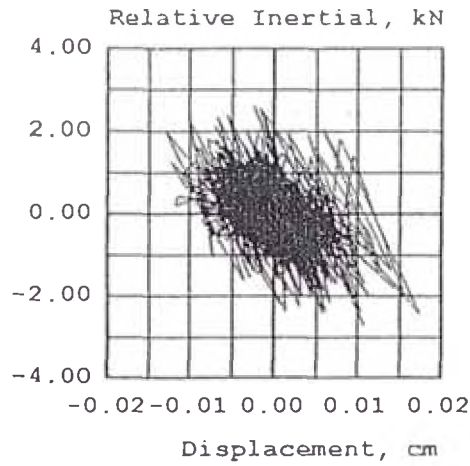


SISMO DE LIMA, PERU



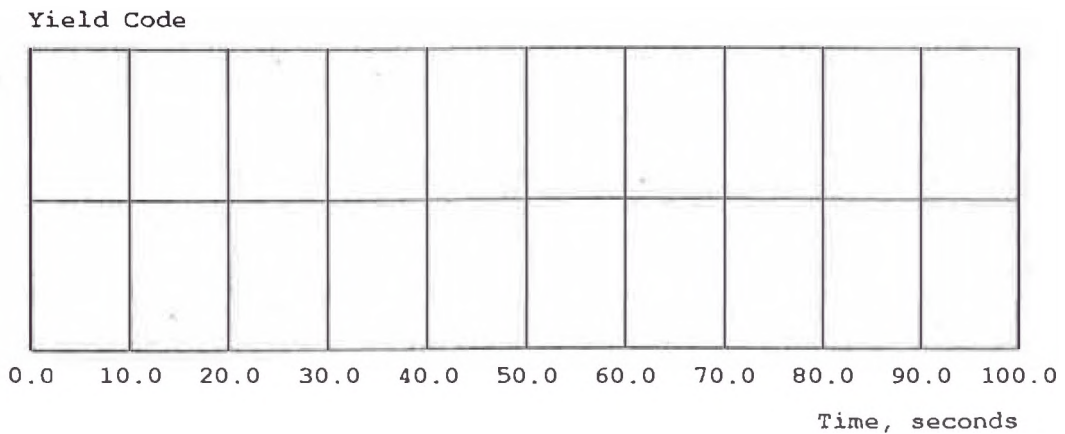
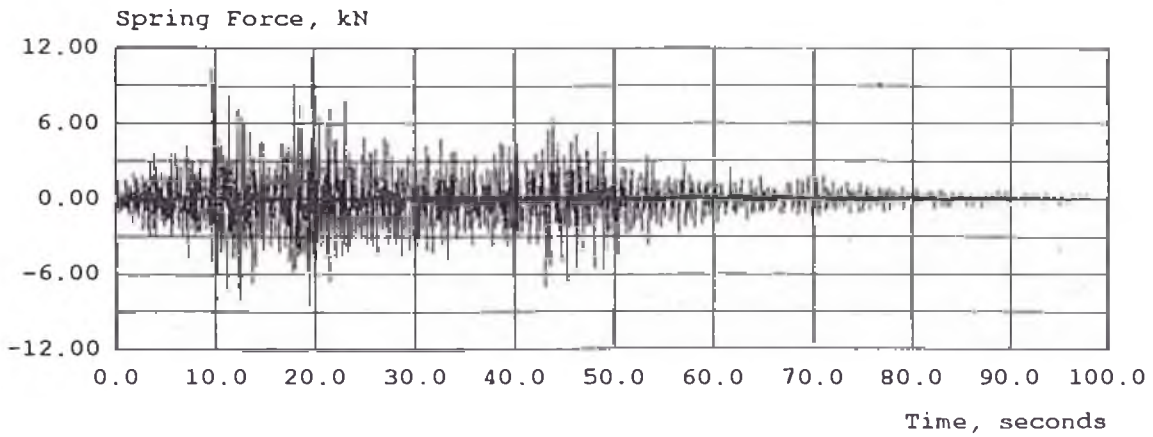
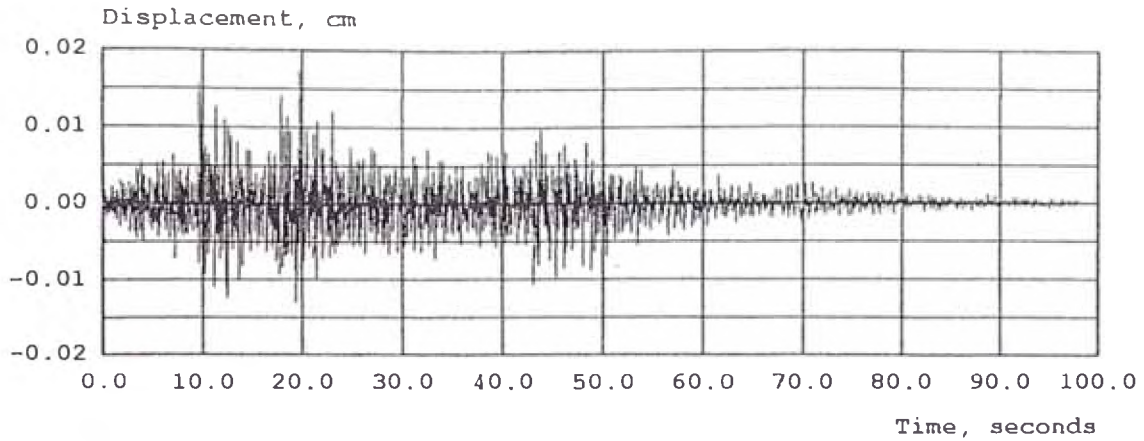
Results from Run 9  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



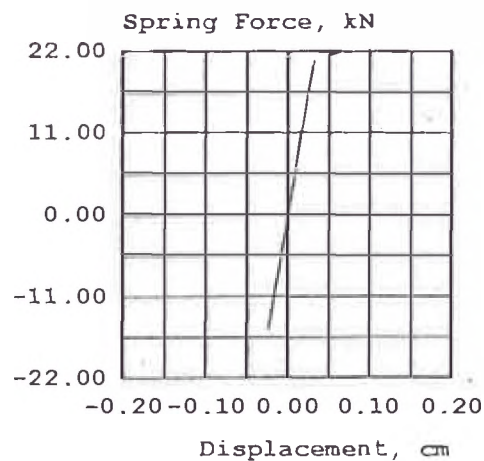
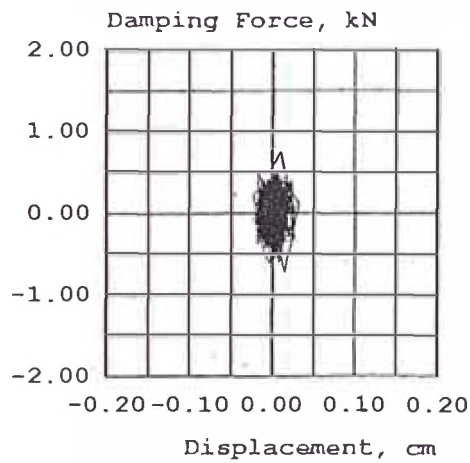
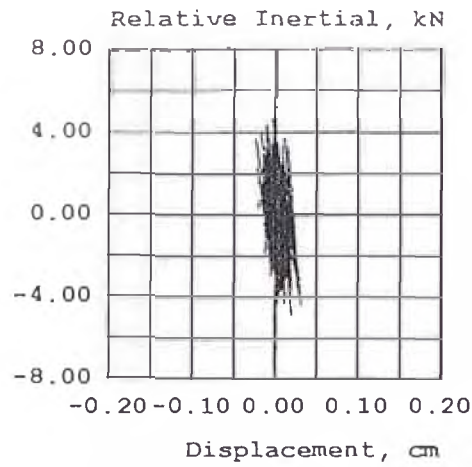
Results from Run 10  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 10  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU

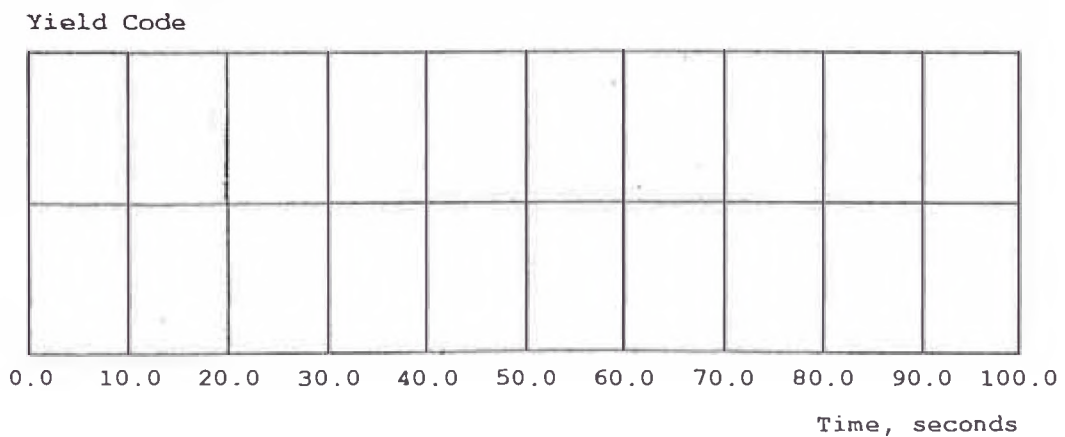
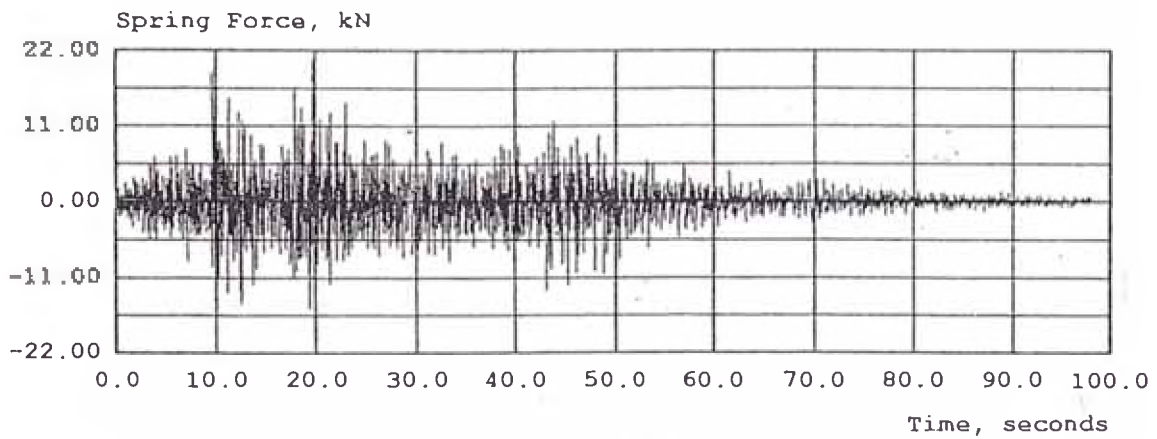
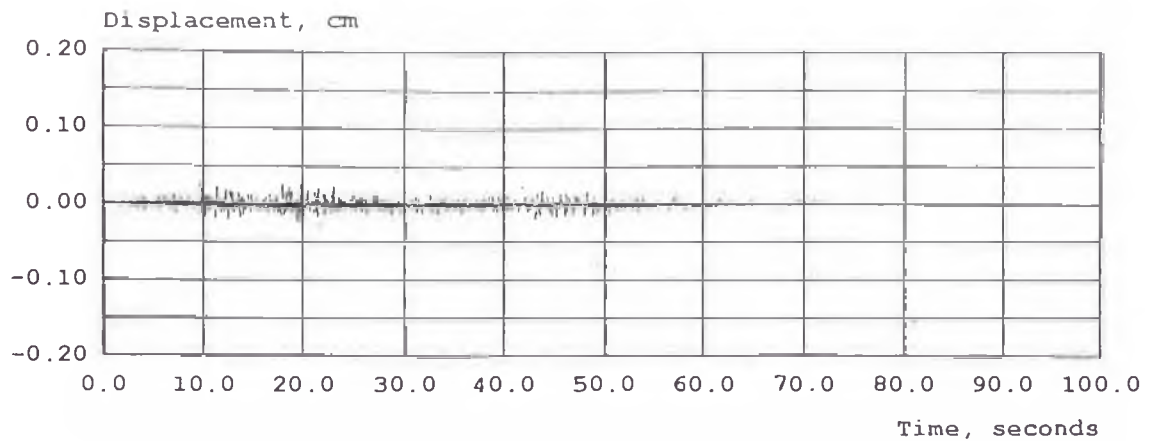


Results from Run 11

This is a nonlinear analysis.

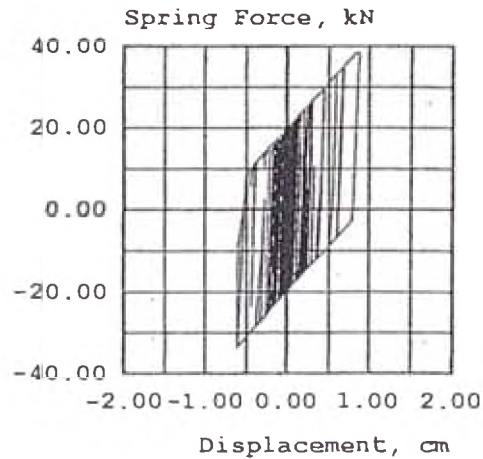
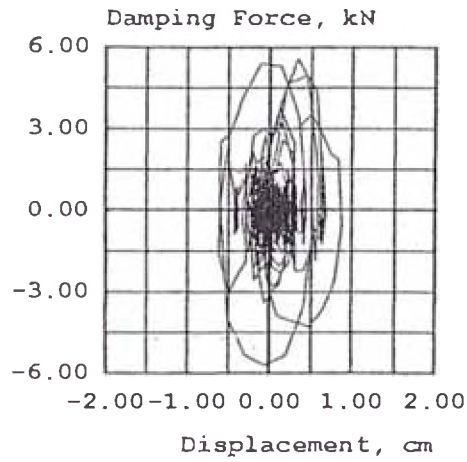
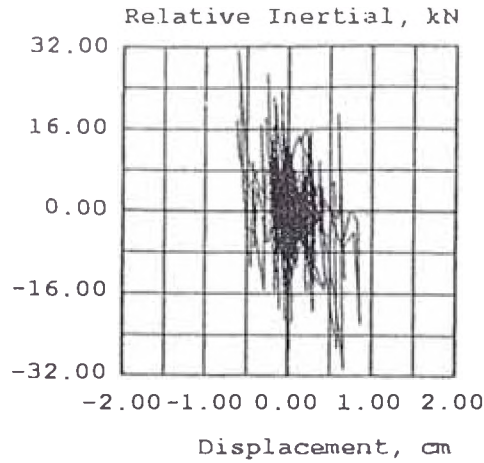
|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Initial Stiffness             | 656.933 kN/cm    |
| Strain Hardening Stiffness    | 22.021 kN/cm     |
| Structure Yield Strength      | 20.722 kN        |
| Structural Weight             | 46.182 kN        |
| Structural Damping            | 4.000 % Critical |
| Structure Period of Vibration | 0.053 seconds    |

SISMO DE LIMA, PERU



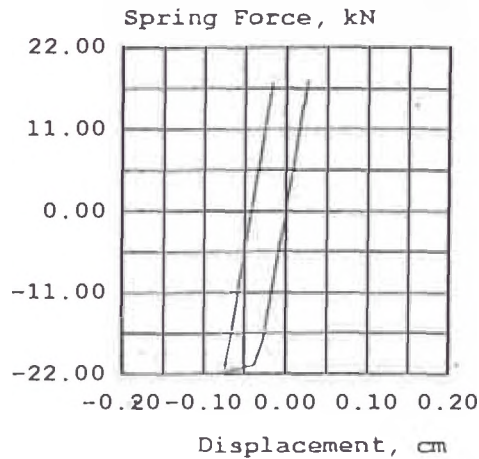
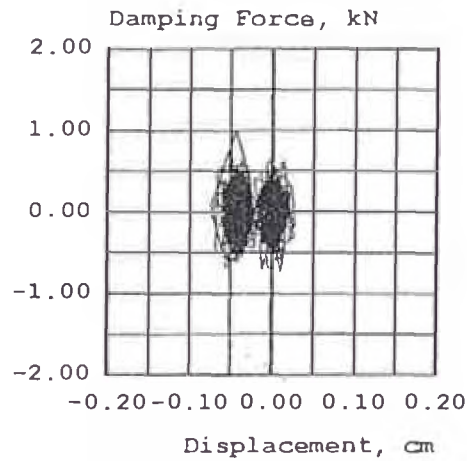
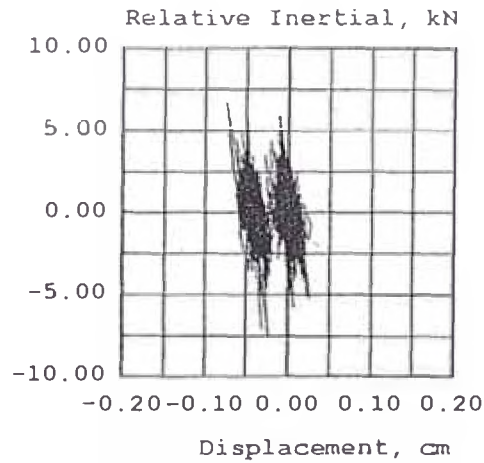
Results from Run 11  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



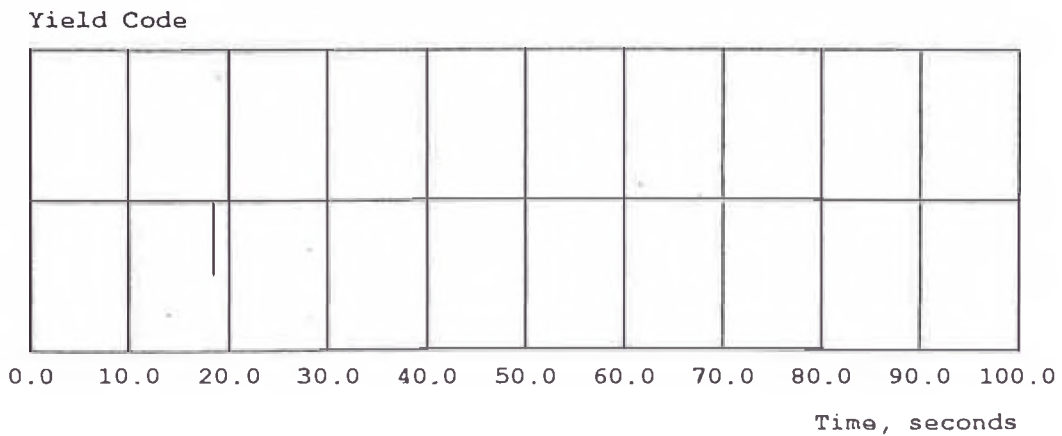
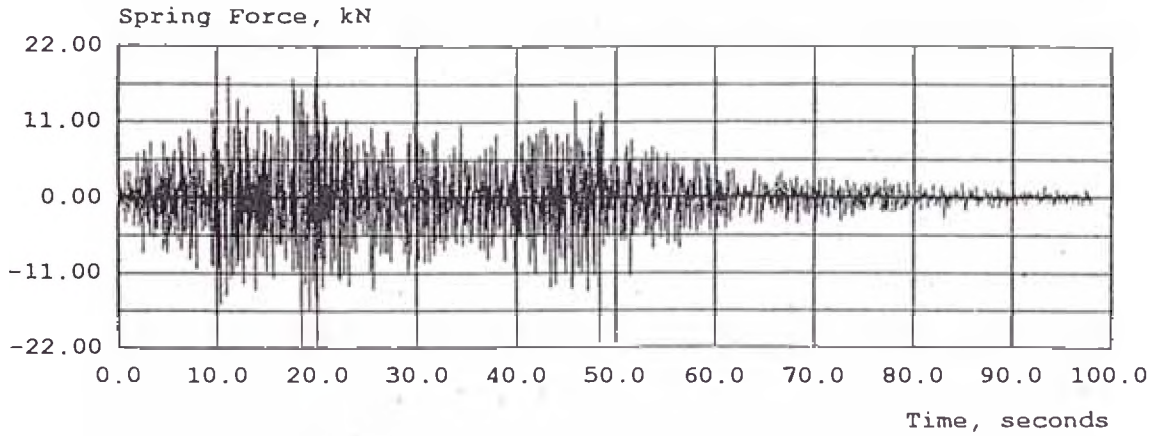
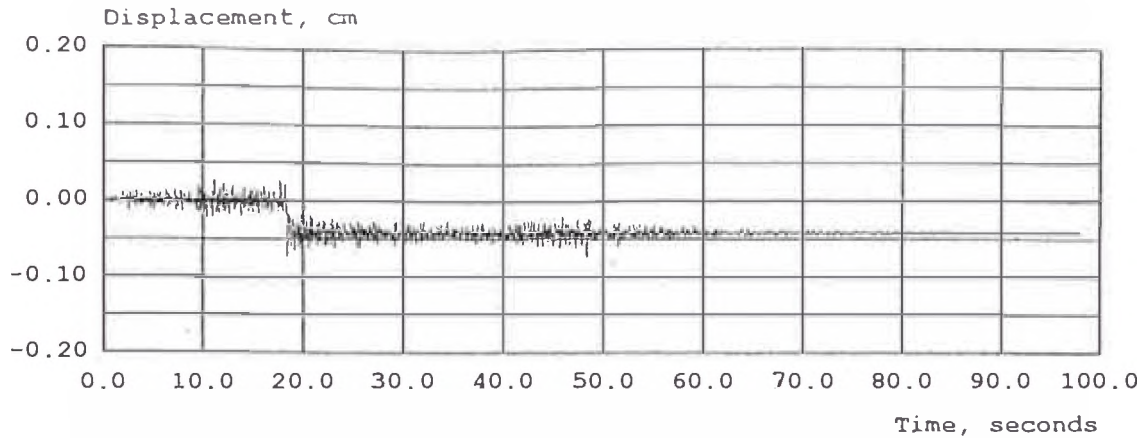
Results from Run 12  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 14  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

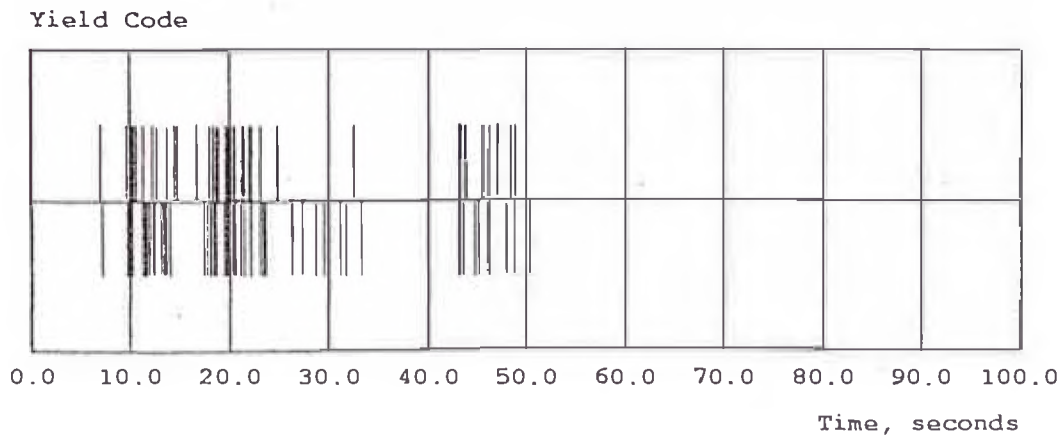
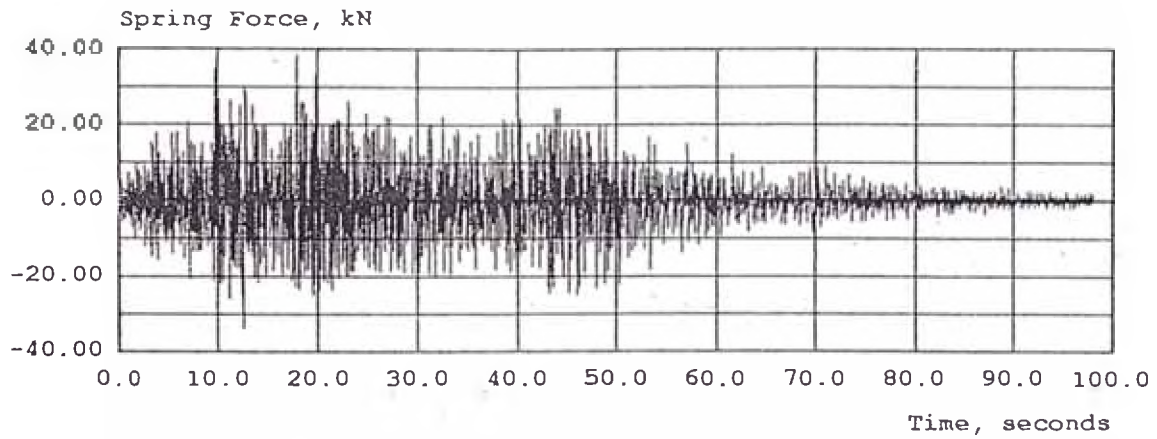
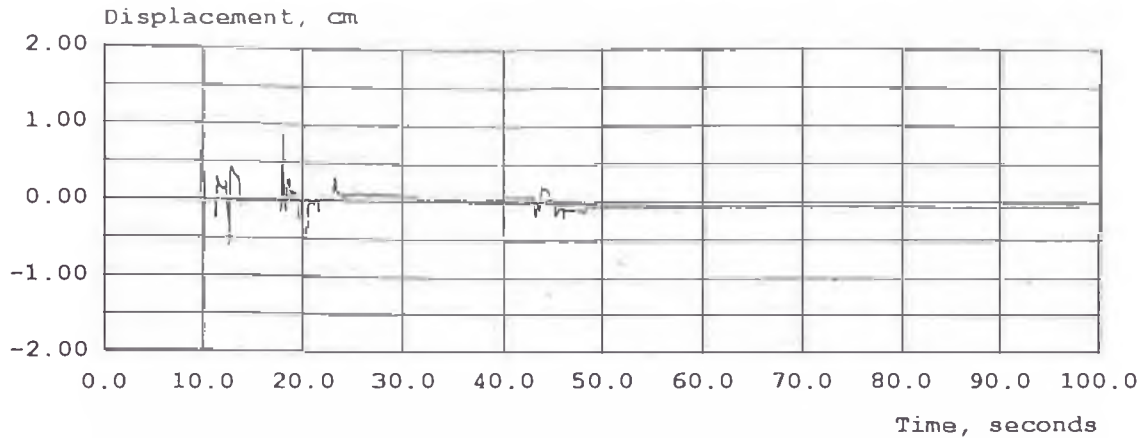
SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 14  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

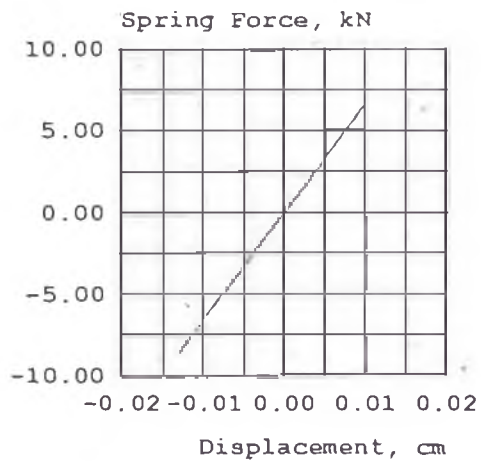
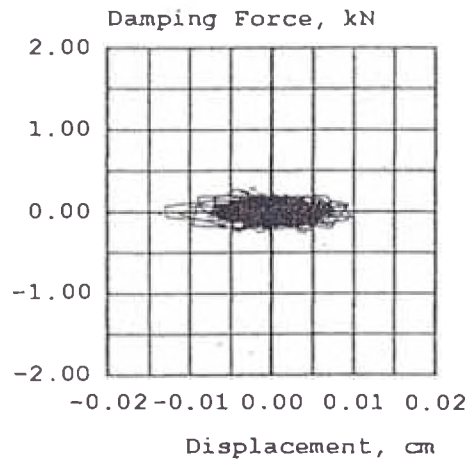
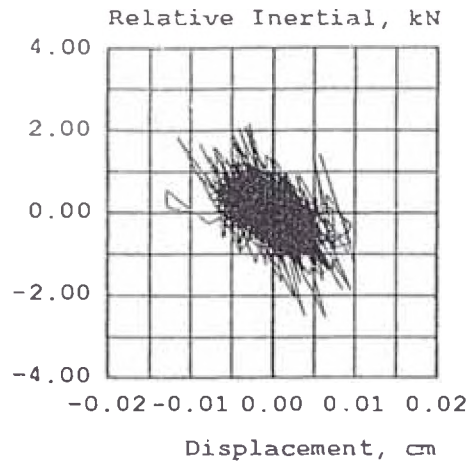


SISMO DE LIMA, PERU



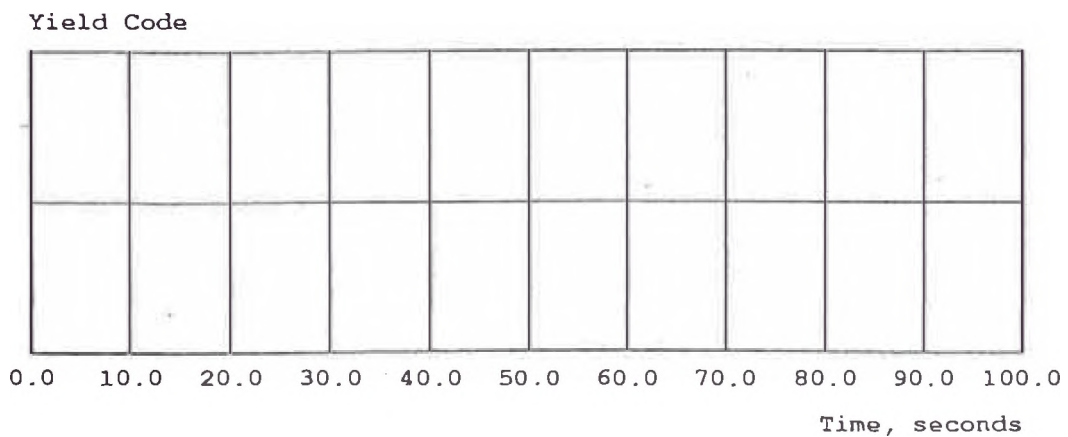
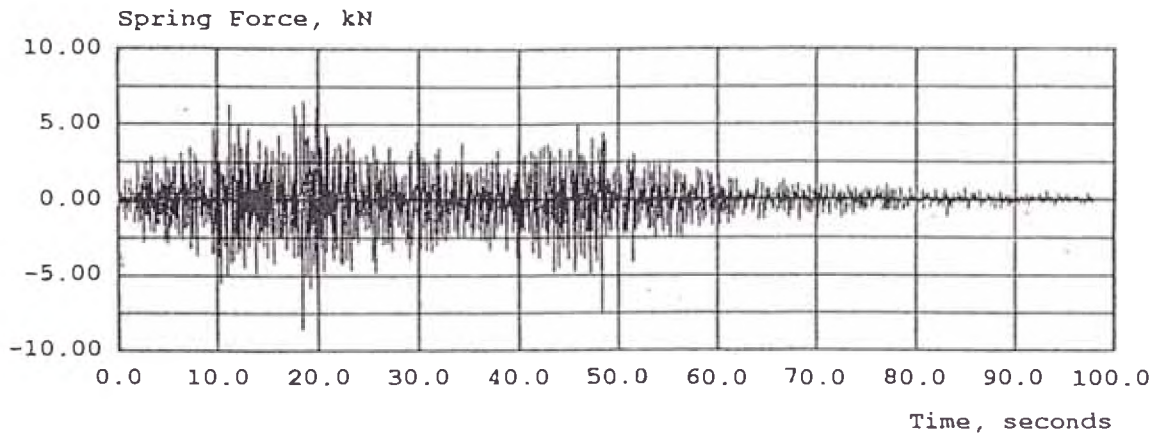
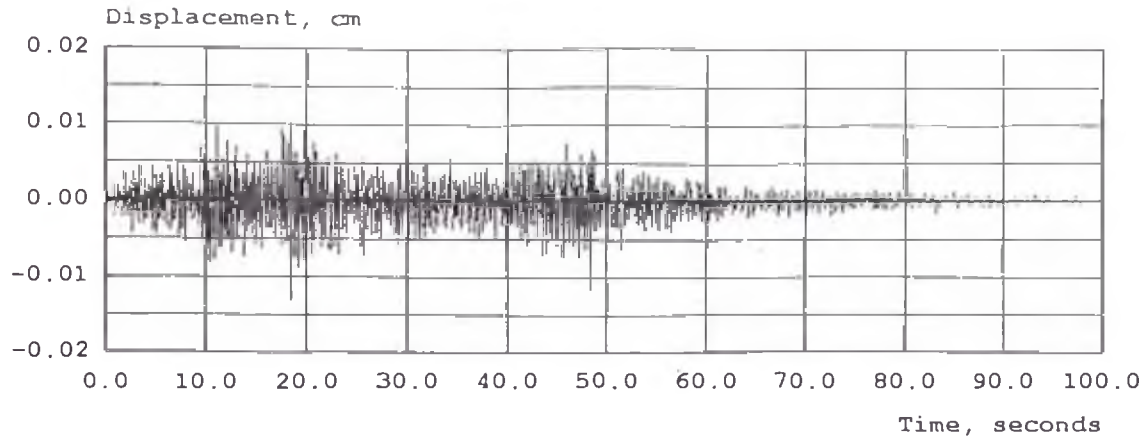
Results from Run 12  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



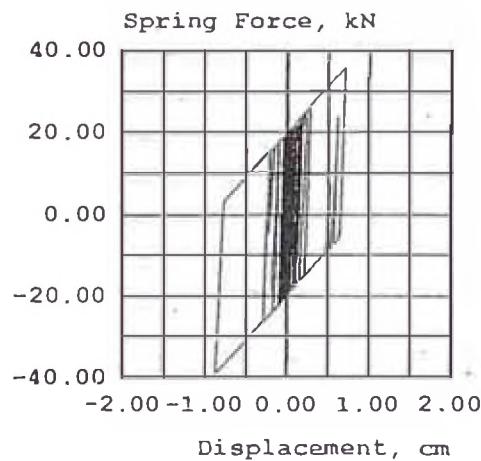
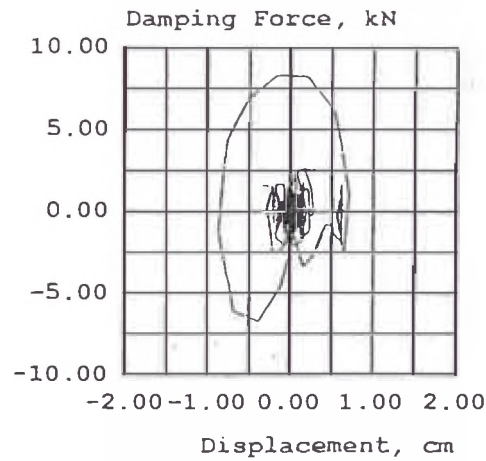
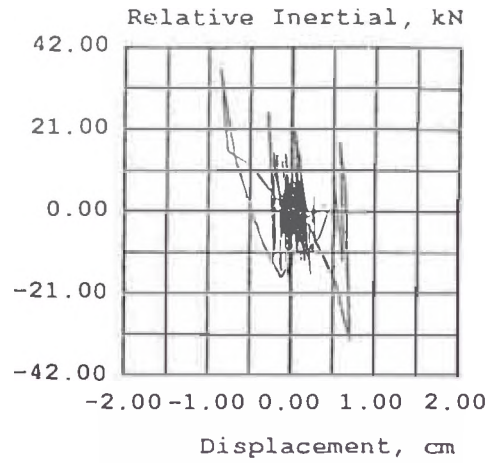
Results from Run 13  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



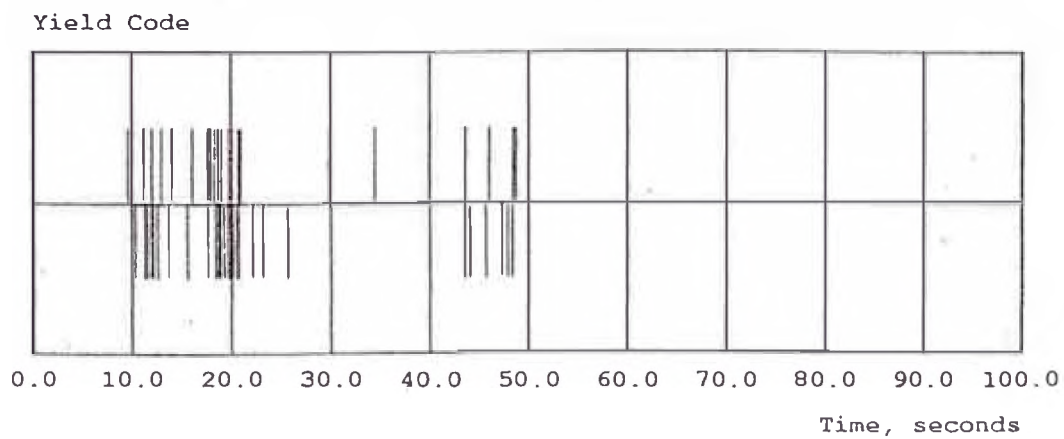
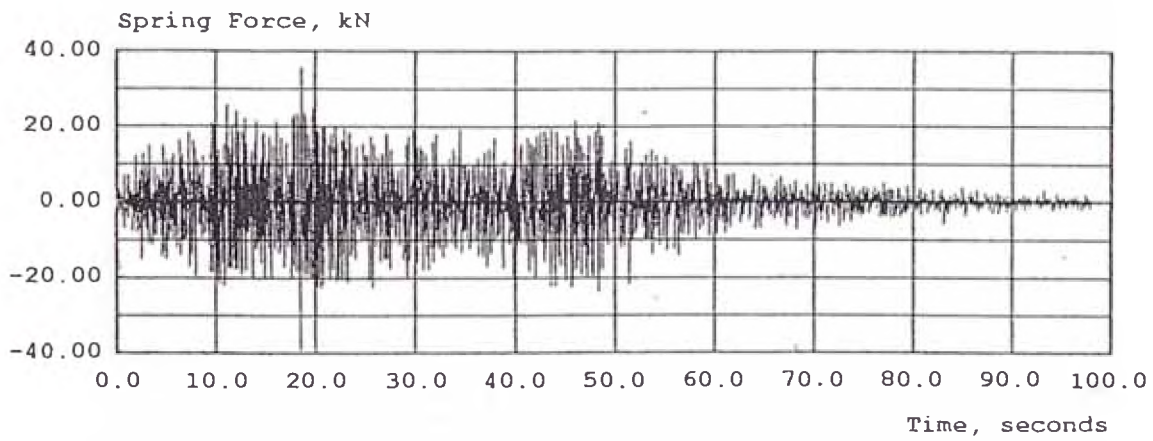
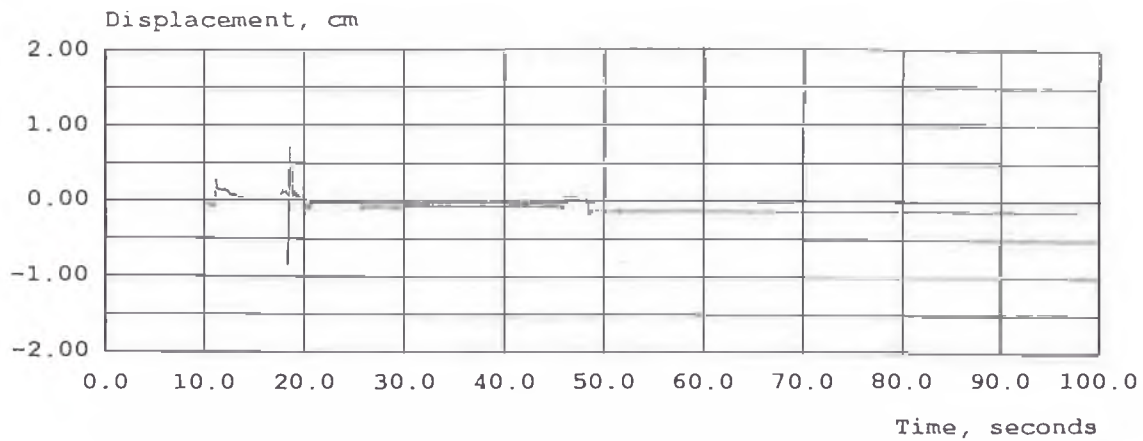
Results from Run 13  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



Results from Run 15  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

SISMO DE LIMA, PERU



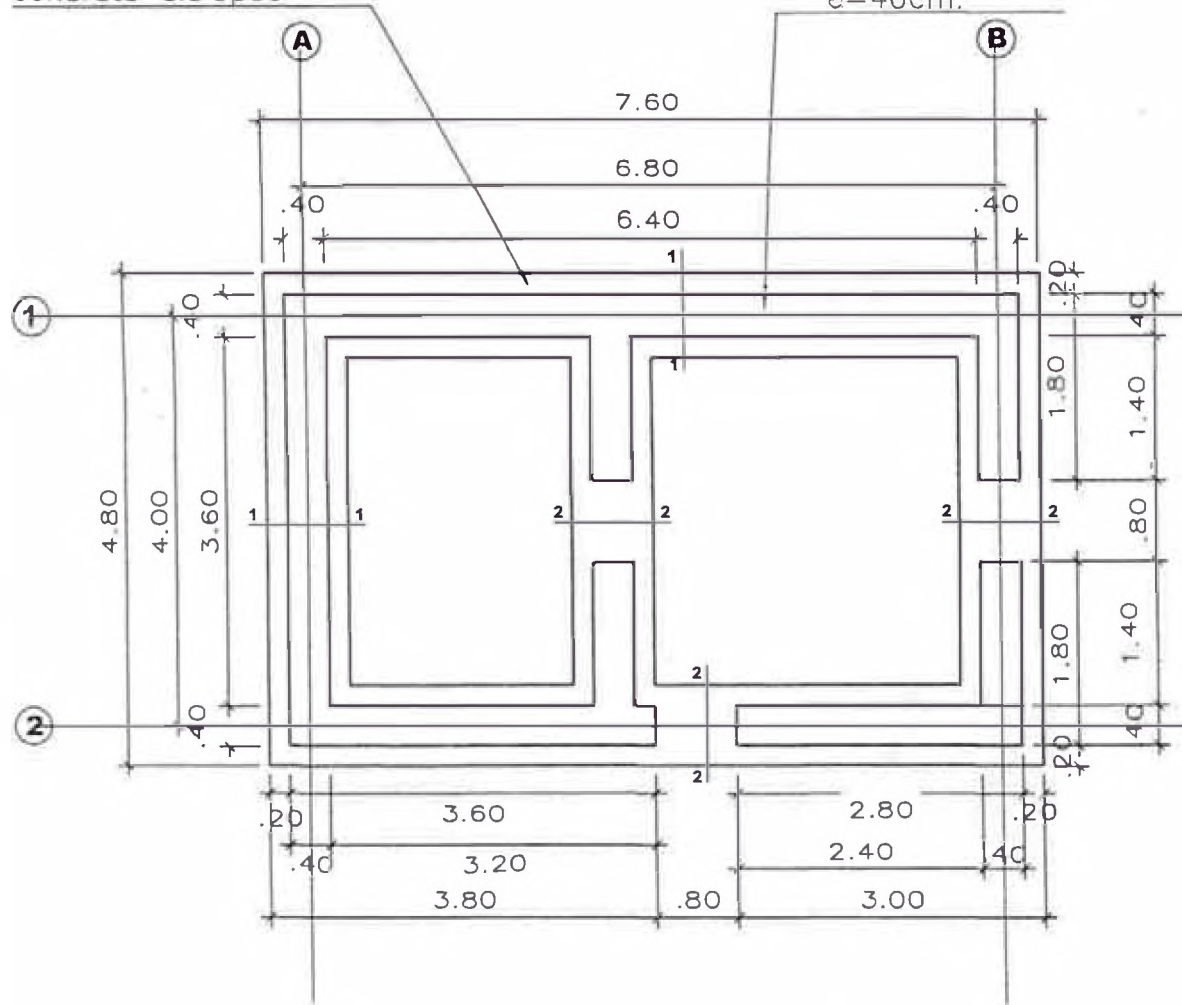
Results from Run 15  
 This is a nonlinear analysis.  
 Initial Stiffness 656.933 kN/cm  
 Strain Hardening Stiffness 22.021 kN/cm  
 Structure Yield Strength 20.722 kN  
 Structural Weight 46.182 kN  
 Structural Damping 4.000 % Critical  
 Structure Period of Vibration 0.053 seconds

## **ANEXO N° 4**

# **Detalles de edificación típica**

Cimiento corrido de  
concreto ciclopeo

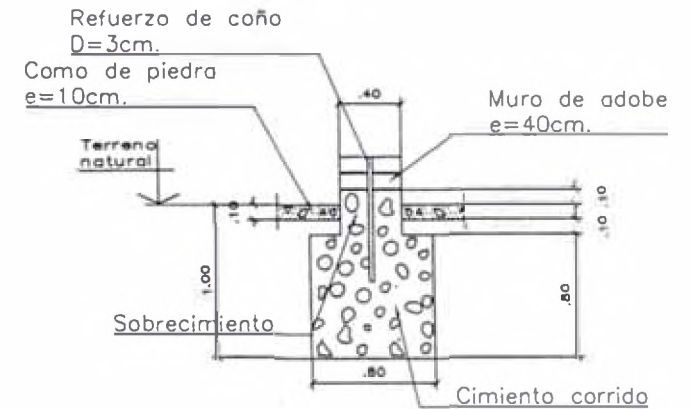
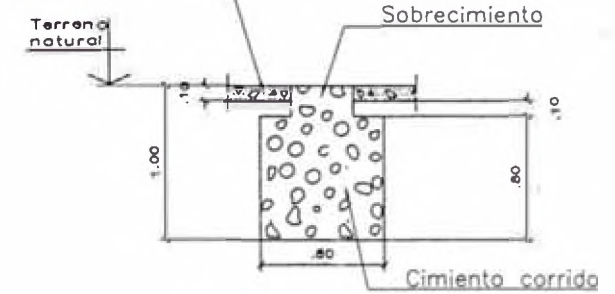
Muro de adobe  
e=40cm.



# CIMENTACIÓN

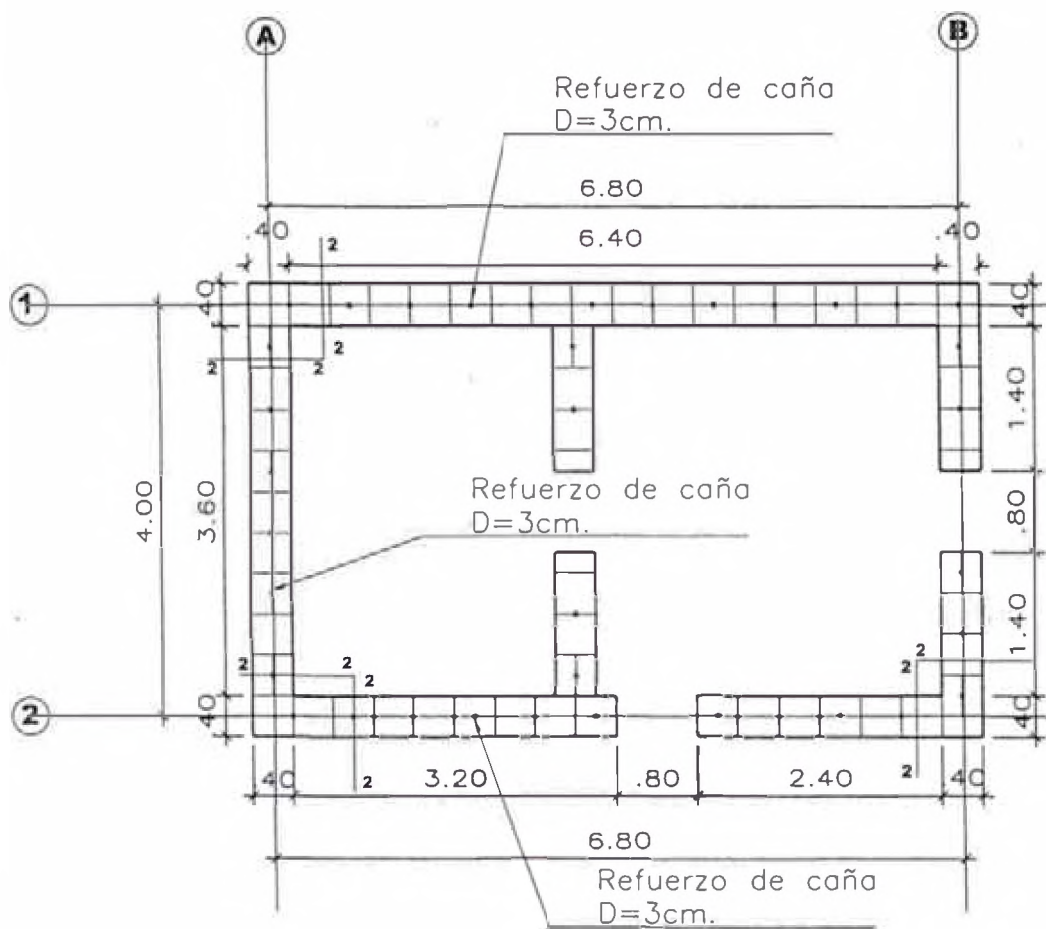
ESC. 1/75

Como de piedra  
e=10cm.



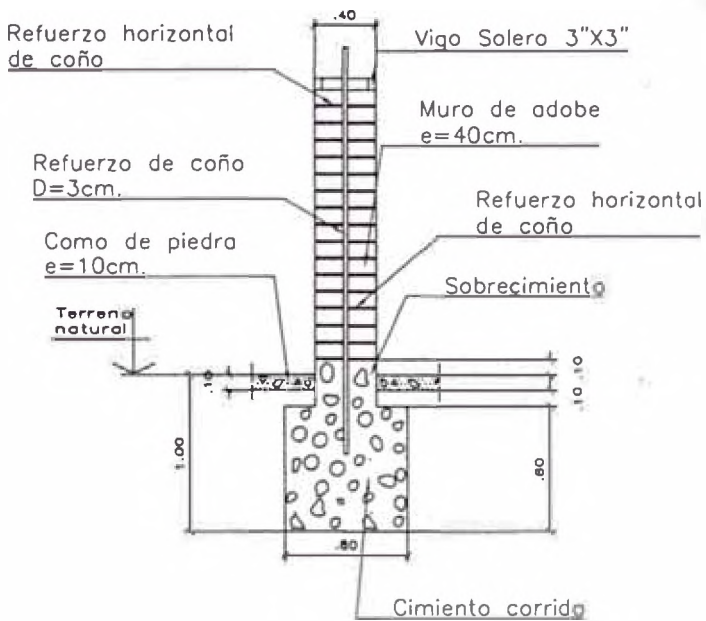
EDIFICACIÓN TÍPICA  
DETALLE DE CIMENTACIÓN

E 1

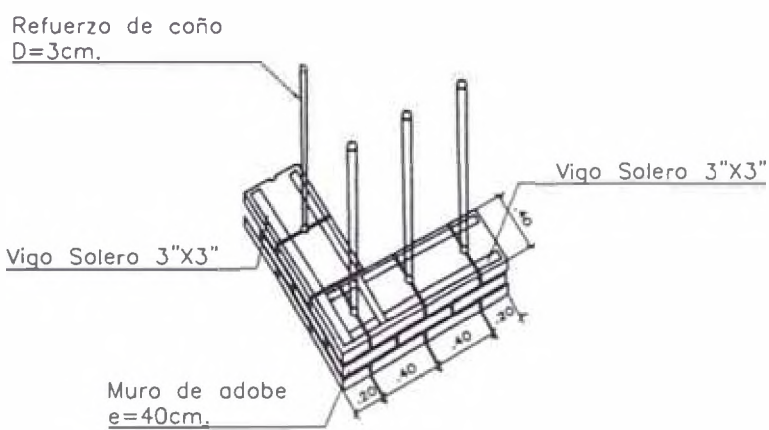


**MURO DE ADOBE**  
 DETALLE DE HILADA  
 ESC. 1/75

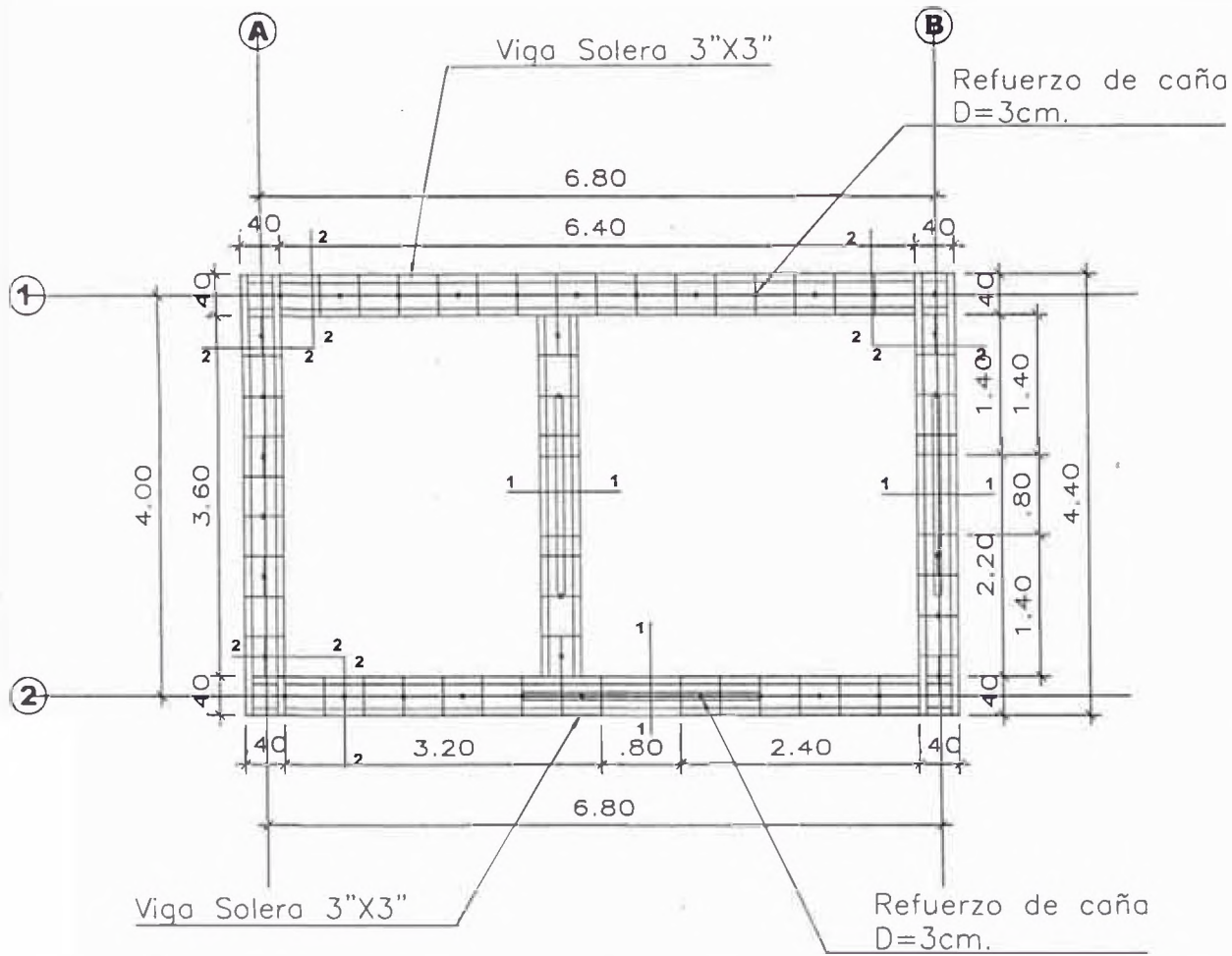




SECCION TIPICA DE MURO  
ESC. 1/100



CORTE 2-2  
ESC. 1/100



**VIGA SOLERA**  
ESC. 1/75

