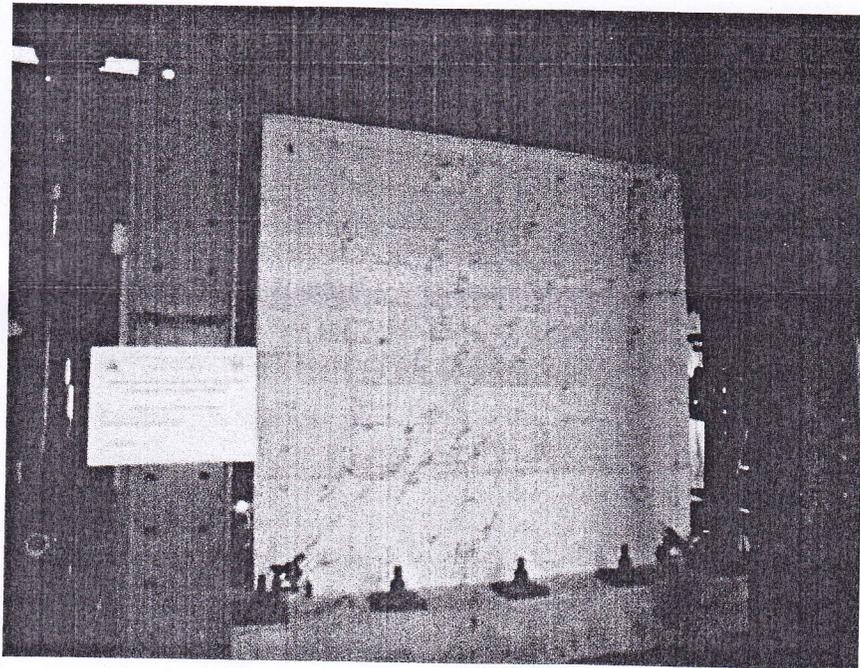




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
CISMID**

**ENSAYOS CÍCLICOS CON CARGA LATERAL EN
EL PLANO Y ENSAYOS MONOTÓNICOS CON
CARGA PERPENDICULAR AL PLANO EN MUROS
DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO COMO MORTERO
EL PRODUCTO MASA DUNDUN**



Informes N° 22-LE-CISMID/2015
INFORME TÉCNICO

Diciembre, 2015
Lima-Perú





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



CONTENIDO

CONTENIDO 1

1. ANTECEDENTES 2

2. PLAN DE TRABAJO 2

3. ENSAYOS..... 2

3.1. Ensayo cíclico..... 2

3.1.1. Características de los especímenes..... 3

3.1.2. Sistema de carga 4

3.1.3. Sistema de medición 5

3.1.4. Resultados..... 6

3.2. Ensayo monotónico perpendicular al plano 9

3.2.1. Características de los especímenes..... 9

3.2.2. Sistema de carga 9

3.2.3. Sistema de medición 10

3.2.4. Resultados..... 11

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 13

ANEXO – I: Puntos máximos obtenidos en el ensayo..... 15

ANEXO – II: Fotos de los Experimentos..... 18

ANEXO – III: Mapeo de grietas de los especímenes sometidos al ensayo de carga cíclica 34





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



ENSAYOS CÍCLICOS CON CARGA LATERAL EN EL PLANO Y ENSAYOS
MONOTÓNICOS CON CARGA PERPENDICULAR AL PLANO EN MUROS
DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO COMO MORTERO EL PRODUCTO MASA
DUNDUN

1. ANTECEDENTES

A solicitud del Ing. Carlos Patiño, representante de la Empresa Comercial Conte S.A.C., en fecha 08 de septiembre de 2015, el Laboratorio de Estructuras del CISMID presenta propuesta técnico económico para el desarrollo ensayos cíclicos con carga lateral en el plano y ensayos monotónicos con carga perpendicular al plano en muros de albañilería utilizando como mortero el producto masa Dun-Dun

El presente informe consiste en el reporte y análisis de los resultados de los ensayos cíclicos con carga lateral en el plano de un tabique y un muro; y asimismo, los ensayos de carga perpendicular al plano de un tabique y un muro.

2. PLAN DE TRABAJO

Los ensayos de carga cíclica y carga monotónica consisten en:

- Dos ensayos cíclicos con carga lateral en el plano en un tabique y un muro utilizando como mortero el producto masa DunDun.
- Dos ensayos monotónicos con carga perpendicular al plano en un tabique y un muro utilizando como mortero el producto masa DunDun.

3. ENSAYOS

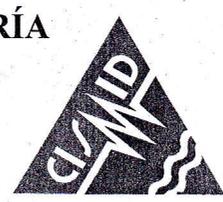
3.1. Ensayo cíclico

El objetivo de este ensayo es la determinación del comportamiento estructural del muro de albañilería utilizando como mortero el producto masa Dun-Dun ante condiciones críticas de fuerzas laterales que simulan las acciones de carga y descarga producidas durante un sismo. También en este ensayo se determina las propiedades resistentes como son la rigidez elástica y la rigidez inelástica. Asimismo los valores de la carga máxima elástica y la carga última de resistencia del espécimen. Este ensayo muestra el patrón de grietas y su evolución durante un incremento progresivo de cargas cíclicas. Asimismo, los desplazamientos y distorsiones laterales serán medidos, para proponer límites de distorsión para el sistema. Se experimentaron un total de dos muros los cuales fueron proporcionados por la empresa Comercial Conte S.A.C.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



3.1.2. Sistema de carga

El sistema de carga consiste en cuatro actuadores estáticos manufacturados por RIKEN; cada actuador tiene una capacidad de aplicación de carga de 50 toneladas con una amplitud del embolo (stroke) de +/- 250 mm. Dos de estos actuadores serán los responsables de la aplicación de la carga cíclica lateral, mientras los otros dos actuadores serán los responsables de mantener una carga axial de 20 toneladas que simule la presencia de cuatro pisos sobre el muro a ensayar. Durante el desarrollo del ensayo, esta carga axial se mantendrá constante.

La carga axial es aplicada con un actuador electrohidráulico, bajo control de carga, usando una carga vertical de 20 toneladas que se distribuye horizontalmente mediante una viga de acero soportada por la viga superior de concreto del espécimen (sólo para espécimen MC-02). Confinado el espécimen por la carga axial, se somete al muro a la acción de cargas laterales aplicadas cíclicamente a través de dos actuadores electrohidráulicos de 250mm de carrera y actuando bajo un rango de carga total de 100 toneladas.

Las amplitudes de cada ciclo de carga y descarga equivalen a distorsiones objetivo, como se detallada en Tabla 2.

Tabla 2. Distorsiones objetivo

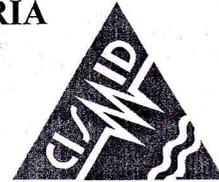
Número de Ciclo	Distorsión
1	1/4200
2	1/2900
3	1/2100
4	1/1500
5	1/1100
6	1/770
7	1/550
8	1/390
9	1/280
10	1/200
11	1/150

Con la finalidad de medir los desplazamientos que originan la carga lateral sobre el espécimen utilizando un sistema de medición con sensores ubicados en las posiciones señaladas en la Figura 2. Los ciclos de aplicación de carga se





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



aplicaron tratando de llegar a los siguientes niveles de distorsión angular del muro, mostrados en la Tabla 2. Cada ciclo fue ejecutado dos veces, para obtener valores estables en la curva fuerza deformación.

3.1.3. Sistema de medición

La fuerza, deformaciones unitarias y desplazamientos deben ser medidas durante la ejecución del ensayo. Para medir las demandas producidas por el movimiento, se utilizan sensores tales como celdas de carga, transductores de deformación (LVDT). Los sensores de deformación son ubicados en diversos puntos del espécimen. Existen sensores que miden deformaciones diagonales, verticales y horizontales, para poder conocer los desplazamientos en varias direcciones. Todos estos sensores se conectan a un sistema de escaneo universal Tokyo Sokki TDS 530 data logger. El diagrama de sensores es mostrado en la Figura 2, donde se muestran los sensores de desplazamiento.

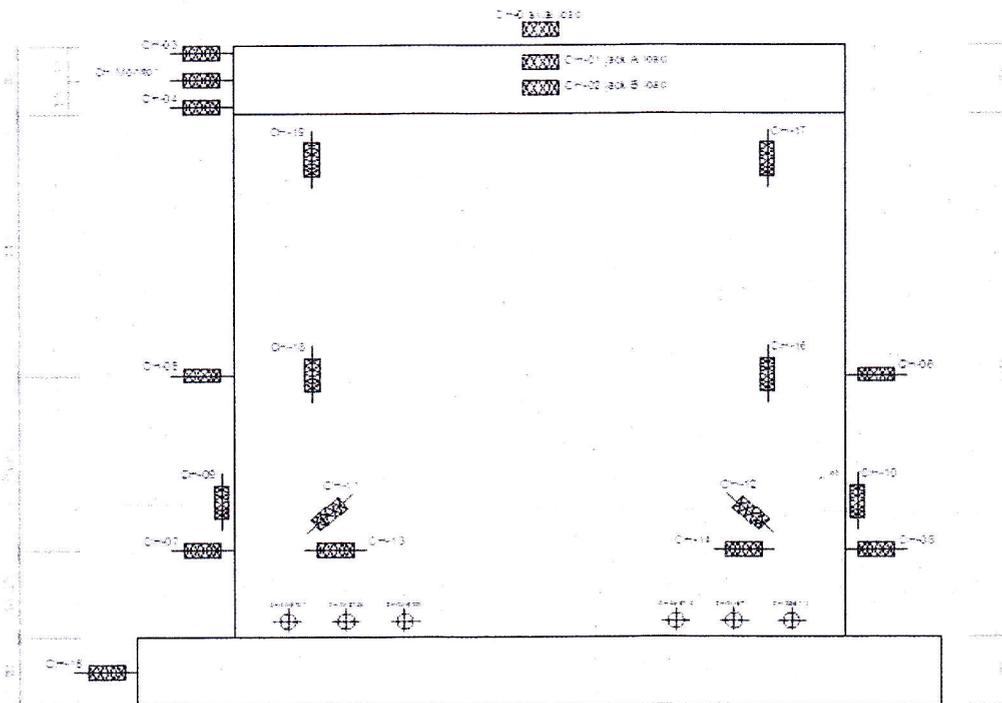
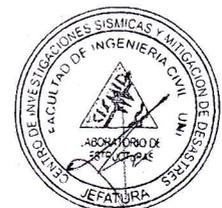


Figura 2. Distribución de sensores (unidades: mm)





3.1.4. Resultados

A continuación se muestra la curva de carga-desplazamiento del ensayo cíclico para cada espécimen. En la Figura 3 se muestran las curvas histeréticas de carga-desplazamiento de los especímenes ensayados.

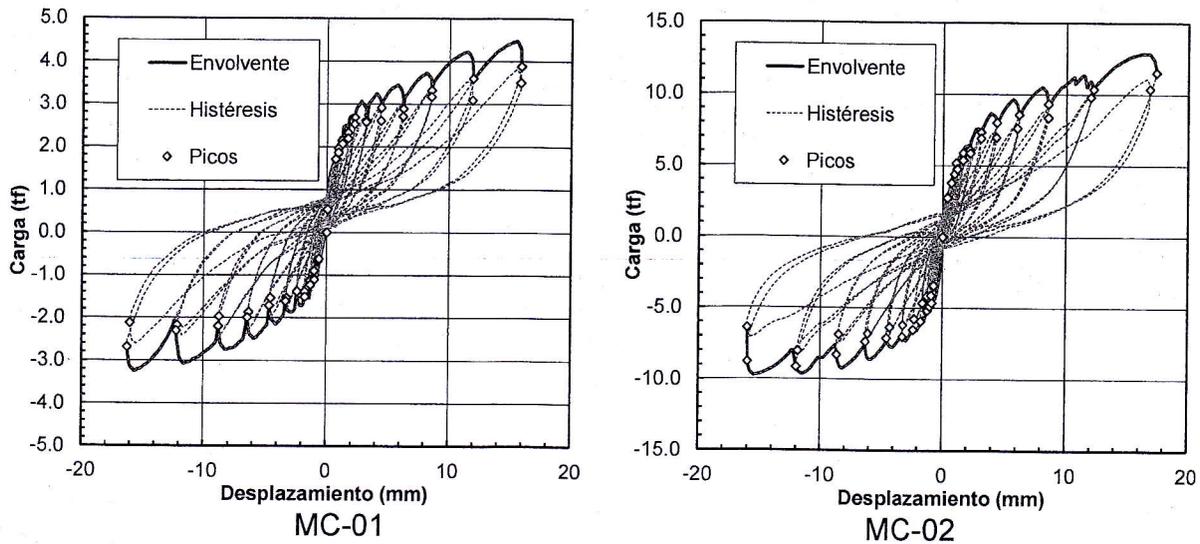


Figura 3. Curva histerética carga-desplazamiento de los especímenes

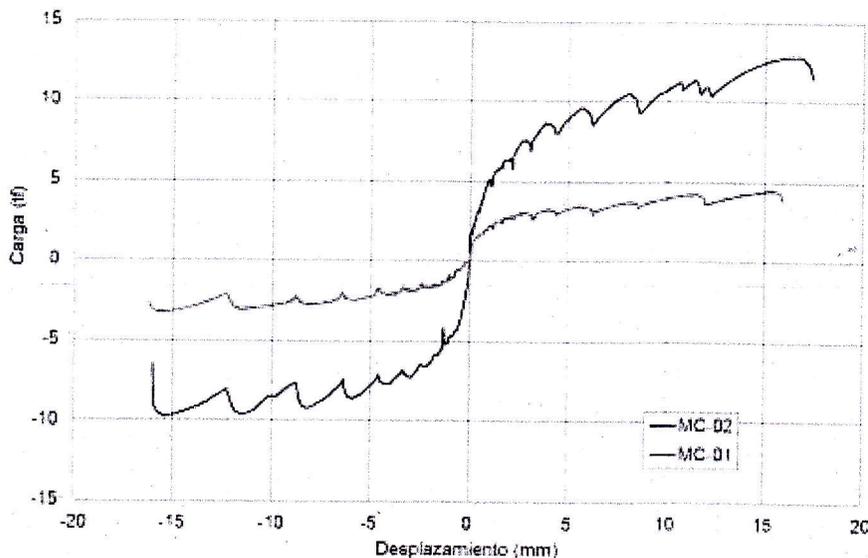


Figura 4. Curva de capacidad de cada espécimen. Relación carga-desplazamiento





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



La Figura 4 muestra las líneas envolventes obtenidas de la relación de carga – desplazamiento. Estas representan la capacidad del espécimen. En la Figura 5 se muestran las líneas envolventes obtenidas de la curva histerética de los especímenes en términos de la relación de esfuerzo – distorsión.

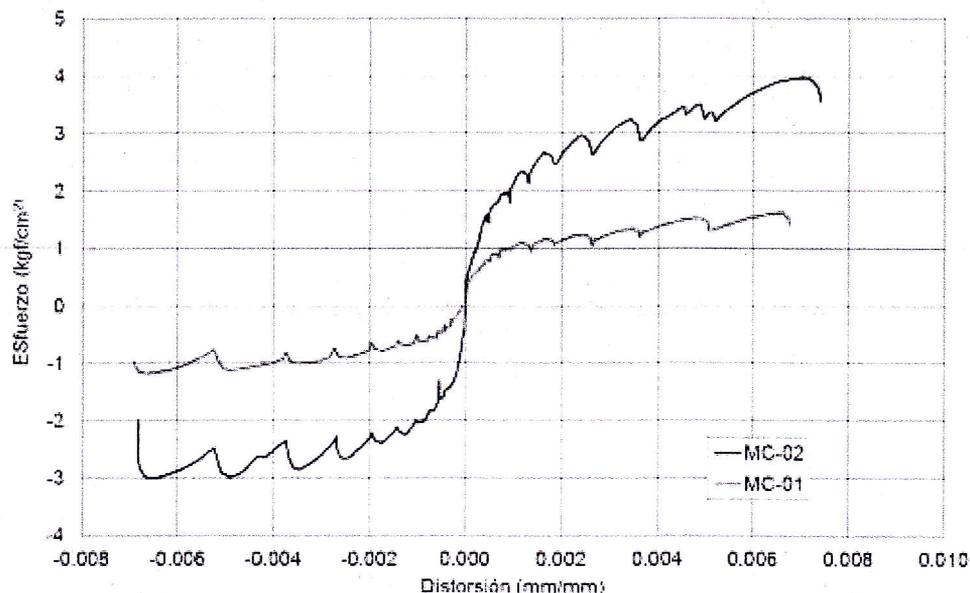


Figura 5. Curva de capacidad de cada espécimen. Relación esfuerzo-distorsión

En los resultados obtenidos se observa que en promedio (considerando las amplitudes positivas y negativas) el agrietamiento inicial del espécimen MC-01 ocurre a una distorsión del 0.05% con una carga de 1.66 tf equivalente a un nivel de esfuerzos de 0.60 kgf/cm² (considerando el área bruta); la fluencia a una distorsión de 0.14% con una carga de 2.11 tf (0.76 kgf/cm²). La carga máxima alcanzada es en promedio 3.86 tf (1.40 kgf/cm²) a una distorsión de 0.66%.

En el caso del espécimen MC-02 se observa que en promedio el agrietamiento inicial ocurre a una distorsión del 0.05% con una carga de 4.96 tf equivalente a un nivel de esfuerzos de 1.53 kgf/cm²; la fluencia a una distorsión de 0.14% con una carga de 6.85 tf (2.11 kgf/cm²). La carga máxima alcanzada es en promedio 11.30 tf (3.49 kgf/cm²) a una distorsión de 0.67%.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



Figura 6 muestra la relación de la rigidez equivalente de cada ciclo tomada desde el pico negativo al pico positivo y la distorsión de cada ciclo. Esta relación proporciona información acerca de la degradación de la rigidez de cada espécimen. Se observa que la degradación de la rigidez del espécimen MC-02 es mayor que la del MC-01, a pesar que la rigidez elástica del espécimen MC-01 es menor.

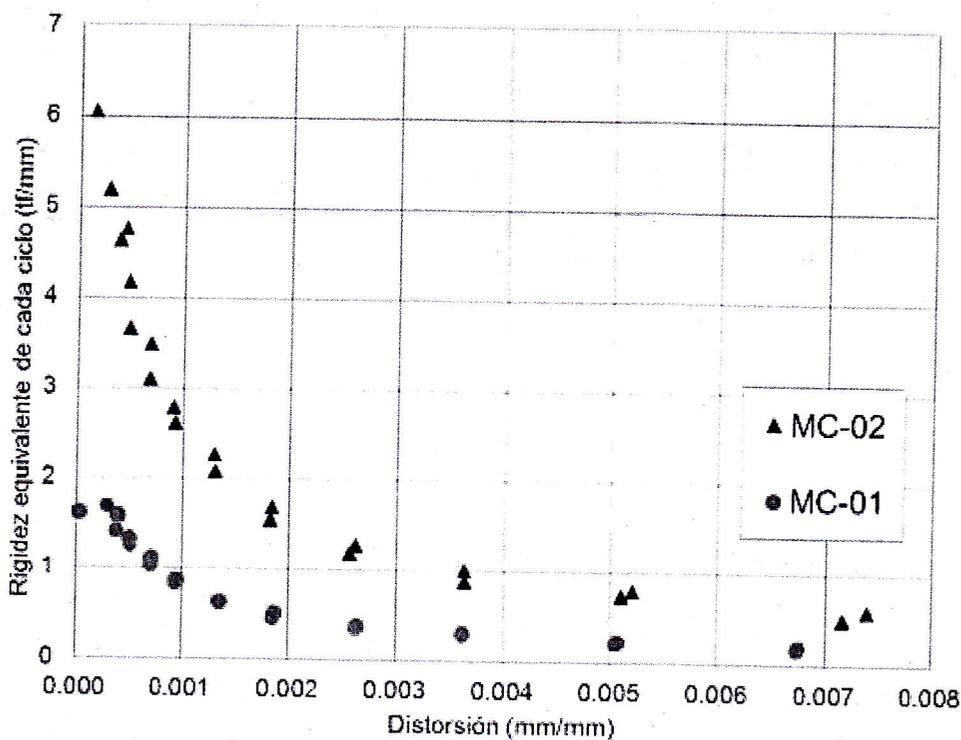


Figura 6. Degradación de la rigidez, en términos de la rigidez equivalente y la distorsión máxima de cada ciclo





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



3.2. Ensayo monotónico perpendicular al plano

El objetivo de este ensayo es la determinación del comportamiento estructural del muro de albañilería utilizando como mortero el producto masa Dun-Dun ante condiciones críticas de fuerzas perpendicular al plano que podrían ocasionar el volteo del muro de albañilería. También en este ensayo se determina las propiedades resistentes como rigidez, carga máxima elástica y la carga última de resistencia del espécimen. Este ensayo muestra el patrón de grietas y su evolución durante un incremento progresivo de carga monotónica. Asimismo, los desplazamientos y distorsiones laterales serán medidos, para proponer límites de distorsión para el sistema. Se experimentaron un total de dos muros los cuales fueron proporcionados por la empresa Comercial Conte S.A.C.

3.2.1. Características de los especímenes

Utilizando el producto denominado masa Dun-Dun como mortero para la unión de las unidades de albañilería se prepararon dos especímenes. Los especímenes son del mismo tipo empleado en los ensayos cíclicos, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de los especímenes sometidos al ensayo de carga monotónica perpendicular al plano

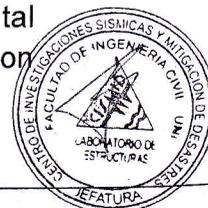
Código	Descripción	Dimensiones (mm)
MCL-01	Tabique con unidades king-kong	2400x2400x115
MCL-02	Muro con unidades sílico-calcáreo	2400x2400x135

3.2.2. Sistema de carga

El sistema de carga consiste en un actuador estático manufacturados por RIKEN; cada actuador tiene una capacidad de aplicación de carga de 50 toneladas con una amplitud del embolo (stroke) de +/- 250 mm. A este actuador se le fija una viga de acero muy rígida, por su cabezal, para transferir la carga horizontal perpendicular al plano uniformemente en todo el ancho del muro. La carga horizontal es aplicada a los 2/3 de la altura libre del muro.

Se somete el muro a la acción de cargas horizontales perpendicular al plano aplicada monofónicamente a través de un actuador electrohidráulico de 250mm de carrera y actuando bajo un rango de carga total de 50 toneladas.

Con la finalidad de medir los desplazamientos que originan la carga horizontal perpendicular al plano sobre el espécimen se utiliza un sistema de medición con sensores ubicados en las posiciones señaladas en la Figura 2.





3.2.3. Sistema de medición

La fuerza y desplazamientos deben ser medidas durante la ejecución del ensayo. Para medir las demandas producidas por el movimiento, se utilizan sensores tales como celdas de carga, transductores de deformación (LVDT). Los sensores de deformación son ubicados en diversos puntos del espécimen. Existen sensores que miden deformaciones diagonales, verticales y horizontales, para poder conocer los desplazamientos en varias direcciones. Todos estos sensores se conectan a un sistema de escaneo universal Tokyo Sokki TDS 530 data logger. El diagrama de sensores es mostrado en la Figura 7, donde se muestran los sensores de desplazamiento. La línea formada por los puntos de contacto de los sensores de desplazamiento CH-02, CH-03 y CH-04 está 210 cm sobre la base de concreto, mientras que la línea formada por los puntos de contacto de los sensores de desplazamiento CH-05 y CH-06 está a 110 cm sobre la base de concreto.

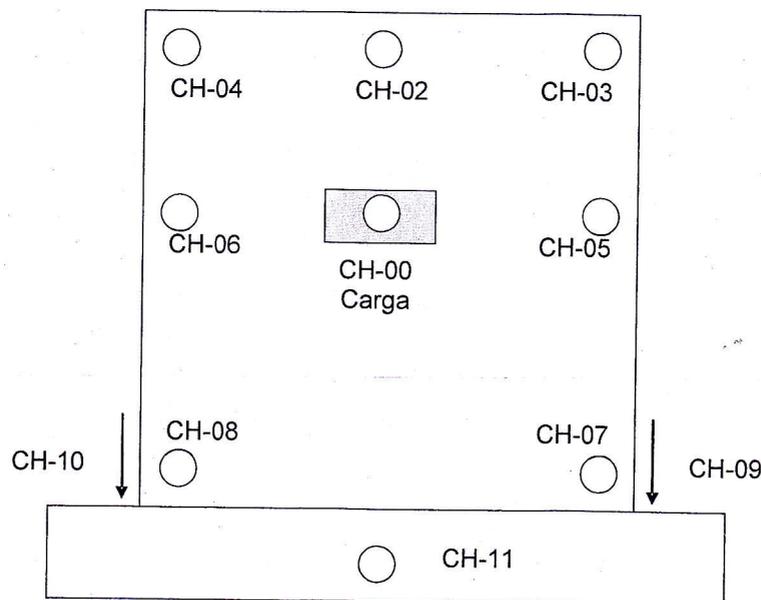


Figura 7. Distribución de sensores para el ensayo perpendicular al plano (unidades: mm)





3.2.4. Resultados

A continuación se muestra la curva de carga-desplazamiento del ensayo de carga monotónica perpendicular al plano del espécimen.

En la Figura 8 y Figura 9 se muestran las curvas de carga-desplazamiento de los especímenes MCL-01 y MCL-02, respectivamente.

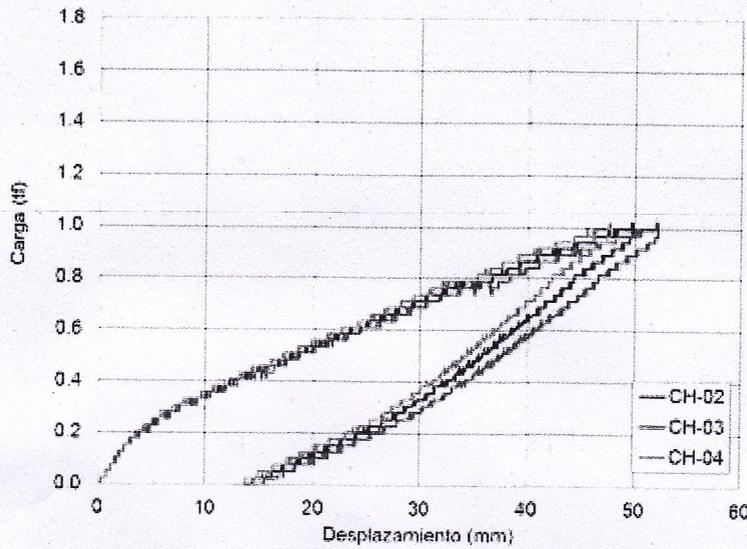


Figura 8. Curva carga – desplazamiento del espécimen MCL-01

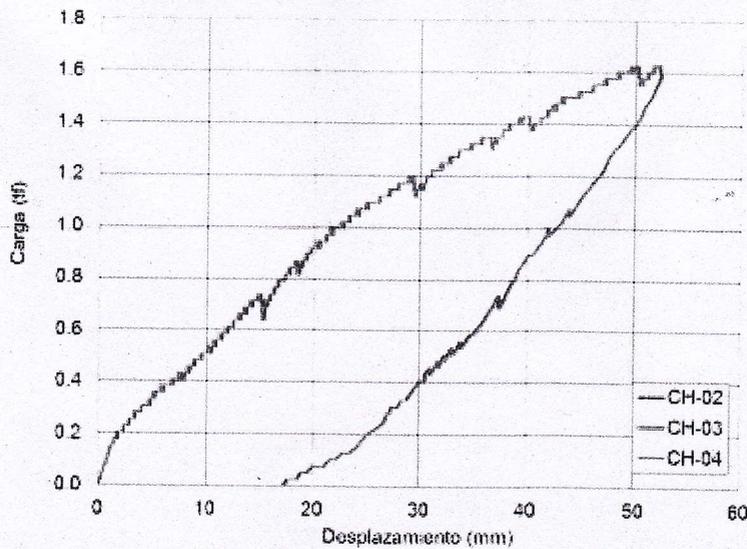


Figura 9. Curva carga – desplazamiento del espécimen MCL-02





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



En la Figura 8 se observa que los desplazamientos registrados por los sensores correspondientes a los canales CH-02, CH-03 y CH-04, ubicados a una misma altura, no son similares. Esto se debe a la irregularidad de la superficie del muro formada por las unidades de albañilería unidas con la masa. En el caso del espécimen MCL-02, el desplazamiento es uniforme a la misma altura, ya que en este caso existe una superficie más uniforme.

La Figura 10 muestra la curva de esfuerzo – distorsión promedio de cada espécimen. El esfuerzo es calculado utilizando el área bruta de la sección transversal del espécimen, mientras la distorsión se calcula utilizando el desplazamiento promedio de la parte superior del espécimen.

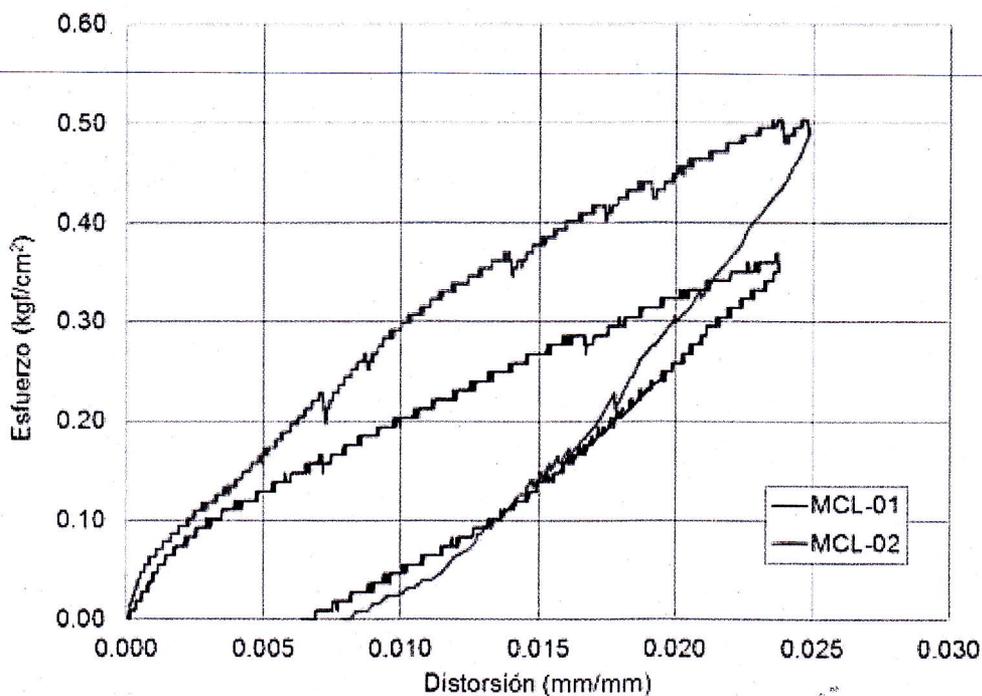


Figura 10. Curva esfuerzo – distorsión del espécimen MCL-01 y MCL-02

Se aplicó la carga hasta una distorsión de 1/40, en la historia de cargas se observó el agrietamiento de las columnas de confinamiento y el disloque de algunas unidades de albañilería. Este efecto se observó con más claridad en el espécimen MCL-01 que en el espécimen MCL-02.

Para una distorsión 0.5%, límite establecido en la NTE E030 para edificaciones basadas en muros de albañilería, se observó un nivel de carga de 0.357 tf y 0.535 tf para los especímenes MCL-01 y MCL-02, respectivamente. Este nivel de carga representa un esfuerzo de 0.13 kgf/cm² y 0.17 kgf/cm² para los especímenes MCL-01 y MCL-02, respectivamente





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis de los resultados experimentales se puede concluir lo siguiente:

- Se han realizado dos ensayos cíclicos con carga lateral en el plano en un tabique y un muro utilizando como mortero el producto masa DunDun. El primer espécimen consiste en un tabique confinado formado por unidades king-kong de fabricación industrial, al cual no se le aplicó carga axial durante la acción de las cargas horizontales cíclicas incrementales. El segundo espécimen consiste en un muro confinado formado por unidades de silico-calceas de fabricación industrial, al cual se le aplicó carga axial constante (20 tf) durante la acción de las cargas horizontales cíclicas incrementales.
- En promedio, el agrietamiento inicial del espécimen MC-01 ocurre a una distorsión del 0.05% con una carga de 1.66 tf equivalente a un nivel de esfuerzos de 0.60 kgf/cm² (considerando el área bruta); la fluencia a una distorsión de 0.14% con una carga de 2.11 tf (0.76 kgf/cm²). La carga máxima alcanzada es en promedio 3.86 tf (1.40 kgf/cm²) a una distorsión de 0.66%.
- En promedio, el agrietamiento inicial del espécimen MC-02 ocurre una distorsión del 0.05% con una carga de 4.96 tf equivalente a un nivel de esfuerzos de 1.53 kgf/cm²; la fluencia a una distorsión de 0.14% con una carga de 6.85tf (2.11 kgf/cm²). La carga máxima alcanzada es en promedio 11.30 tf (3.49 kgf/cm²) a una distorsión de 0.67%.
- La degradación de la rigidez del espécimen MC-02 es mayor que la del MC-01, a pesar que la rigidez elástica del espécimen MC-01 es menor lo que es atribuible a la existencia de carga axial durante el ensayo.
- El patrón de grietas observado en ambos especímenes indican que no existe un flujo de esfuerzos uniforme en el espécimen debido a las cargas aplicadas, lo que ocasiona que las unidades de albañilería no trabajen conjuntamente, y las grietas se produzcan dentro de las unidades en forma individual. Esto se atribuye al uso de la masa Dun-dun que permite el disloque de las unidades de albañilería frente a los desplazamientos.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



- Se han realizado dos ensayos de carga monotónica al plano en un tabique y un muro utilizando como mortero el producto masa DunDun. Se aplicó la carga hasta una distorsión máxima de 1/40, observándose la ocurrencia de agrietamiento en las columnas de confinamiento.
- Para una distorsión 0.5%, se observó un nivel de carga de 0.357 tf (0.13 kgf/cm²) y 0.535 tf (0.17 kgf/cm²) para los especímenes MCL-01 y MCL-02, respectivamente.

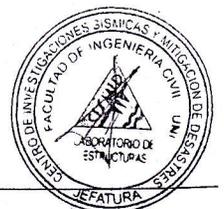
Lima, 09 de Diciembre del 2015




Dr. Ing. Carlos Zavala Toledo
Jefe del laboratorio de estructuras

PERSONAL ASIGNADO

- | | |
|-----------------------------|--|
| - Dr. Ing. Carlos Zavala T. | Dirección de ensayos y revisión de informe |
| - Dr. Ing. Miguel Díaz F. | Ejecución e informe |
| - Ing. Luis Lavado D. | Instrumentación y adquisición |
| - MSc. Erika Flores. | Asistencia en los ensayos |
| - Téc. Larry Cárdenas M. | Instrumentación y mecano de carga |





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



ANEXO – I: Puntos máximos obtenidos en el ensayo





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



Tabla 4. Puntos máximos alcanzados en cada ciclo durante el ensayo del espécimen MC-01. Desplazamiento pico y caga correspondiente

Ciclo	Desp.- (mm)	Carga- (tf)	Desp.+ (mm)	Carga+ (tf)
1	-0.650	-0.615	0.060	0.535
2	-0.730	-0.666	0.670	1.711
3	-1.010	-1.101	0.910	1.967
4	-1.060	-0.897	0.880	1.865
5	-1.350	-1.229	1.180	2.146
6	-1.350	-1.127	1.190	2.069
7	-1.760	-1.510	1.660	2.325
8	-1.780	-1.383	1.650	2.197
9	-2.410	-1.383	2.230	2.683
10	-2.430	-1.383	2.210	2.530
11	-3.340	-1.613	3.180	2.606
12	-3.270	-1.536	3.150	2.581
13	-4.630	-1.715	4.370	2.913
14	-4.540	-1.536	4.350	2.606
15	-6.440	-1.996	6.180	2.887
16	-6.320	-1.868	6.150	2.708
17	-8.810	-2.201	8.500	3.322
18	-8.760	-1.971	8.490	3.169
19	-12.220	-2.303	11.910	3.603
20	-12.130	-2.175	11.860	3.092
21	-16.240	-2.686	15.850	3.884
22	-16.040	-2.124	15.800	3.501





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



Tabla 5. Puntos máximos alcanzados en cada ciclo durante el ensayo del espécimen MC-02. Desplazamiento pico y carga correspondiente

Ciclo	Desp.- (mm)	Carga- (tf)	Desp.+ (mm)	Carga+ (tf)
1	-0.870	-4.655	0.350	2.734
2	-0.730	-3.428	0.660	3.782
3	-1.050	-4.886	1.060	5.163
4	-0.930	-4.119	0.910	4.396
5	-1.250	-5.193	1.140	4.779
6	-1.270	-4.170	1.160	4.728
7	-1.760	-5.934	1.630	5.878
8	-1.630	-4.656	1.610	5.367
9	-2.360	-6.522	2.150	6.083
10	-2.280	-5.781	2.180	5.853
11	-3.260	-7.008	3.050	7.336
12	-3.220	-6.190	3.070	6.901
13	-4.590	-7.110	4.330	8.001
14	-4.330	-6.369	4.290	6.952
15	-6.320	-7.366	6.160	8.563
16	-6.120	-6.803	6.020	7.617
17	-8.690	-8.286	8.530	9.330
18	-8.520	-6.880	8.530	8.359
19	-12.000	-9.155	12.230	10.353
20	-11.880	-8.031	11.990	9.790
21	-16.000	-8.797	17.380	11.529
22	-16.030	-6.420	16.830	10.378





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**



ANEXO – II: Fotos de los Experimentos





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

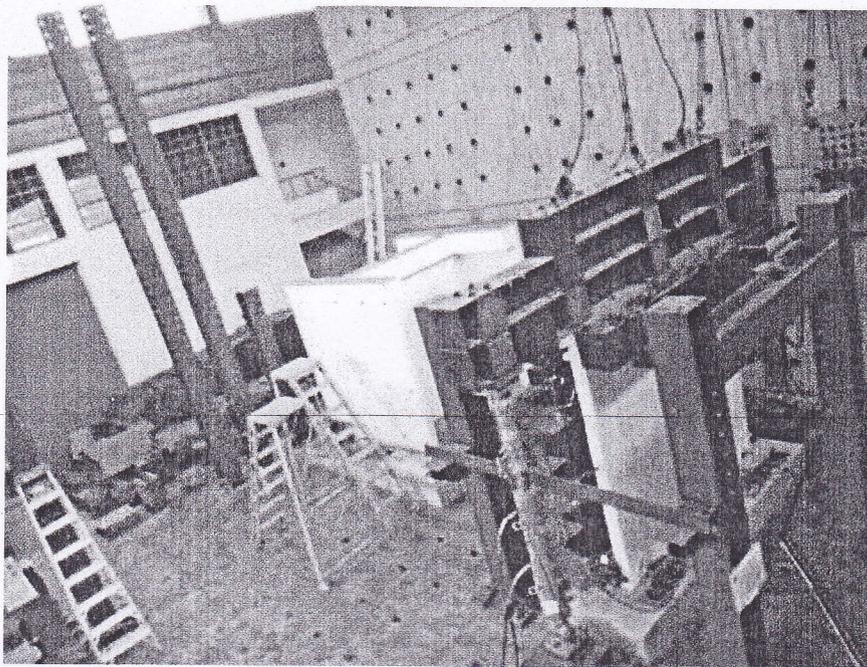


Figura 11. Ensayo del espécimen MC-01

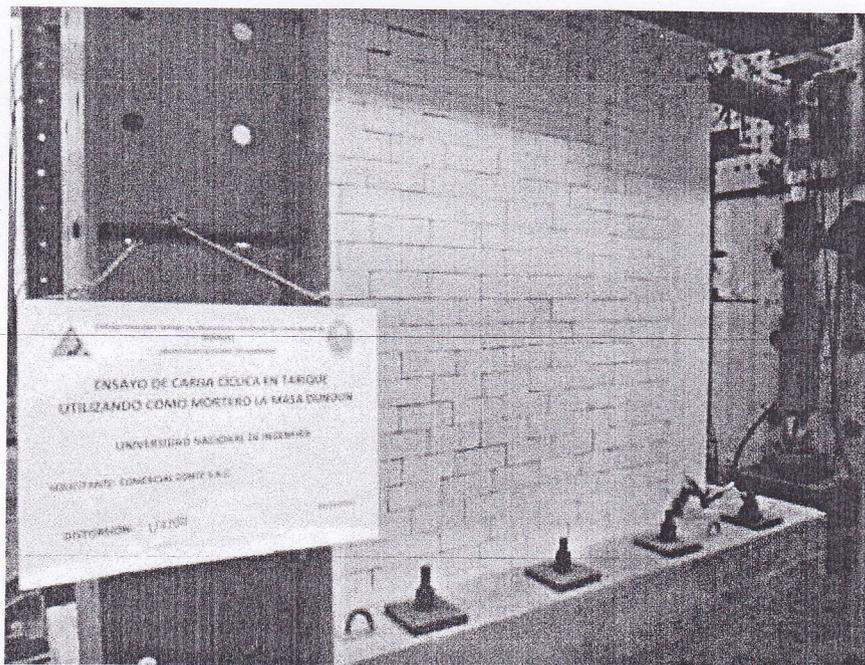
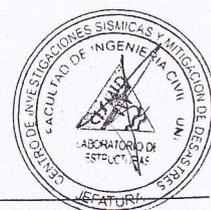


Figura 12. Inicio del ensayo, distorsión de 1/4200





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

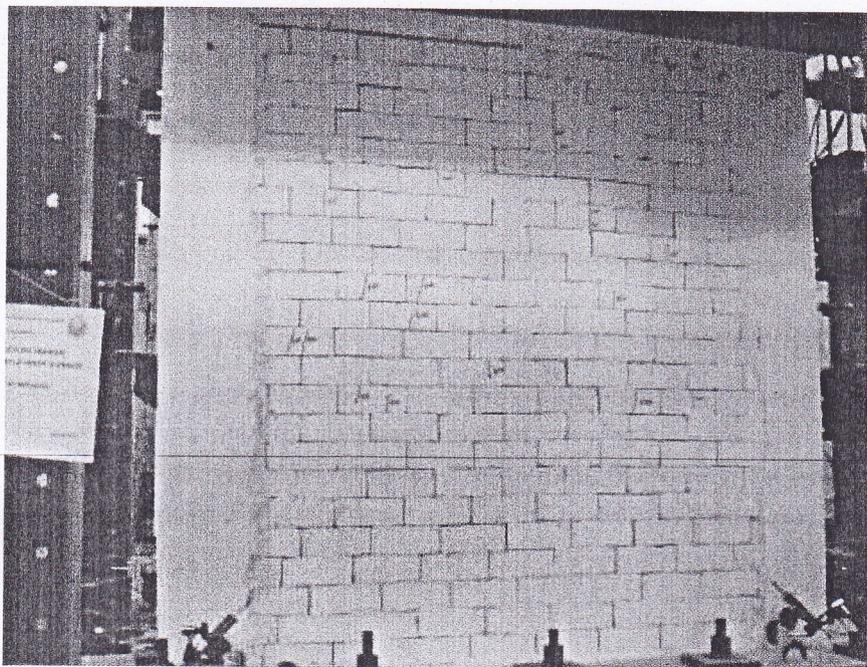


Figura 13. Inicio de las primera grietas en las juntas de albañilería, distorsión 1/550

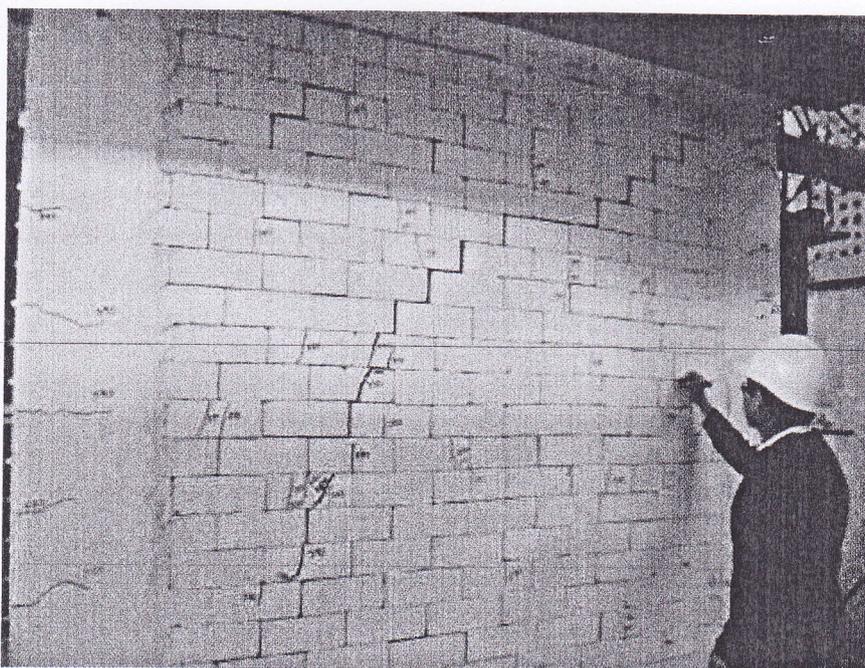


Figura 14. Grietas siguiendo el recorrido de las juntas de la albañilería





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

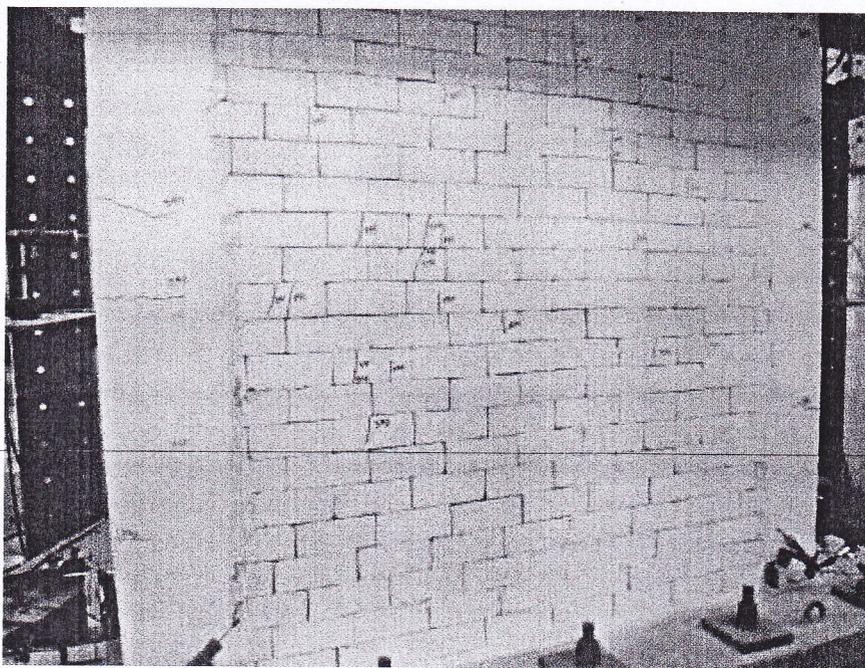


Figura 15. Inicio de grietas en las columnas, distorsión 1/390

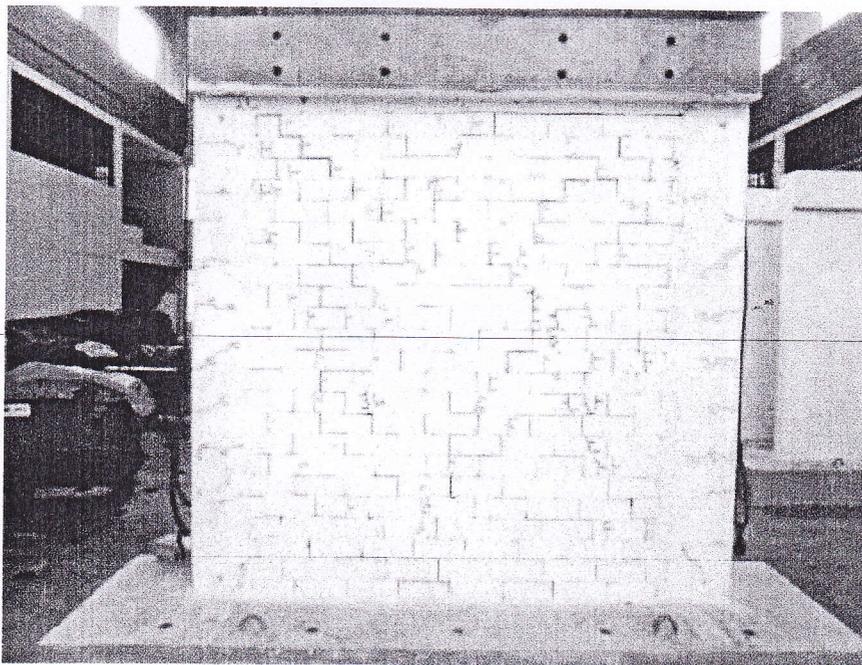


Figura 16. Estado final del espécimen MC-01





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

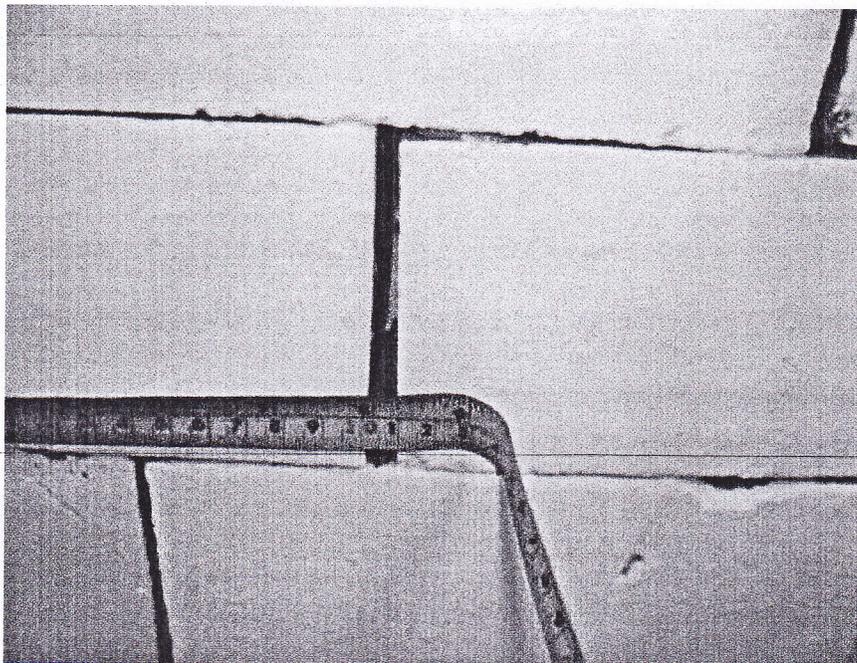


Figura 17. Grietas de espesor máximo de 8 mm

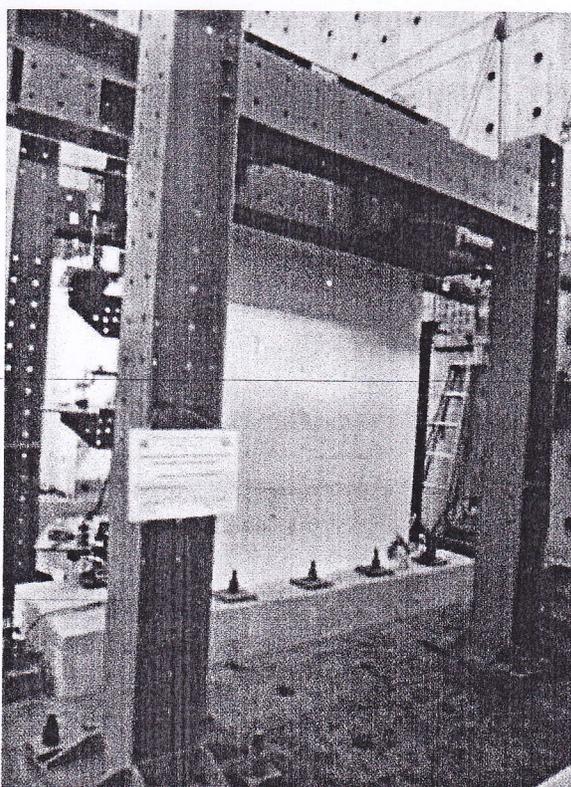


Figura 18. Ensayo del espécimen MC-02





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

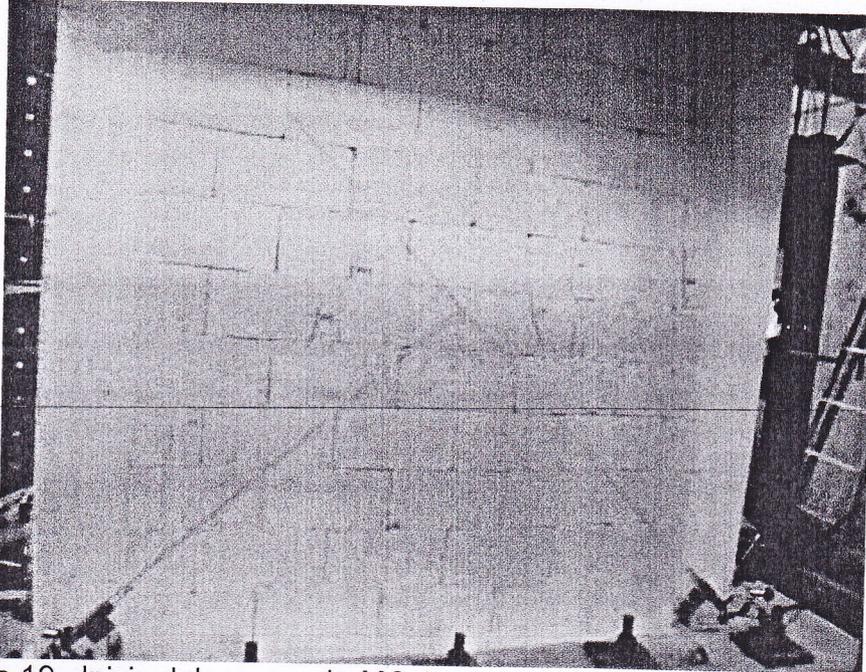


Figura 19. Inicio del ensayo de MC-02, primera grietas aparecieron con la distorsión de 1/770

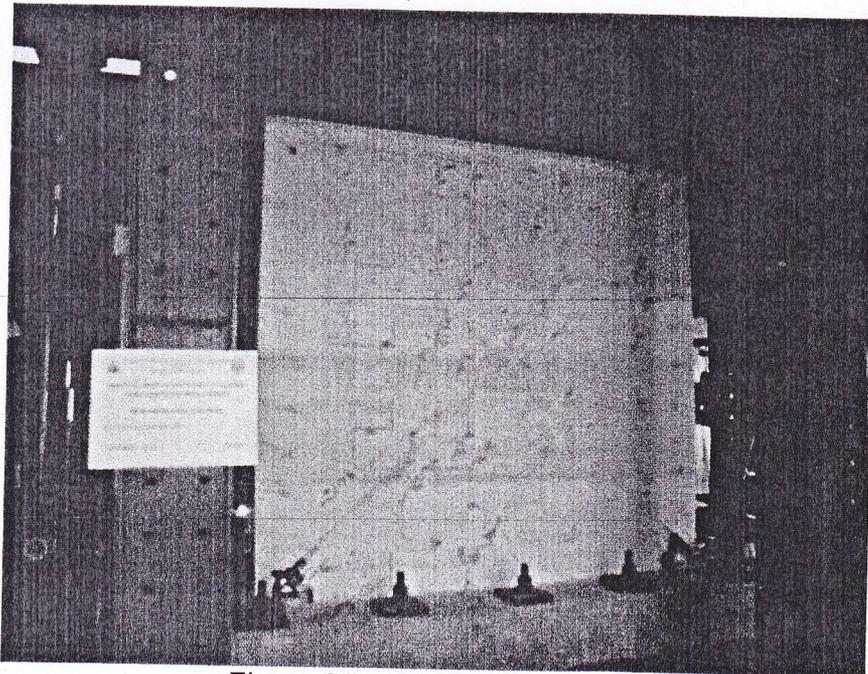


Figura 20. Grietas diagonales





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

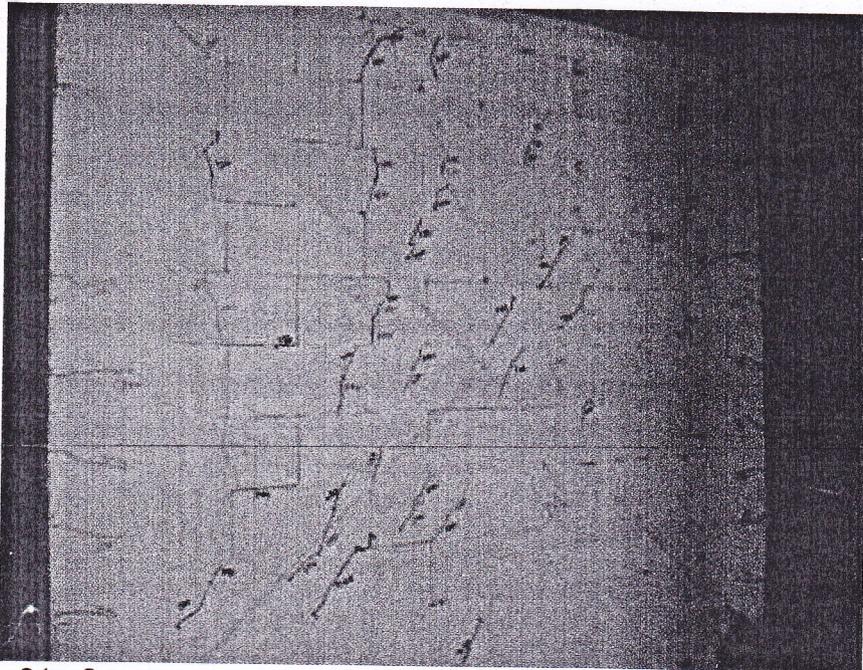


Figura 21. Concentración de las grietas en las columnas de confinamiento

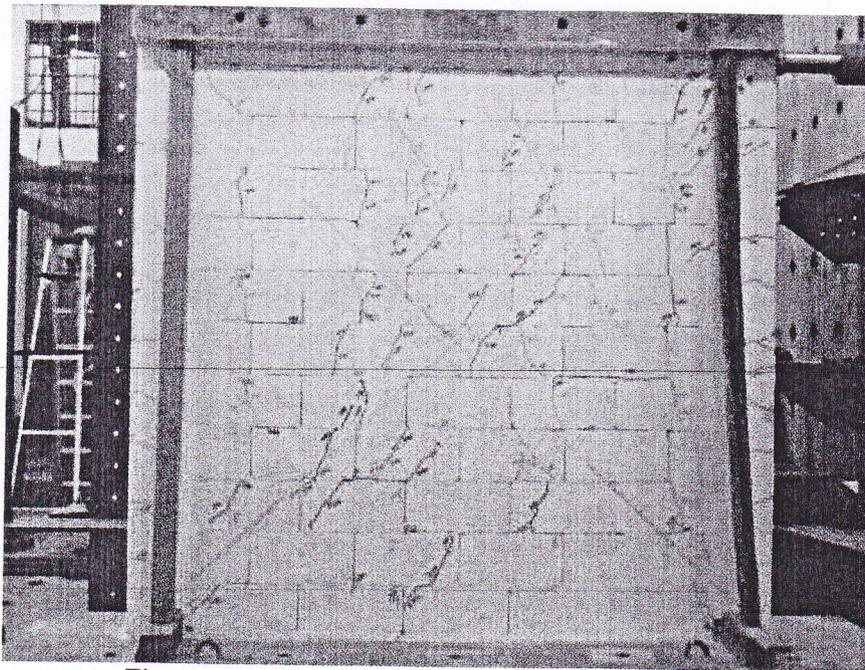


Figura 22. Estado final del espécimen MC-02





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

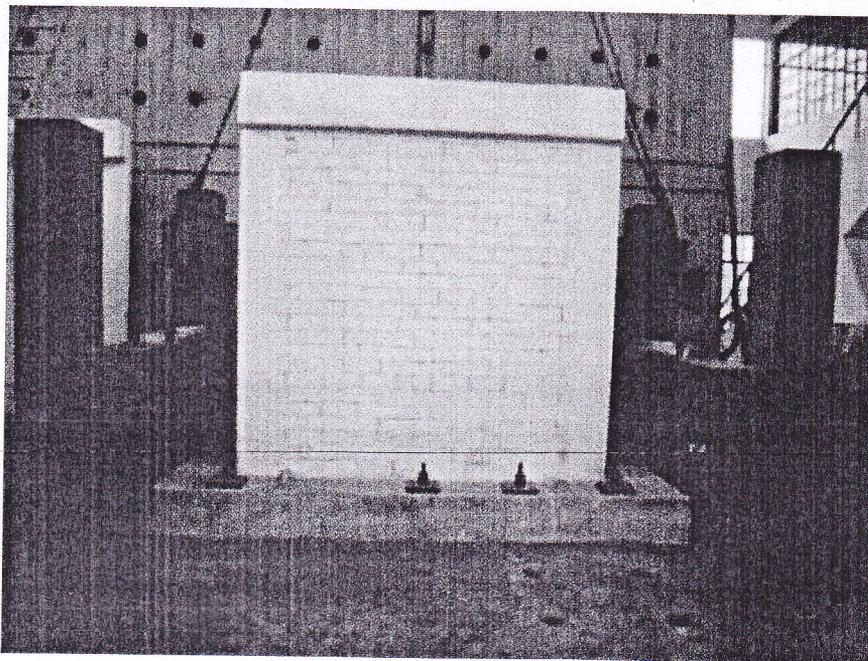


Figura 23. Inicio del ensayo de perpendicular al plano en el espécimen MCL-01

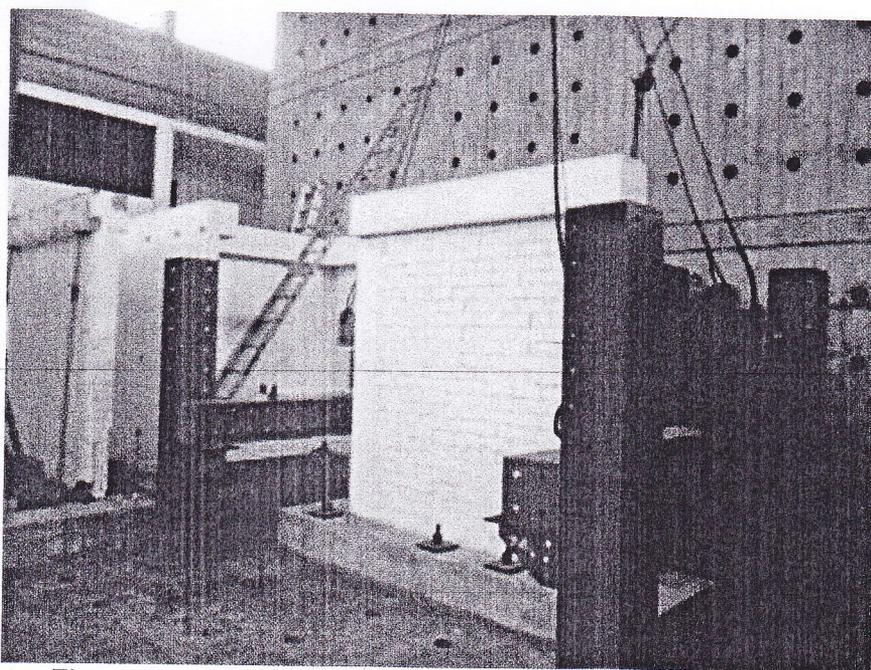
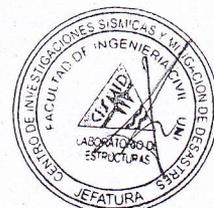


Figura 24. Vista inicial del espécimen MCL-01 cara Este





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

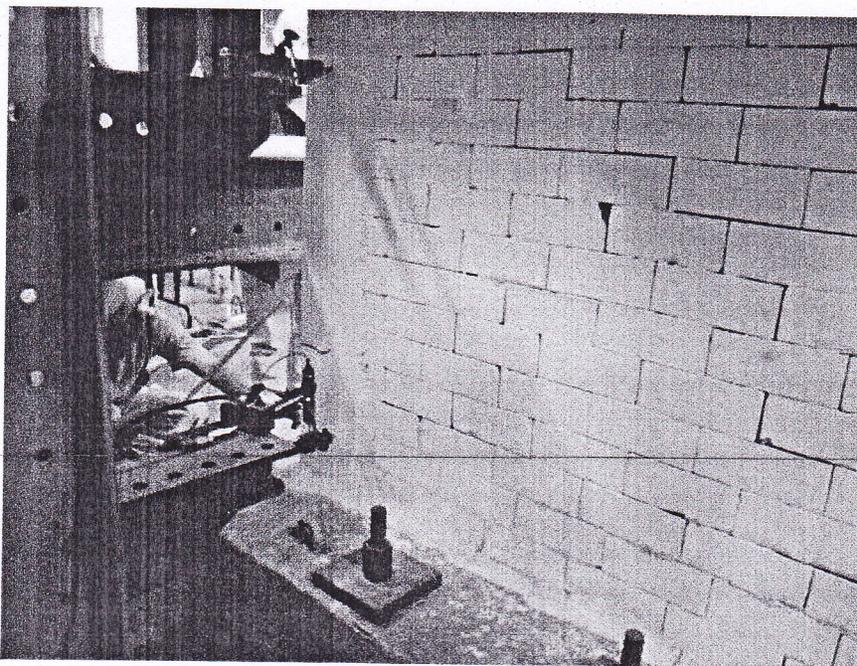


Figura 27. Primeras grietas formadas en el confinamiento del espécimen MCL-01 - lado Norte

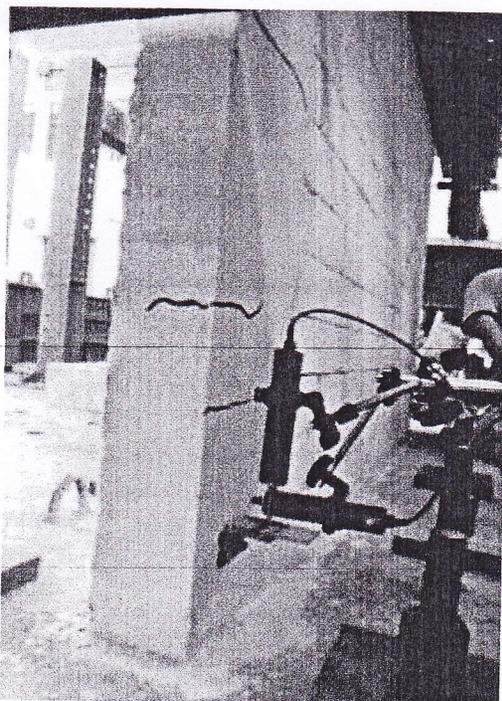


Figura 28. Visualización de las primeras grietas en el espécimen MCL-01





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

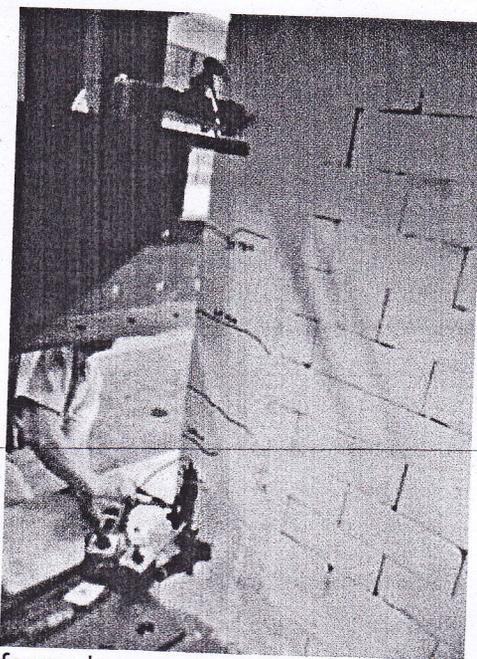


Figura 29. Grietas formadas en el confinamiento del muro-lado Norte del espécimen MCL-01

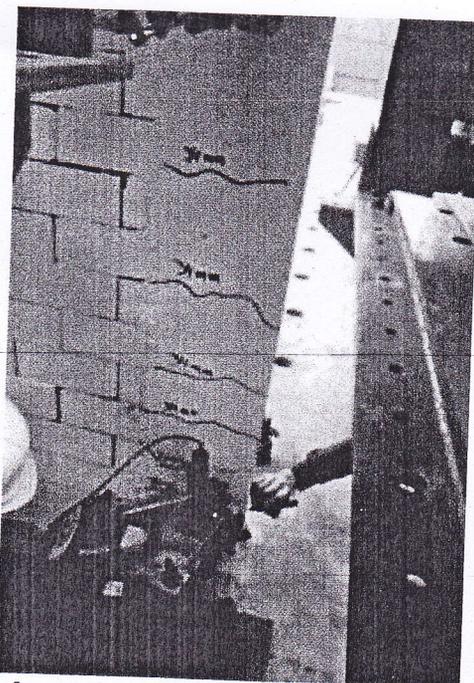


Figura 30. Grietas formadas en el confinamiento del muro-lado Sur del espécimen MCL-01





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

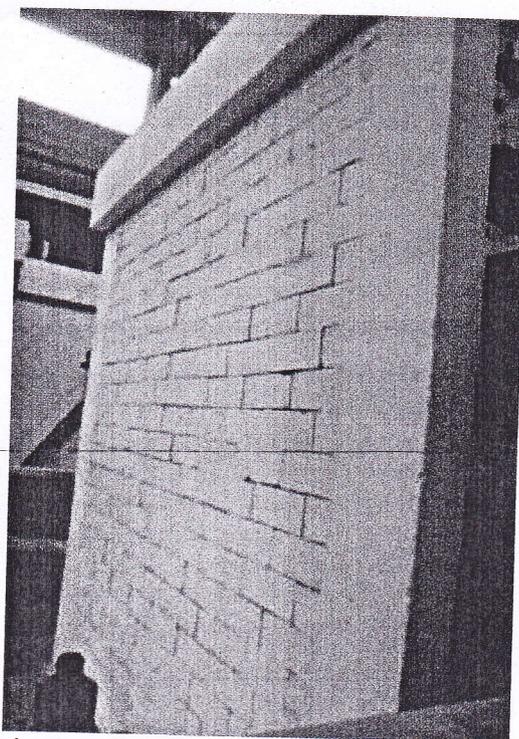


Figura 31. Movimientos de las unidades de albañilería en el espécimen MCL-01

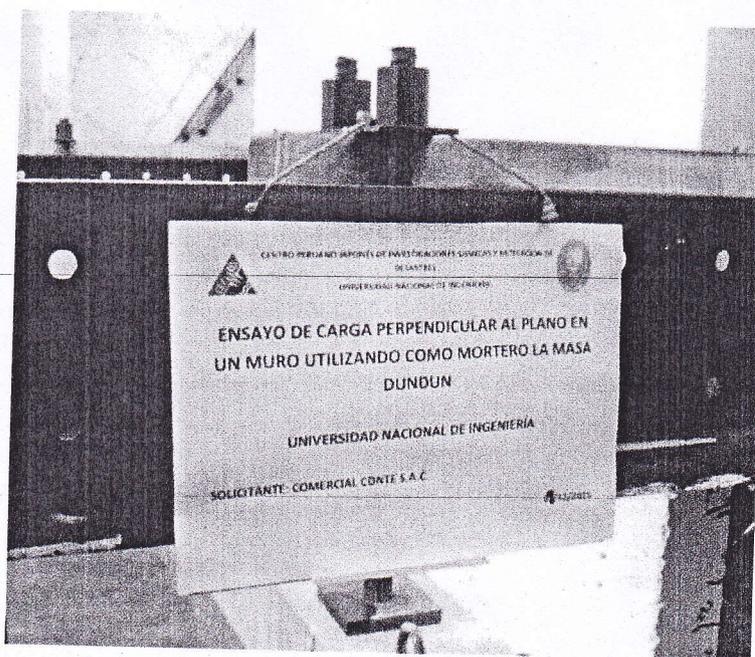


Figura 32. Inicio del ensayo de perpendicular al plano en el espécimen MCL-02





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

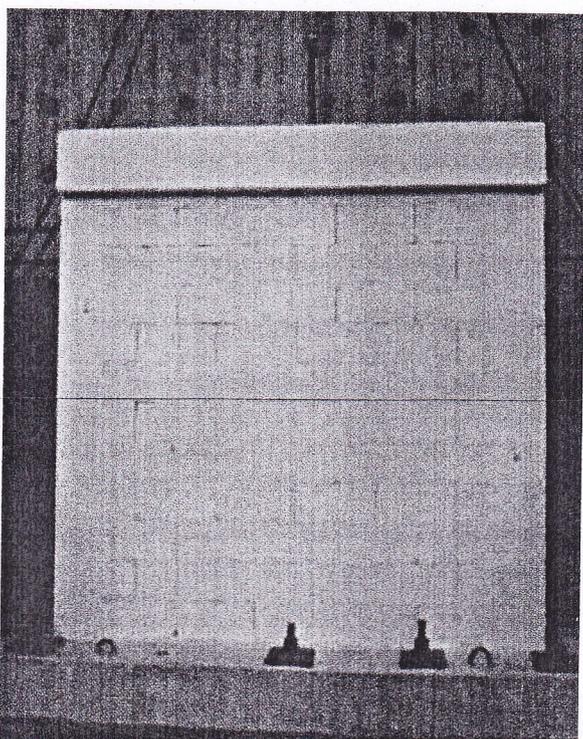


Figura 33. Vista inicial del espécimen MCL-02 cara Este

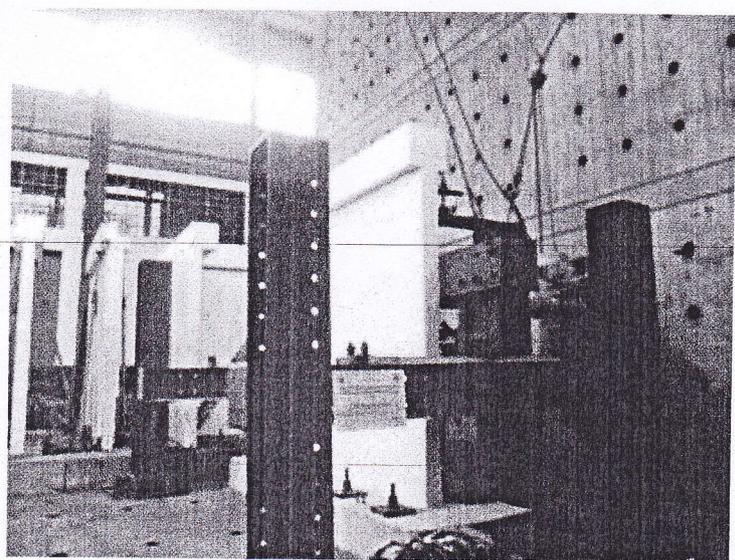


Figura 34. Carga perpendicular a la cara del muro colocado a 2/3 de la altura del espécimen MCL-02





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

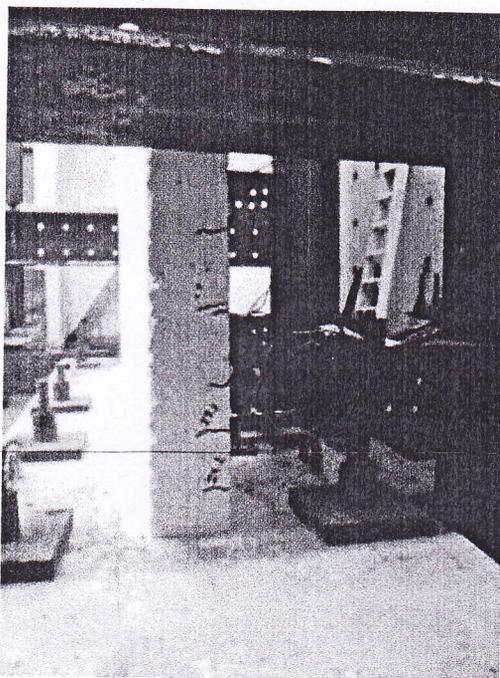


Figura 35. Primeras grietas formadas en el confinamiento del muro-lado Norte del espécimen MCL-02

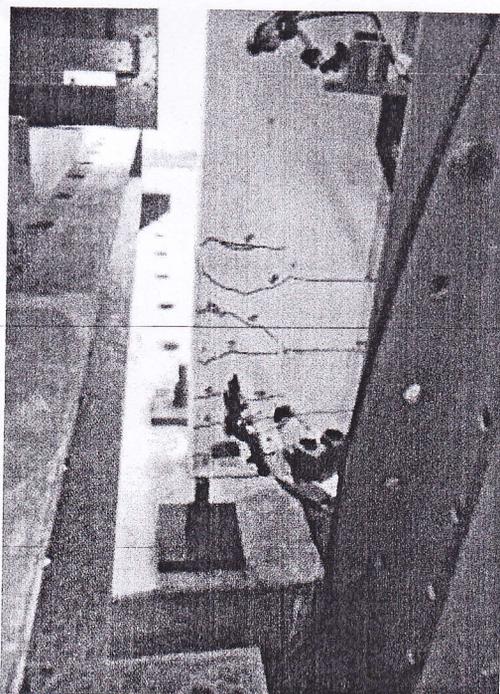


Figura 36. Primeras grietas formadas en el confinamiento del muro-lado Sur del espécimen MCL-02





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

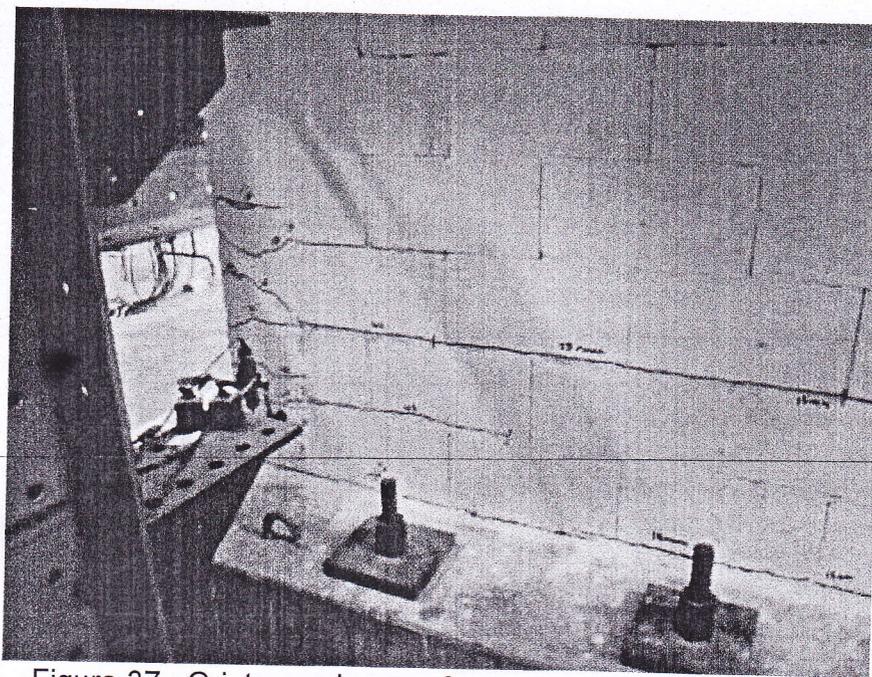


Figura 37. Grietas en la cara Oeste del espécimen MCL-02

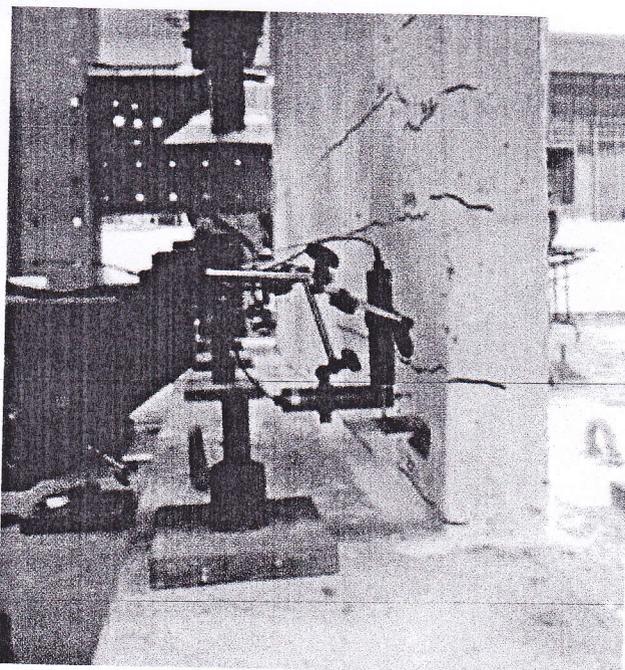


Figura 38. Medición de la deformación en el talón del espécimen MCL-02





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

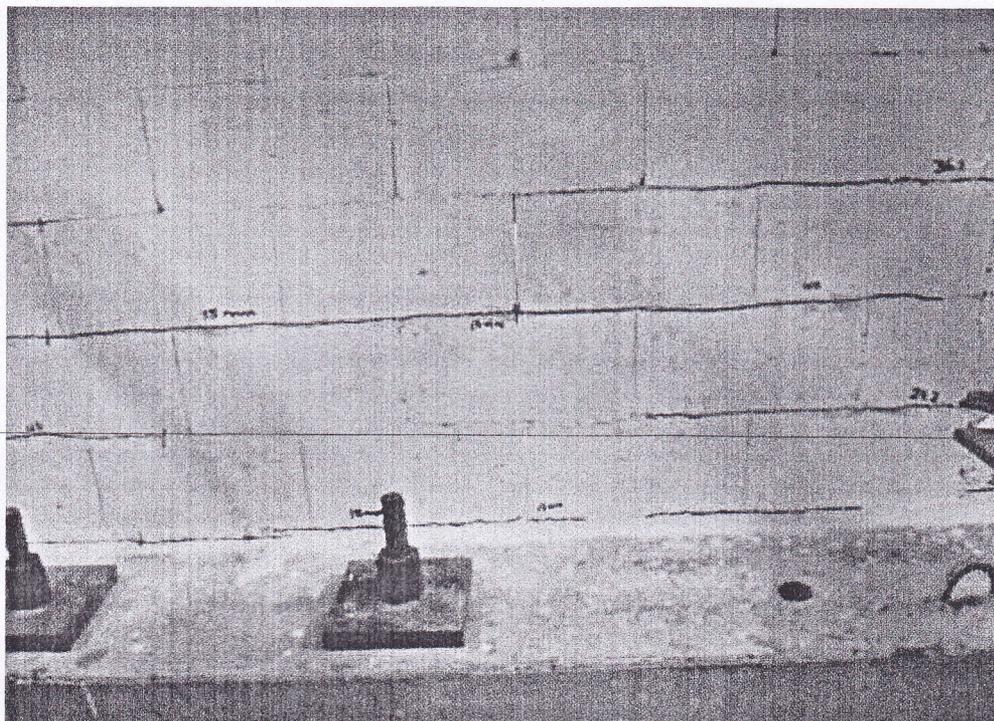


Figura 39. Grietas formadas entre unidades de albañilería en el espécimen MCL-01

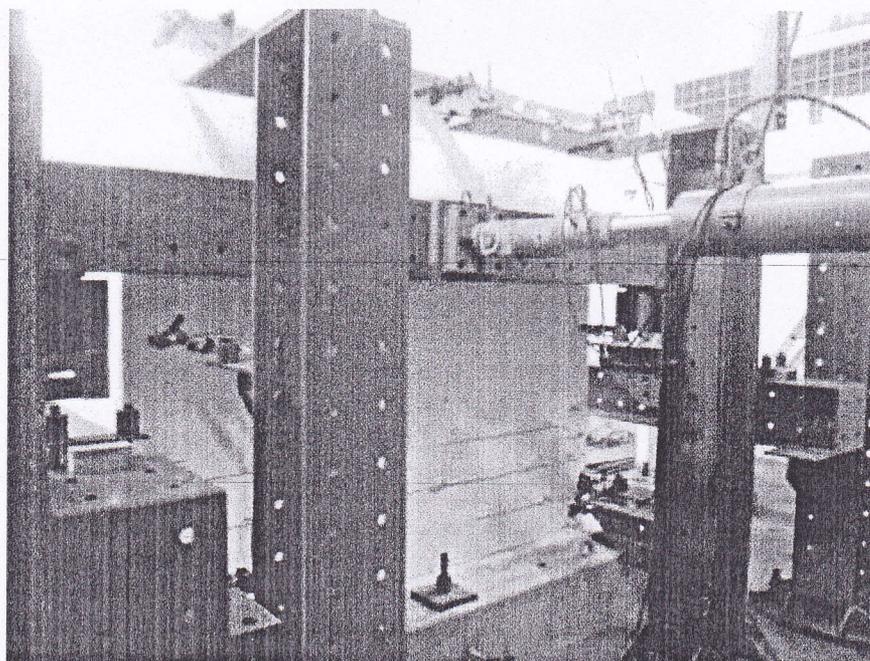


Figura 40. Vista del espécimen MCL-02 cara oeste





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**



**ANEXO – III: Mapeo de grietas de los especímenes sometidos al ensayo
de carga cíclica**

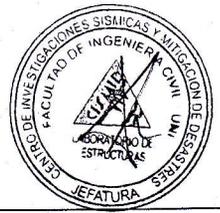
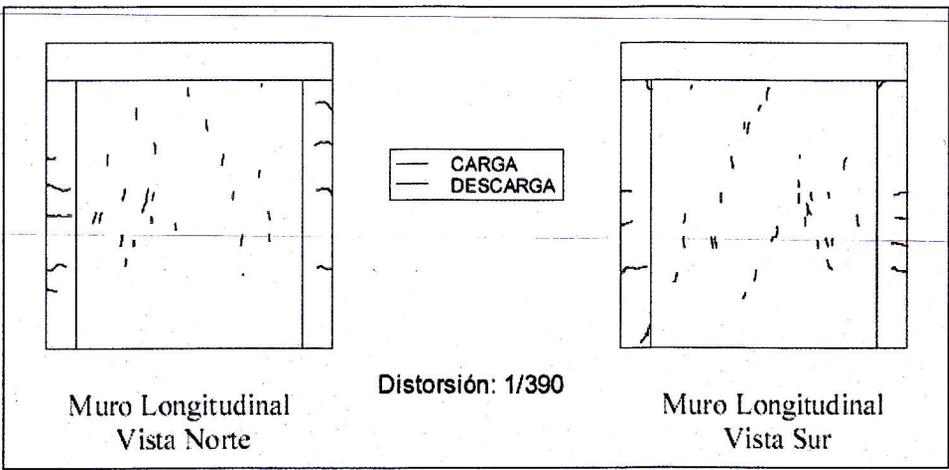
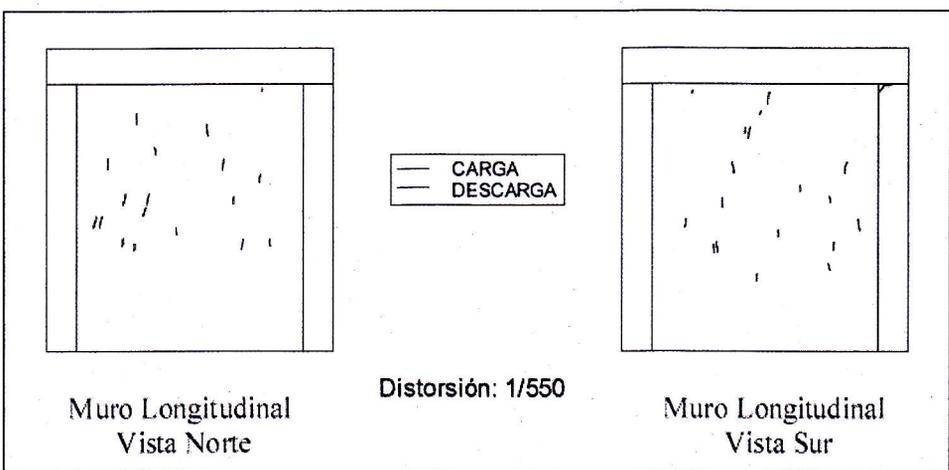
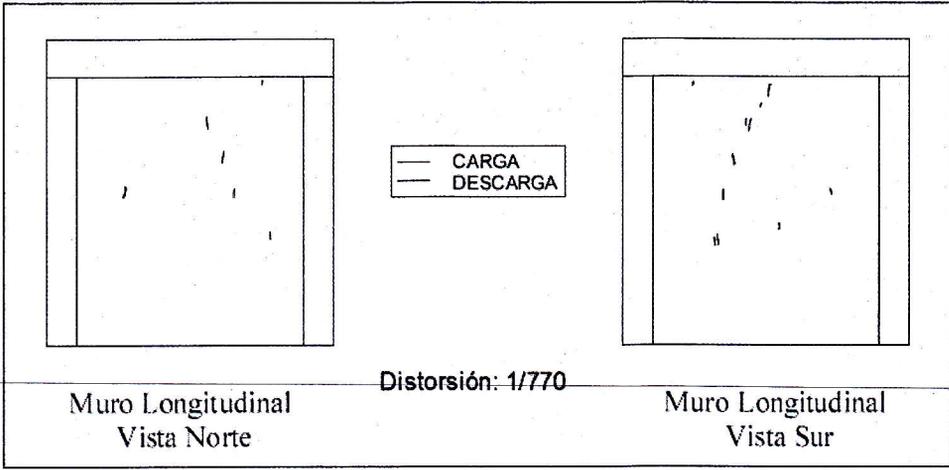




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

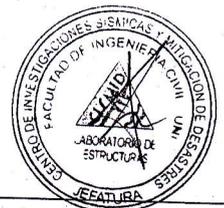
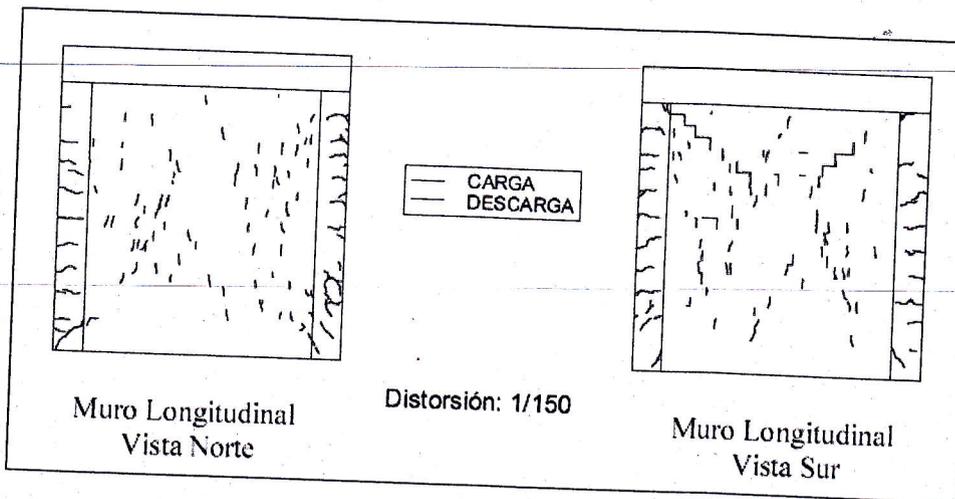
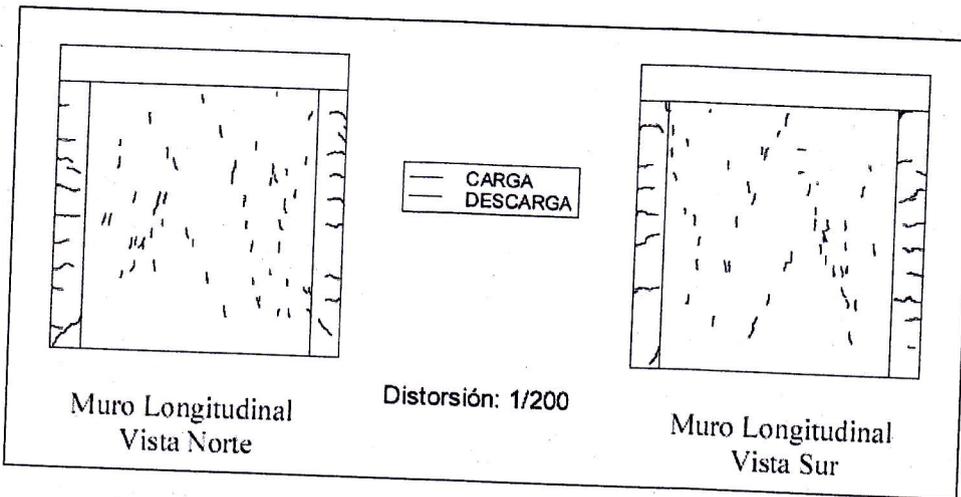
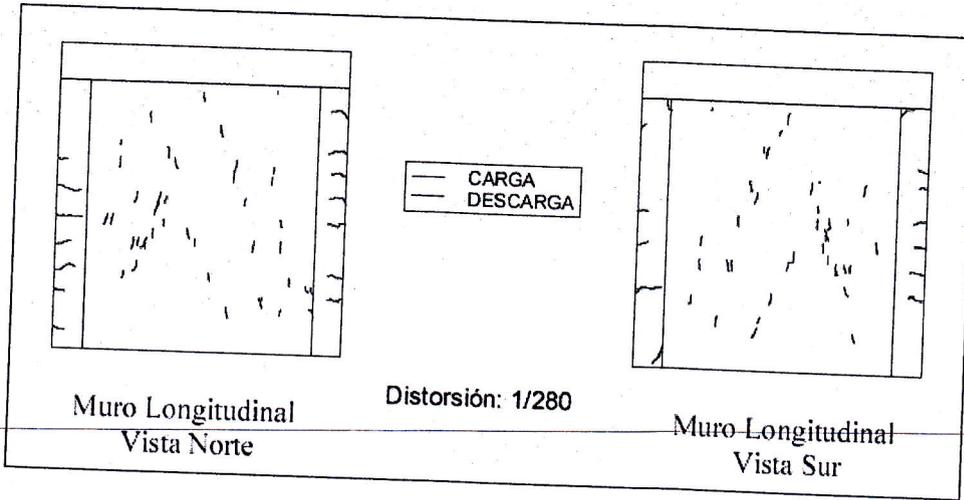


Patrón de grietas en espécimen MC-01





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
DE DESASTRES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

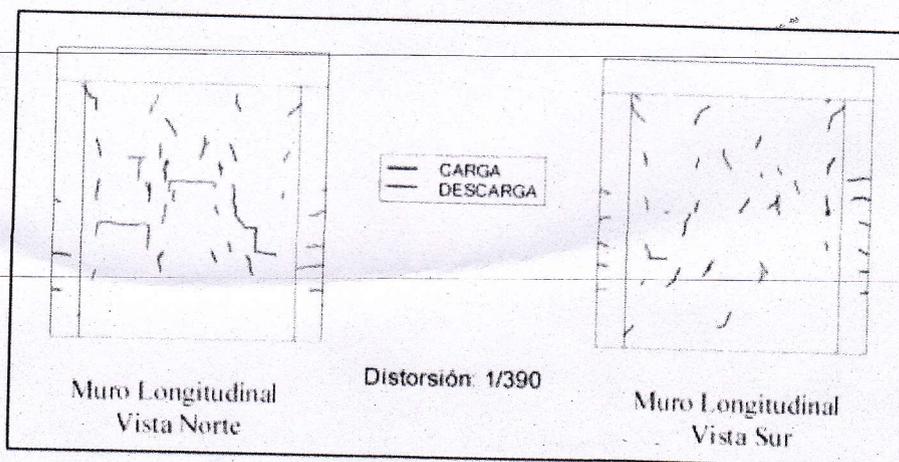
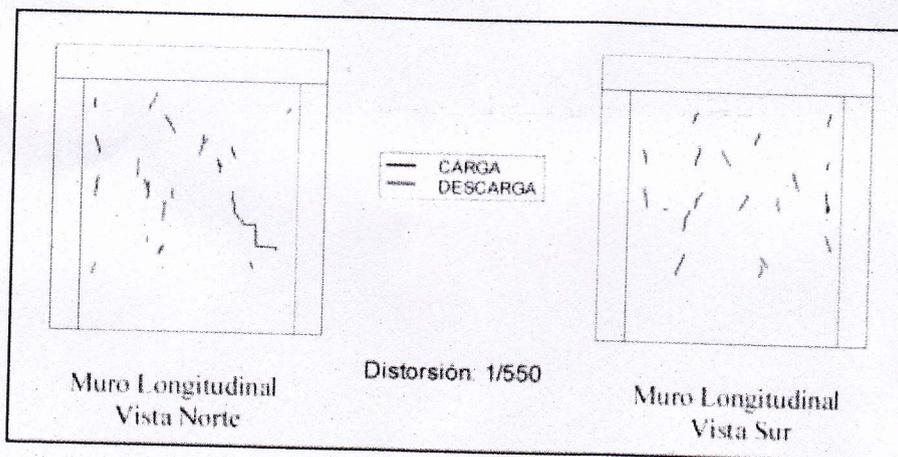
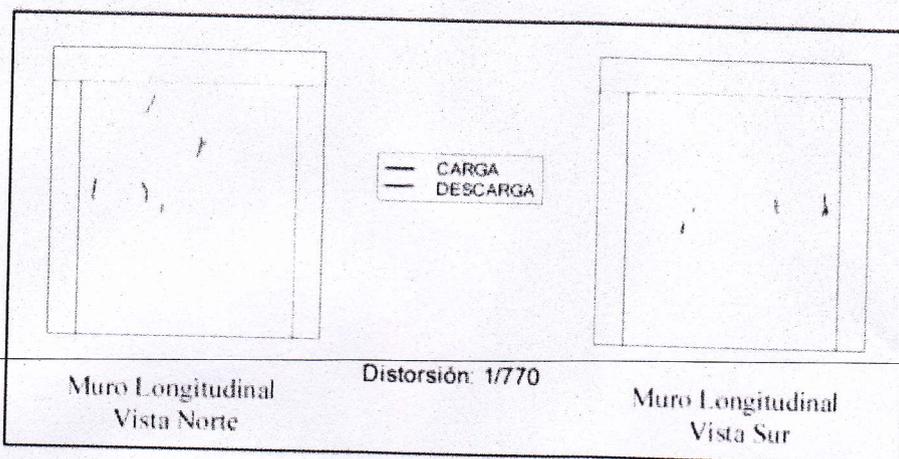




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



Patrón de grietas en espécimen MC-02





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE
 INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN
 DE DESASTRES
 LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

