



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

RESISTENCIA SISMICA DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE*

**Julio Vargas Neumann
Juan Bariola Bernales
Marcial Blondet**

***Proyecto de Investigación Financiado por la
Agencia para el Desarrollo Internacional
(AID).**

**PUBLICACION DI-84-01
SERIE : DIFUSION
ABRIL 1984**



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

RESISTENCIA SISMICA DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE*

Julio Vargas Neumann
Juan Bariola Bernales
Marcial Blondet

*Proyecto de Investigación Financiado por la
Agencia para el Desarrollo Internacional
(AID).

PUBLICACION DI-84-01
SERIE : DIFUSION
ABRIL 1984

“RESISTENCIA SISMICA DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE”

Julio Vargas Neumann*

Juan Bariola Bernales*

Marcial Blondet*

RESUMEN

Se presenta en forma abreviada las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el Proyecto de Investigación “Edificaciones de Adobe en Areas Sísmicas” realizado en 1983 en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Se estudian las características del suelo que sean importantes para mejorar la resistencia sísmica de la mampostería de adobe. En base a los conocimientos adquiridos, se analiza el efecto de aditivos naturales que regulan dichas características, y se proponen pruebas de campo que por su sencillez, hacen posible la difusión de las mismas entre los constructores de viviendas de adobe.

Se esbozan finalmente algunas ideas para una futura etapa de difusión en el Perú, que podrían ser aplicadas a otros países del Tercer Mundo, luego de su adaptación a las condiciones locales.

* Profesores del Departamento de Ingeniería
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

1. INTRODUCCION

El mayor número de pérdidas de vidas y daños materiales ocasionados por los sismos ocurren en las viviendas rústicas de tierra a lo largo y ancho del Tercer Mundo. La comunidad científica y técnica de estos países puede contribuir notablemente a controlar el problema abocándose al estudio del incremento de la resistencia de sus edificaciones tradicionales y de alternativas eficientes para difundir los resultados entre sus pueblos, constituídos mayoritariamente por gente pobre, aislada y culturalmente desposeída. Este trabajo pretende ser una contribución en tal sentido.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Recién en la década del 70 se tomó conciencia en el Perú de la necesidad de estudiar el problema de la resistencia sísmica de las construcciones de adobe. Tanto la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) como la Universidad Nacional de Ingeniería realizaron importantes esfuerzos de investigación experimental. En la PUCP se decidió inicialmente estudiar distintos tipos de refuerzo estructural, utilizando materiales rurales (Refs. 1, 2, 3 y 4). Posteriormente, se estudió la mejora de morteros enriquecidos con aglomerantes (Ref. 5).

En 1979, la PUCP y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) desarrollaron una Investigación Cooperativa en la que se detectaron diferencias muy importantes (del orden de 500^o/o) en las resistencias sísmicas de mamposterías de adobe hechas con bloques de similar resistencia. No se pudo determinar la causa de dicha diferencia (Ref. 6).

La gran mayoría de las investigaciones realizadas han estudiado la relación entre las características de los materiales y las propiedades del bloque o unidad de adobe (Ref. 7), prestando poca atención a las propiedades resistentes de la albañilería de adobe, que dependen principalmente de la integración entre los bloques de adobe y el mortero utilizado para unirlos.

Este trabajo pretende desarrollar un análisis de las propiedades fundamentales del suelo, desde el punto de vista de la resistencia sísmica de las construcciones de adobe e investigar el efecto de algunos aditivos naturales y de técnicas constructivas para fortalecer dichas construcciones. Otro objetivo fue proponer estrategias de diseminación de los resultados obtenidos. Por tanto, al final se presentan recomendaciones constructivas simples de difundir.

En este artículo sólo se presentan las conclusiones y recomendaciones más importantes del proyecto de investigación mencionado. La información ha sido obtenida de la referencia 8, en donde se describen en detalle las técnicas utilizadas y los resultados obtenidos.

3. SELECCION Y ESTUDIO DE LOS SUELOS

Se recogieron muestras de suelo de seis zonas del Perú en las que es tradicional la construcción con adobe, con la finalidad de correlacionar sus características físicas, químicas y mineralógicas con la resistencia sísmica de la albañilería de adobe construída con cada suelo.

Las propiedades físicas se estudiaron principalmente a través de ensayos granulométricos y de los Límites de Atterberg. Se realizaron una serie de ensayos para determinar la composición y algunas propiedades químicas tanto de los suelos, como de muestras de agua de cada localidad. Las características mineralógicas de las arcillas presentes en los suelos se evaluaron mediante ensayos de difracción de Rayos X, conducidos en la Universidad de California, Berkeley.

4. CONSTRUCCION DE ESPECIMENES Y ENSAYOS MECANICOS

Se tomaron especiales cuidados para la fabricación de los bloques de adobe y de los especímenes de albañilería, con el fin de garantizar menor dispersión en los resultados. Todos los especímenes de mampostería fueron construídos por el mismo operario. Se usó una mezcladora para hacer el barro y los morteros se fabricaron con la misma trabajabilidad, controlada a través de una prueba que utiliza cierta modificación del aparato de Vicat (Fig. 1). Tanto bloques como especímenes fueron secados a la sombra, para prevenir su fisuración.

La resistencia de los bloques de adobe fue medida a través de ensayos de compresión en cubos.

Luego de numerosos ensayos con diversas técnicas se decidió utilizar el ensayo de compresión diagonal (Fig. 2) para evaluar la resistencia sísmica de la albañilería de adobe. Una prueba más sencilla, la de tracción indirecta (Fig. 3), fue diseñada para conducir estudios preliminares, o en casos de limitada disponibilidad de material. Se desecharon otras pruebas simples, como la de tracción directa, porque conducían a dispersiones inaceptables en los resultados.

El esfuerzo experimental consistió en la realización de 128 pruebas de compresión en cubos, 509 de tracción indirecta y 246 de compresión diagonal de muretes.

5. FACTORES SIGNIFICATIVOS EN LA RESISTENCIA SISMICA DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE

a. *Proceso de Secado*

Una de las conclusiones más importantes del análisis de los resultados obte-

nidos es que la resistencia sísmica de la albañilería de adobe depende de la microfisuración del mortero debido a la contracción de secado. La Fig. 4 muestra una clara correlación entre la contracción volumétrica de secado de bloques —que refleja la contracción de secado del mortero— y la resistencia de la mampostería. Para lograr una albañilería resistente es indispensable no sólo contar con un material de resistencia seca adecuada, sino además garantizar la integridad del conjunto bloque-mortero.

Ha sido muy ilustrativo estudiar los procesos de secado tanto de los bloques como del mortero (Fig. 5). Se encontró una relación entre la velocidad de secado y la fisuración. Esto fue sencillo de descubrir en el caso de los bloques, puesto que los bloques secados a la sombra se fisuraban menos que aquellos secados al sol.

El secado del mortero colocado entre bloques secos de adobe, ocurre en dos etapas bien definidas. La primera, muy rápida, donde ocurre la mayor parte de la fisuración del mortero, es debida a la pérdida brusca de agua, ocasionada por la absorción de los bloques de adobe y en menor grado a la acción de la gravedad. Luego hay una segunda etapa de secado, mucho más lenta, en la cual la pérdida de humedad del mortero está asociada básicamente con la evaporación de agua hacia el exterior.

Esto revela que cualquier método de curado exterior será ineficiente, en cambio cualquier método que reduzca la velocidad de transferencia interna de agua entre mortero y bloque será provechoso.

b. Características de los Materiales

Las características de los materiales que tienen influencia en la resistencia de la mampostería son aquellas relacionadas con el proceso de contracción de secado del barro y con la resistencia seca del material.

No se encontró ninguna relación entre la composición química de los suelos o el agua y la resistencia de la albañilería de adobe.

La correlación entre los resultados del análisis mineralógico de las arcillas reveló que la resistencia de la mampostería de adobe está relacionada, más que con el tipo, con la cantidad de minerales de arcilla presentes en el suelo.

Como se esperaba, se encontró que la granulometría del suelo es uno de los factores más importantes con respecto a la resistencia de la albañilería de adobe.

Suelos con importante contenido de arcilla poseen mayor resistencia seca, medida en ensayos de compresión en cubos tallados de bloques de adobe; sin embar-

go, la albañilería de adobe construída con dichos suelos tiene baja resistencia, puesto que la contracción de secado del mortero y por tanto la fisuración, son causadas por la presencia de arcilla en el mortero. Este fenómeno es evidente en la Fig. 6, que muestra una aparente correlación negativa entre la resistencia a la compresión de cubos y la resistencia de la mampostería.

La presencia de arcilla en el suelo es sin embargo fundamental para la construcción de adobe, puesto que este material regula la resistencia seca, la adhesión, plasticidad y demanda de humedad del barro.

No se detecta una relación definida entre la resistencia de la mampostería y los contenidos de limo o arena del suelo. No obstante, el contenido de arena gruesa presenta una mejor correlación con la resistencia. Este fenómeno es explicable, puesto que la arena gruesa restringe la microfisuración del mortero durante el secado.

En esta investigación se definió la "consistencia estándar", una medida de la trabajabilidad del barro, como aquella correspondiente a una penetración de 10 mm. en el aparato modificado de Vicat. Se observó que, en general, las mamposterías más resistentes requieren menos agua en el mortero para lograr la consistencia estándar. Este contenido de humedad resulta ser un parámetro característico del suelo, que evalúa la plasticidad, responsable del fenómeno de adhesión entre mortero y bloque, pero no tiene buena correlación con la capacidad de restringir la microfisuración causada por la contracción de secado, que más bien está gobernada por el material grueso.

Los límites de Atterberg, esenciales para la clasificación de los suelos, desafortunadamente no son buenos indicadores de la resistencia sísmica de la albañilería de adobe. Por ejemplo, el Índice de Plasticidad es determinado con la fracción de suelo que pasa la malla No. 40 y no con todo el suelo; por tanto, su valor no necesariamente refleja la plasticidad real del suelo usado para fabricar adobe.

c. *Efecto de algunos Aditivos*

Pequeñas cantidades de carbonato de sodio, agente dispersivo, proporcionaron incrementos en la resistencia a la compresión de bloques.

En general, no se obtuvieron buenos resultados con el uso de agentes aglomerantes. La adición de cal produjo reducción en la resistencia de la mampostería,

mientras que la incorporación de cemento —en cantidades mayores al 10^o/o y mezclado con arena— produjeron incrementos en la resistencia. El uso de una mezcla de cemento y arena tan sólo en el mortero resulta ventajoso (Ref. 5).

La incorporación de pequeñas cantidades de estiércol al mortero, aumentó la resistencia de la mampostería, puesto que las fibras en el estiércol restringen el crecimiento y la propagación de las fisuras del mortero. Mayores cantidades de estiércol condujeron a menores resistencias en la mampostería, debido probablemente a la presencia excesiva de materia orgánica u otros componentes.

d. *Efecto del Proceso Constructivo*

La calidad de la mano de obra empleada juega un papel muy importante para lograr una mampostería resistente. Por ejemplo, ensayos de compresión diagonal realizados con especímenes construídos con técnicas artesanales resistieron 0.23 Kg/cm², mientras que muestras similares confeccionadas cuidadosamente resistieron 0.47 Kg/cm². (Refs. 6 y 8).

Se logró mejorar la calidad de la mampostería humedeciendo adecuadamente los bloques antes de aplicar el mortero (aproximadamente 10 minutos de remojo en 1 cm. de altura de agua) lográndose menor fisuración y mejor integración adobe-mortero. También se descubrió la ventaja de utilizar morteros más secos, pero trabajables, en vista de que se reduce el número y el espesor de las fisuras de contracción de secado (Fig. 7).

Puesto que una resistencia aceptable del bloque se logra con muy pocos días de secado, es posible usar los adobes luego de una semana de elaborados. Se encontró que la resistencia de la mampostería se estabiliza aproximadamente a las dos semanas de construída.

Se confirmó el efecto positivo del “dormido” (remojado del suelo por dos o más días) previo a la elaboración de bloques y mortero, costumbre tradicional en el Perú. Parece que el remojado por largo tiempo permite lograr mejor dispersión y por tanto una acción más uniforme de las partículas de arcilla.

6. MEJORAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE

En base a los resultados descritos anteriormente, se decidió mejorar la resistencia de la mampostería de adobe mediante el control de la microfisuración del mortero, a través de:

- a. Restricción de la contracción de secado, añadiendo arena gruesa al suelo natural.
- b. Control de la propagación y crecimiento de las fisuras, agregando al mortero paja en trozos.
- c. Reducción de la velocidad de secado del mortero, disminuyendo el gradiente de humedad entre bloque y mortero.

Se estudió el efecto de añadir arena gruesa (entre mallas No. 4 y 30) a los seis suelos elegidos. Los porcentajes utilizados variaron entre el 30 y 300^o/o, en volumen. La arena fue añadida en unos casos tanto al bloque como al mortero y en otros, al mortero únicamente. En ambos casos se investigaron los procesos de secado y fisuración del mortero y la resistencia obtenida en la mampostería de adobe. Adicionalmente, se estudió el efecto del remojado previo de los adobes.

La adición de arena gruesa condujo por lo general a una reducción del número y ancho promedio de fisuras en el mortero (Fig. 8), a una mejor integración mortero-bloque y a un aumento notable en la resistencia de la mampostería fabricada con cuatro de los suelos, especialmente con aquellos arcillosos (Fig. 9, notar suelos Cajamarca y PUC). Se detectó que existe una cantidad óptima de arena gruesa, correspondiente a la eliminación de las fisuras visibles del mortero (Fig. 10). Cantidades menores de arena conducen a morteros con fisuración excesiva, mientras que mayores cantidades ocasionan mamposterías débiles, debido a la disminución porcentual de arcilla, componente que proporciona la resistencia seca del material.

La adición de arena gruesa al suelo afectó también la forma de falla de las probetas ensayadas; en la mayoría de los especímenes construidos con suelos naturales, la falla ocurría a lo largo de las juntas, mientras que en los casos en que se agregó arena gruesa, las fisuras cortaban los bloques. Este fenómeno, que refleja la pérdida de resistencia del bloque al disminuir la presencia porcentual de arcilla, fue comprobado en pruebas de compresión en cubos (Fig. 11).

La paja utilizada fue de dos tipos completamente diferentes: césped corriente de aproximadamente 5 cm. de longitud, e ichu, una paja de los Andes, cortada en trozos de alrededor de 10 cm de longitud. En la construcción tradicional con adobe, se añade paja en porcentajes relativamente pequeños, menores al 0.5^o/o en peso. Los porcentajes de paja utilizados en este trabajo variaron del 0.5 al 8^o/o y se estudió la trabajabilidad del mortero y la variación en la resistencia de la mampostería.

La adición de paja fue aún más eficiente para mejorar la resistencia de la mampostería que la adición de arena gruesa (Fig. 12; comparar con Fig. 10). Se obtuvieron prácticamente los mismos resultados con los dos tipos de paja usados. La

acción de las fibras produce una especie de cosido de la interfase mortero-adobe, mejorando la integración y por tanto la resistencia de la mampostería. No se observó disminución de la resistencia del bloque. Se encontró sin embargo, que la adición de paja aumenta la demanda de agua de barro para obtener una trabajabilidad adecuada. Por ello, no es conveniente añadir cantidades excesivas de paja. La cantidad óptima de paja a añadir a un suelo determinado está entonces controlada por la trabajabilidad del barro usado para fabricar bloques y mortero.

La adición simultánea de arena y paja no dió resultados positivos.

Las mejoras logradas en la resistencia sísmica de la mampostería de adobe a través de aditivos naturales fueron corroboradas con ensayos a escala natural. La Fig. 13 muestra el dispositivo de ensayo. Se lograron mejoras del orden del 100^o%, respecto a la resistencia de los muros fabricados con suelo natural (Fig. 14). Esto a su vez implica un incremento en la resistencia del orden del 400^o% con respecto a la albañilería confeccionada con técnicas artesanales.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRACTICAS

Las conclusiones más importantes de este estudio, desde el punto de vista de la resistencia sísmica de la mampostería de adobe son:

- El componente del suelo más importante es la arcilla, pues proporciona la resistencia. Desafortunadamente, también motiva la contracción de secado.
- Es indispensable controlar la microfisuración del mortero debida a la contracción de secado.
- La paja, y en menor grado la arena gruesa, son aditivos naturales eficientes para el control de la microfisuración de secado del mortero y el consiguiente mejoramiento de la calidad de la mampostería de adobe.

En base a las conclusiones anteriores, se establecieron las siguientes recomendaciones prácticas para seleccionar suelos y aditivos y para mejorar el proceso constructivo de viviendas de adobe:

a. *Procedimiento de la Selección de Materiales*

- Realizar el ensayo de resistencia seca, consistente en fabricar tres o más bolitas pequeñas de suelo de aproximadamente 2 cm de diámetro. Una vez secas (a las 24 horas) se aplasta cada bolita entre los dedos pulgar e índice. Si las bolitas son tan fuertes que ninguna se puede romper, el suelo tiene suficiente arcilla para ser usado en la construcción con adobe, siempre y

cuando se controle la microfisuración del mortero debida al secado. Si algunas bolitas se rompen, el suelo es inadecuado, ya que le falta arcilla y deberá descartarse.

- Agregar al barro, especialmente al usado para hacer el mortero, la máxima cantidad de paja que permita una trabajabilidad aceptable.
- En caso de no haber paja disponible, se deberá realizar el ensayo de control de fisuración, consistente en fabricar dos o más emparedados (dos bloques unidos por mortero) usando bloques de adobe existentes y mortero del suelo en estudio. Luego de 48 horas de secado a la sombra, los emparedados se abren cuidadosamente y se examina el estado del mortero. Si el mortero no se encuentra visiblemente fisurado, el suelo es adecuado para la construcción. En caso contrario, se podrá usar arena gruesa (de 0.5 a 5 mm. aproximadamente) como aditivo para controlar la fisuración de secado. Si tampoco hay arena gruesa disponible, el suelo deberá descartarse.
- La proporción suelo/arena más adecuada se determina realizando el ensayo de control de fisuración fabricando por lo menos ocho emparedados, con morteros hechos con mezclas en distintas proporciones de suelo y arena gruesa. Se recomienda que las proporciones suelo: arena gruesa varíen entre 1:0 y 1:3 en volumen. El emparedado con el menor contenido de arena gruesa que, al abrirse a las 48 horas ya no muestre fisuras visibles en el mortero, indicará la proporción de suelo/arena más adecuada para la construcción con adobe.

b. Procedimiento Constructivo

Algunas recomendaciones constructivas que se desprenden de la experiencia adquirida en esta investigación son:

- Remojar los bloques antes del asentado, colocándolos sobre aproximadamente 1/2 a 1 cm de agua, o saturándolos por cualquier otro procedimiento. Humedecer por lo menos las dos caras horizontales durante 10 a 15 minutos.
- Utilizar los bloques a la menor edad posible que permita su maniobrabilidad, pues al poseer los bloques un mayor contenido de humedad, disminuye su avidez por el agua del mortero.

Otras recomendaciones, de orden más general, que parece conveniente mencionar son: eliminar las materias extrañas al suelo, mezclar el barro uniformemente, procurar secar los bloques a la sombra, limpiar los bloques antes del asentado, confeccionar juntas uniformes y completas y verificar la verticalidad de los muros.

8. ESTRATEGIAS DE DIFUSION DE LA TECNOLOGIA DE ADOBE

Con la finalidad de reformular las ideas acerca de la difusión de la tecnología de la construcción con adobe, un equipo de Antropólogos y Sociólogos de la Pontificia Universidad Católica del Perú desarrolló encuestas de campo en los alrededores de tres zonas urbanas y cuatro rurales del Perú.

Se encontró que, en general, no es posible determinar una única solución al problema, pues las posibilidades para la difusión son extraordinariamente variadas. parecen complementarse entre sí, y dependen en cada caso de las condiciones locales. Sin embargo se llegó a las siguientes recomendaciones de orden general:

a. *Zonas Urbanas*

Dentro del contexto urbano, la construcción con adobe se realiza primordialmente en los llamados "Pueblos Jóvenes" alrededor de las grandes ciudades y en las poblaciones más pequeñas. La metodología de difusión, orientada a un usuario alfabeto parece más uniforme. Puesto que el uso de albañiles para la construcción es bastante generalizado, los programas de diseminación dirigidos a la comunidad deberán tener como objetivo afianzar la aceptación de la construcción con adobe, basada en una tecnología mejorada. Los métodos de difusión propuestos son:

- Programas de radio y televisión, complementados con un sistema de consultas por correo.
- Cursos para albañiles (adoberos). Distribución de un folleto especializado. Institucionalización de algún tipo de diploma o certificado oficial de reconocimiento.
- Cursos comunales en escuelas para adultos, escuelas técnicas, asociaciones vecinales; etc. Distribución de un folleto "popular" de divulgación.

b. *Zonas Rurales*

En las zonas campesinas, la construcción con adobe se realiza tanto por el mismo usuario, como a través de trabajo comunal. La metodología de difusión deberá en estos casos ser más variada, dependiendo de la organización y costumbres tradicionales de cada comunidad. Se proponen las siguientes alternativas:

- Cursos tanto para albañiles de adobe como para el público en general, a través de las Asociaciones Agrarias o Asociaciones Cooperativas y en coordinación con los programas de educación agrícola existentes. Distribución de folletos técnicos.

- Programas de radio.
- Distribución de folletos "populares" de divulgación, a través de instituciones gubernamentales, religiosas o educativas.

Parece que la difusión más efectiva podría hacerse en los lugares donde hubiere mayor potencial para la construcción. En particular, resultaría especialmente conveniente desarrollar programas educativos acelerados en las zonas de rehabilitación de desastres naturales.

RECONOCIMIENTO

La realización del Proyecto de Investigación fue posible gracias al financiamiento de la Agencia para el Desarrollo Internacional (US/AID).

Los autores agradecen la invaluable asesoría que el Profesor Povindar K. Mehta, de la Universidad de California, Berkeley, prestó durante el desarrollo de los trabajos.

El estudio sociológico-antropológico fue desarrollado por los Dres. Juan Ossio y Oswaldo Medina. Los autores agradecen su colaboración.

Se agradece asimismo el esfuerzo de los Investigadores Asistentes Gladys Villa García y Juan Ginocchio y la colaboración del personal del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

REFERENCIAS

1. Corazao, M., Blondet, M. "Estudio Experimental del Comportamiento Estructural de las Construcciones de Adobe frente a Solicitaciones Sísmicas". Premio Sayhuite, Banco Peruano de los Constructores, Lima, 1973.
2. Blondet, M., Vargas, J. "Investigación sobre Vivienda Rural". Pontificia Universidad Católica del Perú - Convenio Ministerio de Vivienda, 1978.
3. Vargas Neumann, J. "Vivienda Rural en Adobe". Publicación DI-78-01, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1978.
4. Vargas Neumann, J., Ottazzi, G. "Investigaciones en Adobe". Publicación DI-81-01, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1981.
5. Vargas Neumann, J. "Albañilería de Adobe con Variaciones de Mortero". Publicación DI-79-02, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1979.

6. Ottazzi, G., Vargas Neumann, J. "Investigación Comparativa sobre la Resistencia del Adobe". IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Chiclayo, 1982.
7. Clifton R., James "Preservation of Historic Adobe Structures". NBS—Technical Note 934, US Department of Commerce/National Bureau of Standards, 1977.
8. Vargas Neumann, J. et. al. Informe Final, Proyecto AID/PUCP "Edificaciones de Adobe en Areas Sísmicas", 1983.

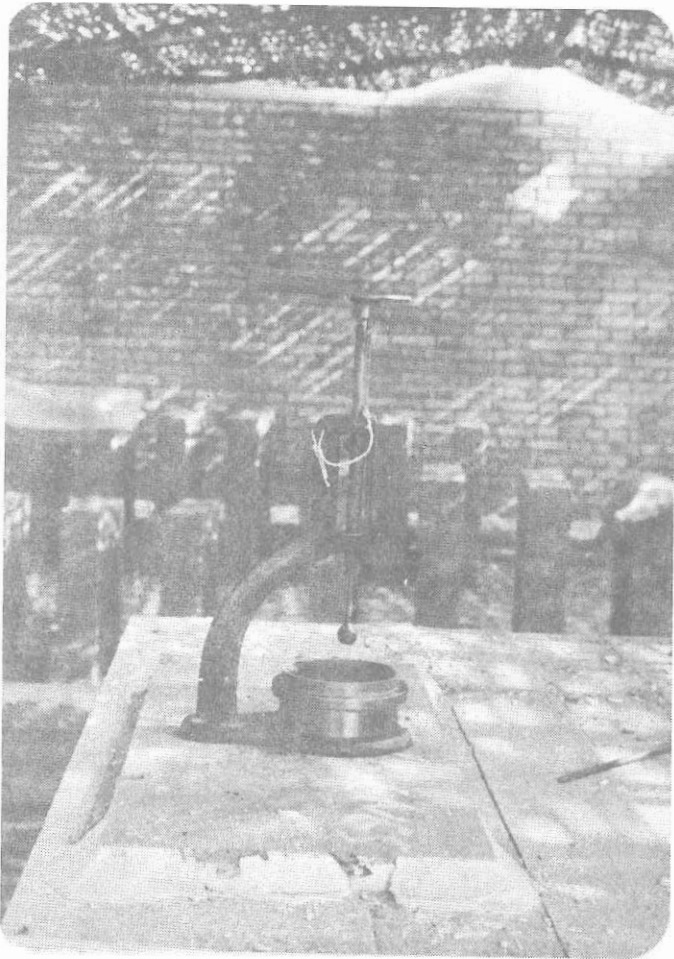


FIG. 1 APARATO DE VICAT MODIFICADO

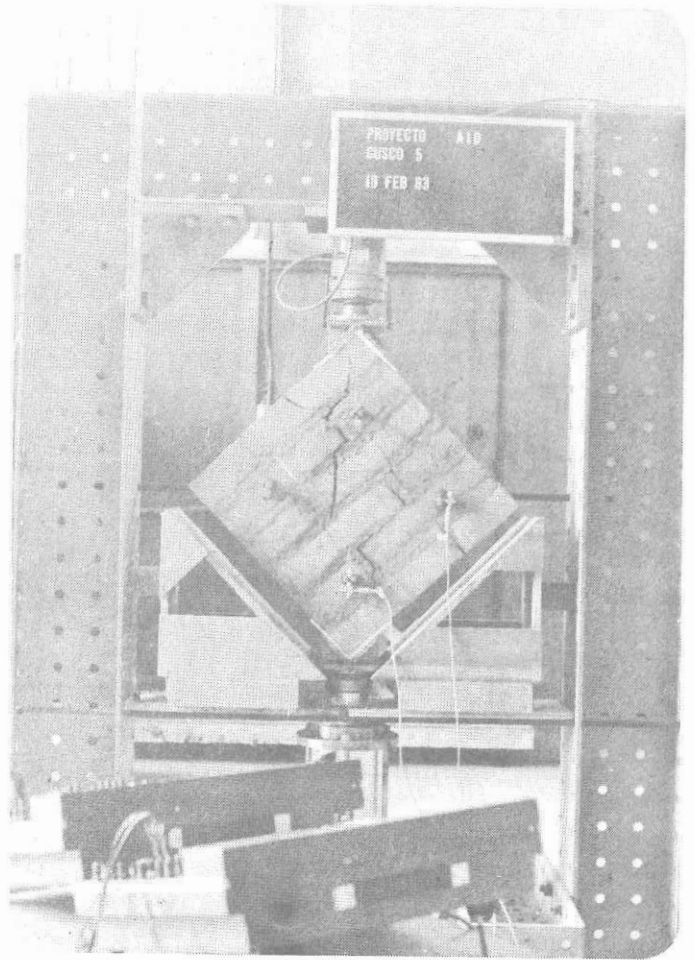


FIG. 2 ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL

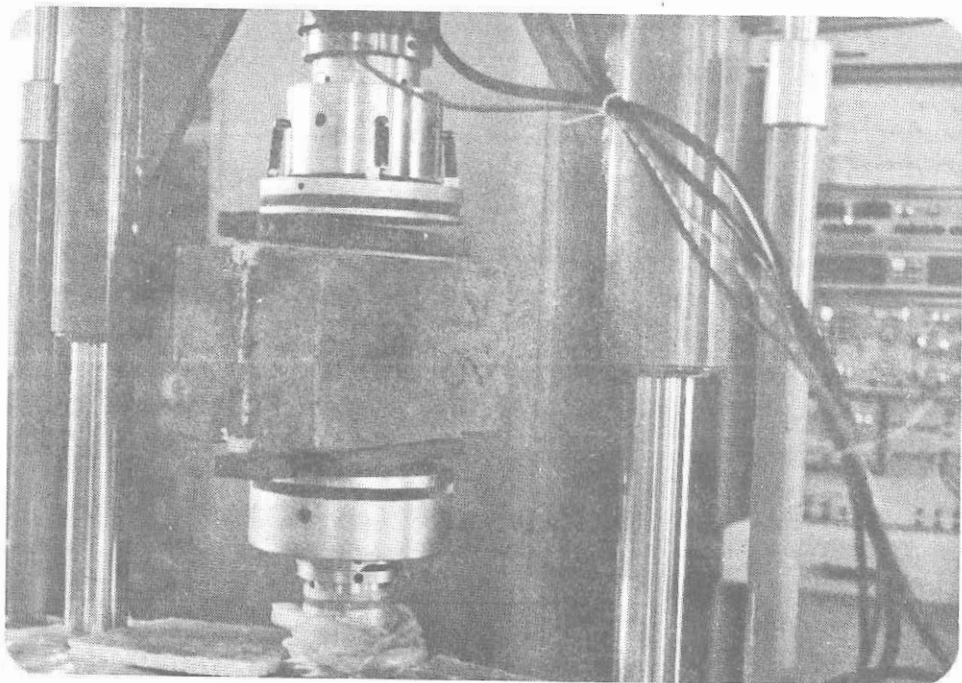


FIG. 3 ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA

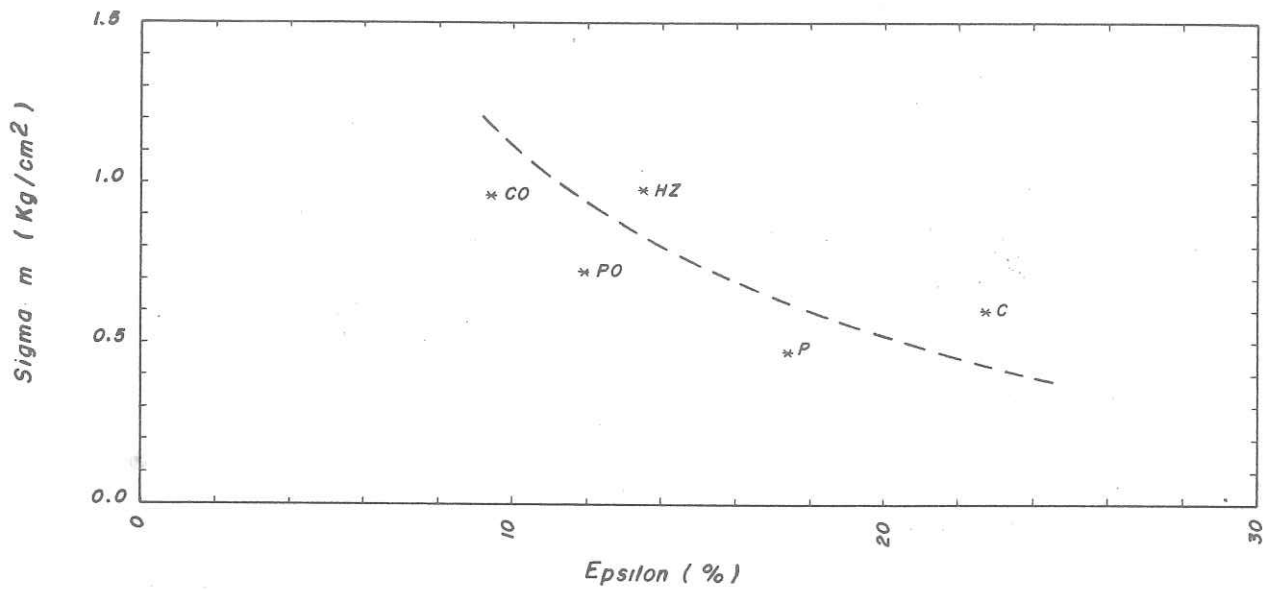


Fig. 4 COMPRESION DIAGONAL vs CONTRACCION VOLUMETRICA DEL BLOQUE

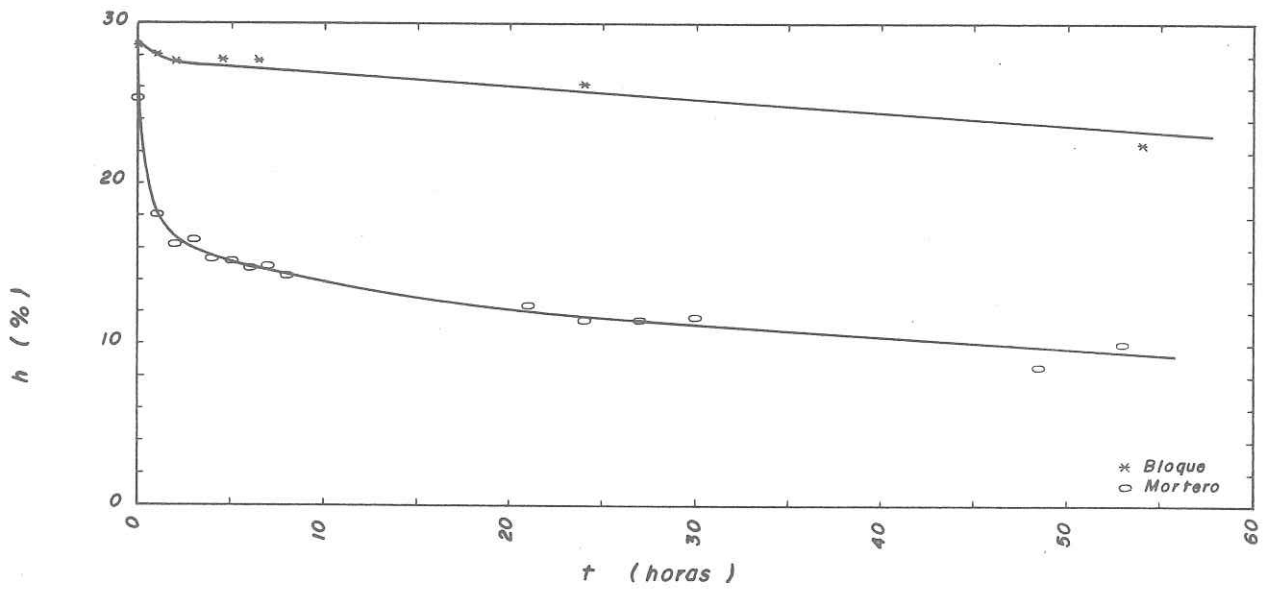


Fig. 5 PORCENTAJE DE HUMEDAD vs TIEMPO Mortero y Bloque.

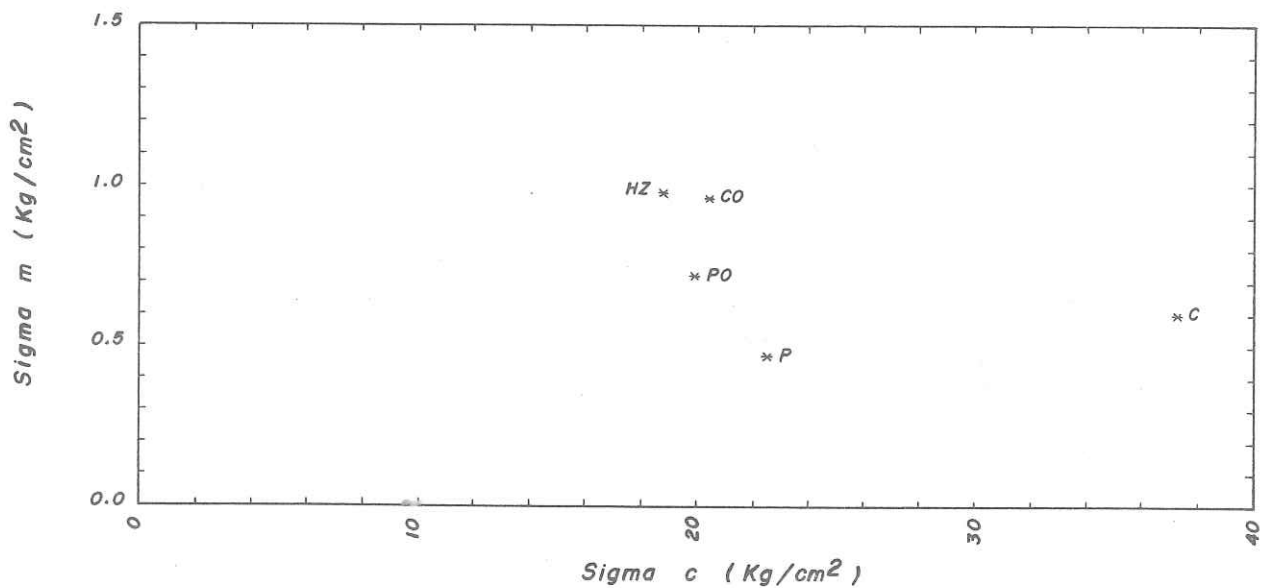
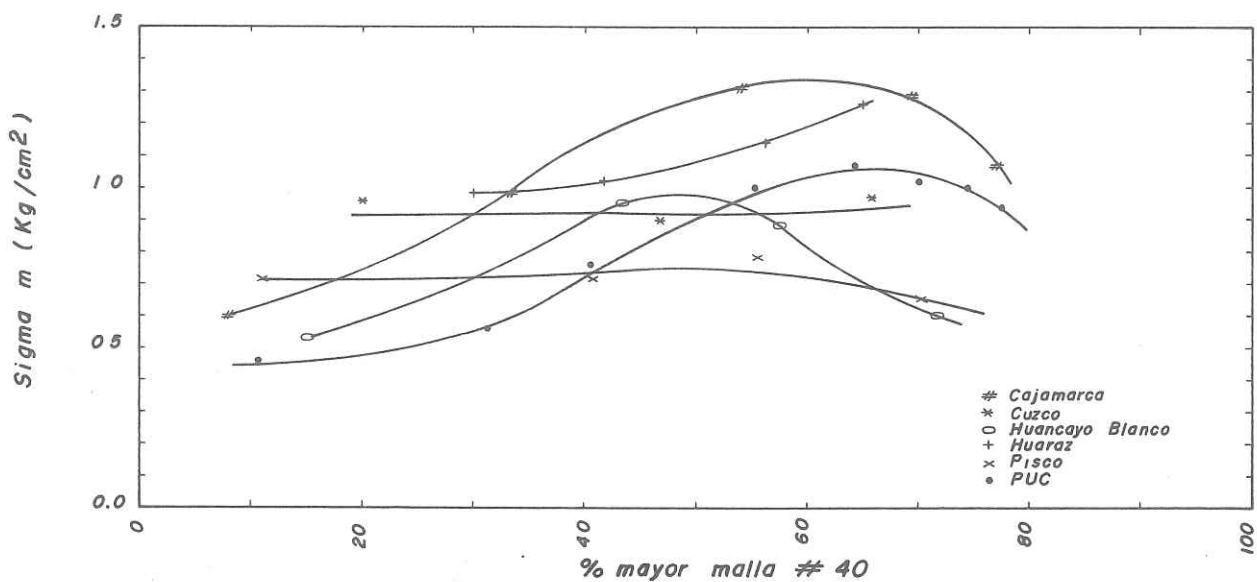
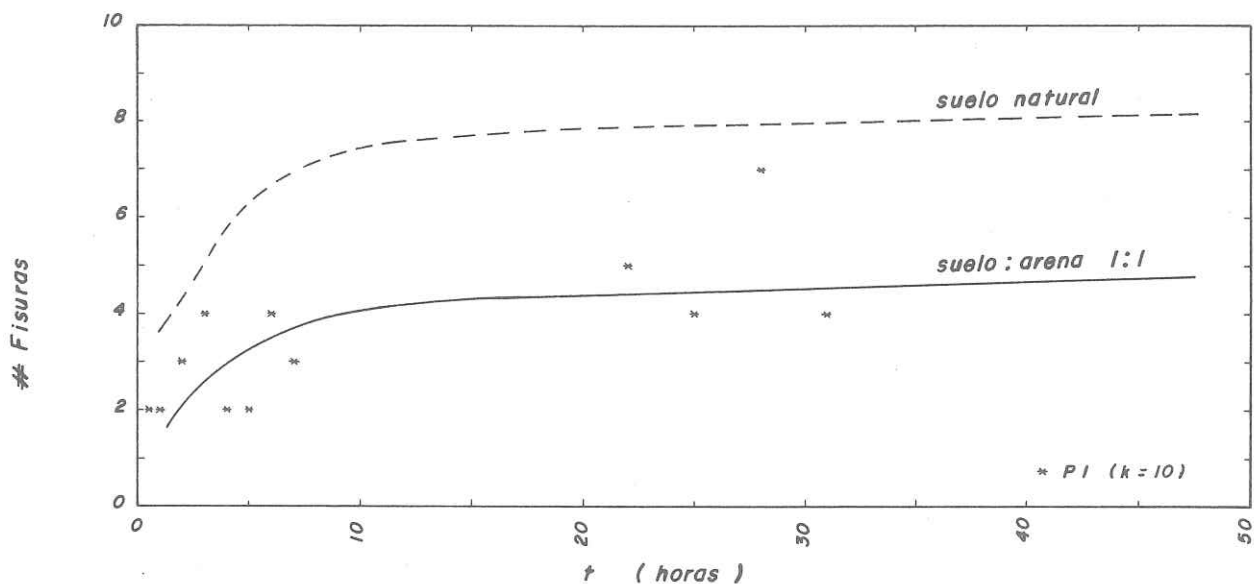
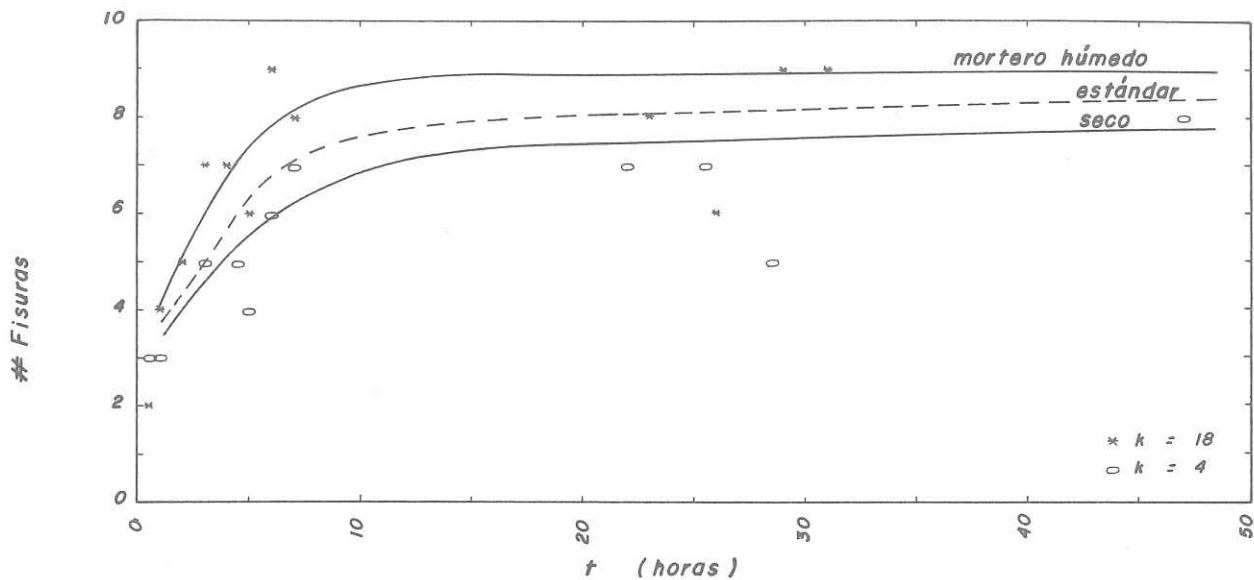


Fig. 6 COMPRESION DIAGONAL vs COMPRESION DEL BLOQUE.



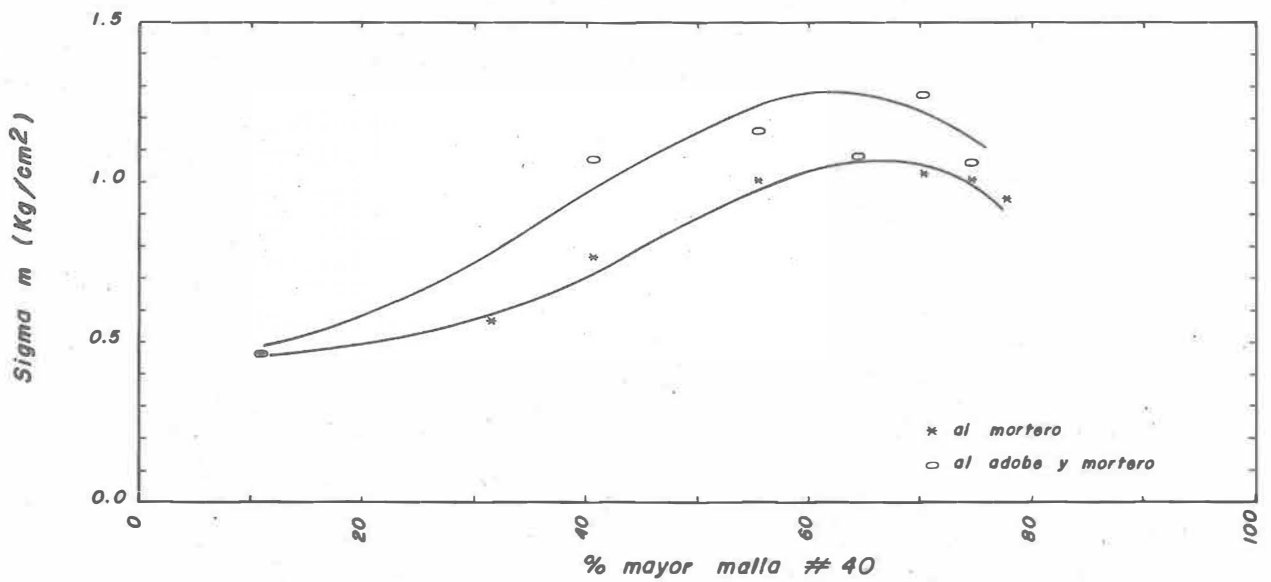


Fig. 10 EFECTO DE ADICION DE ARENA GRUESA AL SUELO PUC

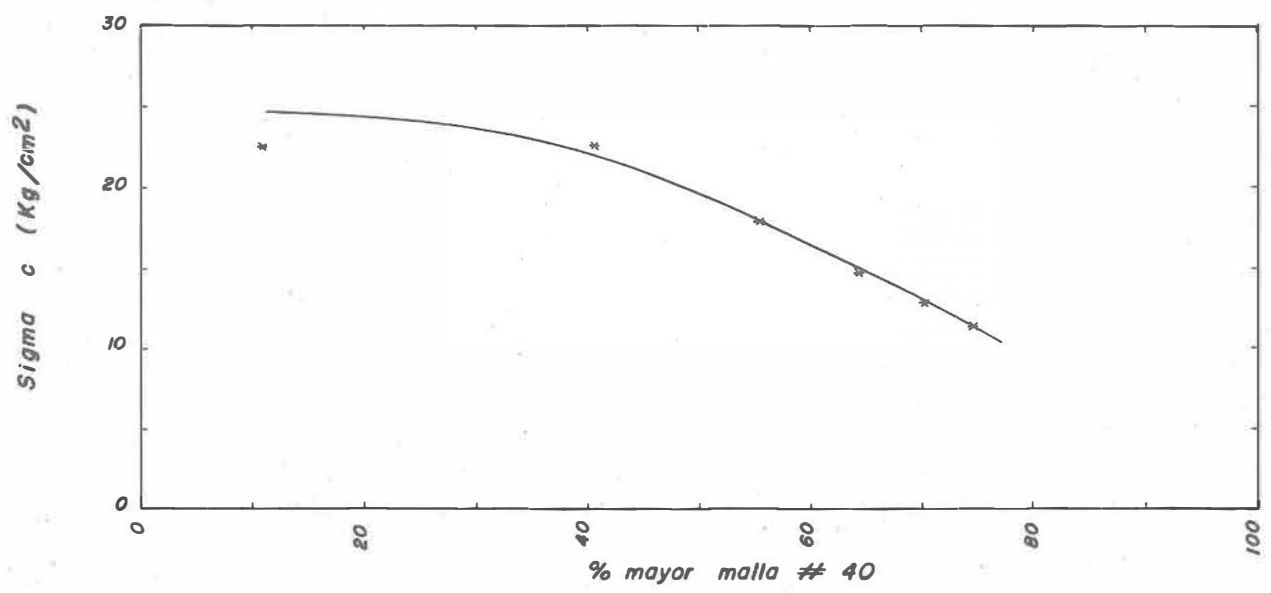


Fig. 11 EFECTO DE ADICION DE ARENA GRUESA EN LA RESISTENCIA DE LA UNIDAD

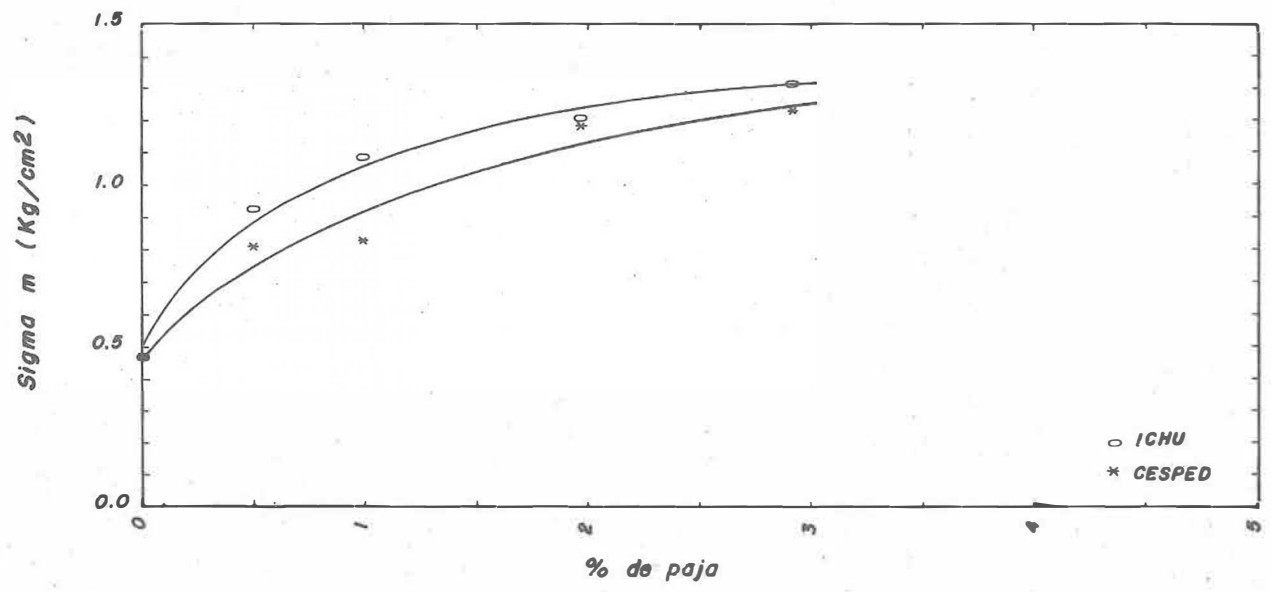
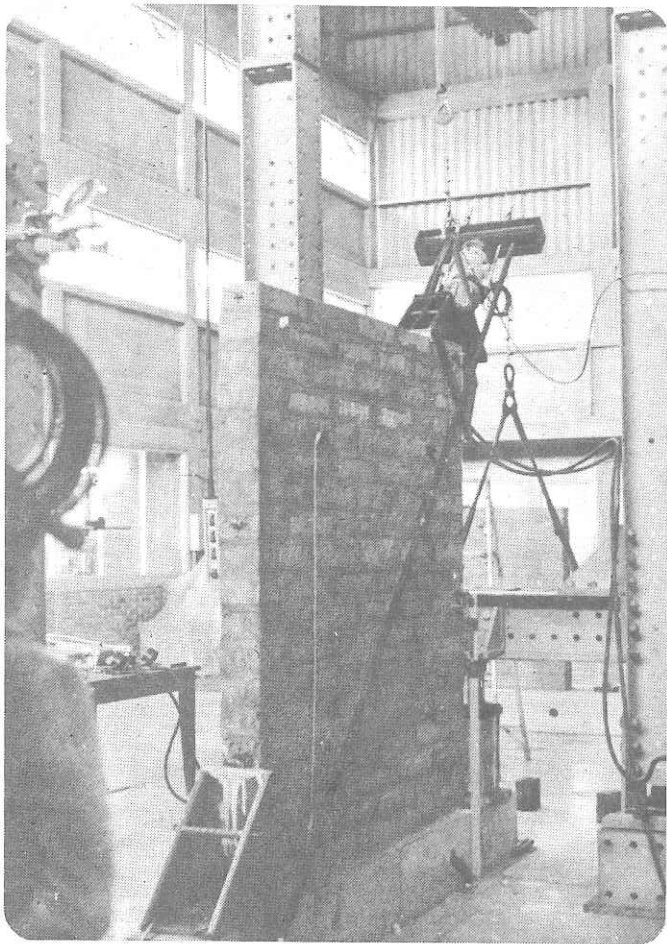
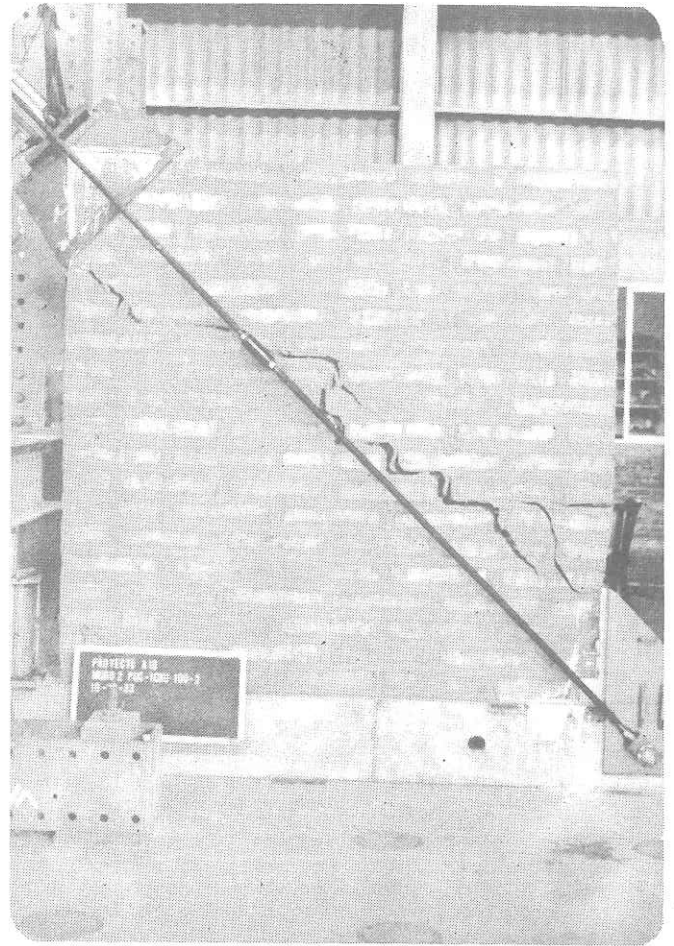


Fig. 12 EFECTO DE ADICION DE ICHU O CESPED AL MORTERO PUC



(a)



(b)

FIG. 13 ENSAYO DE CORTE EN MUROS A ESCALA NATURAL

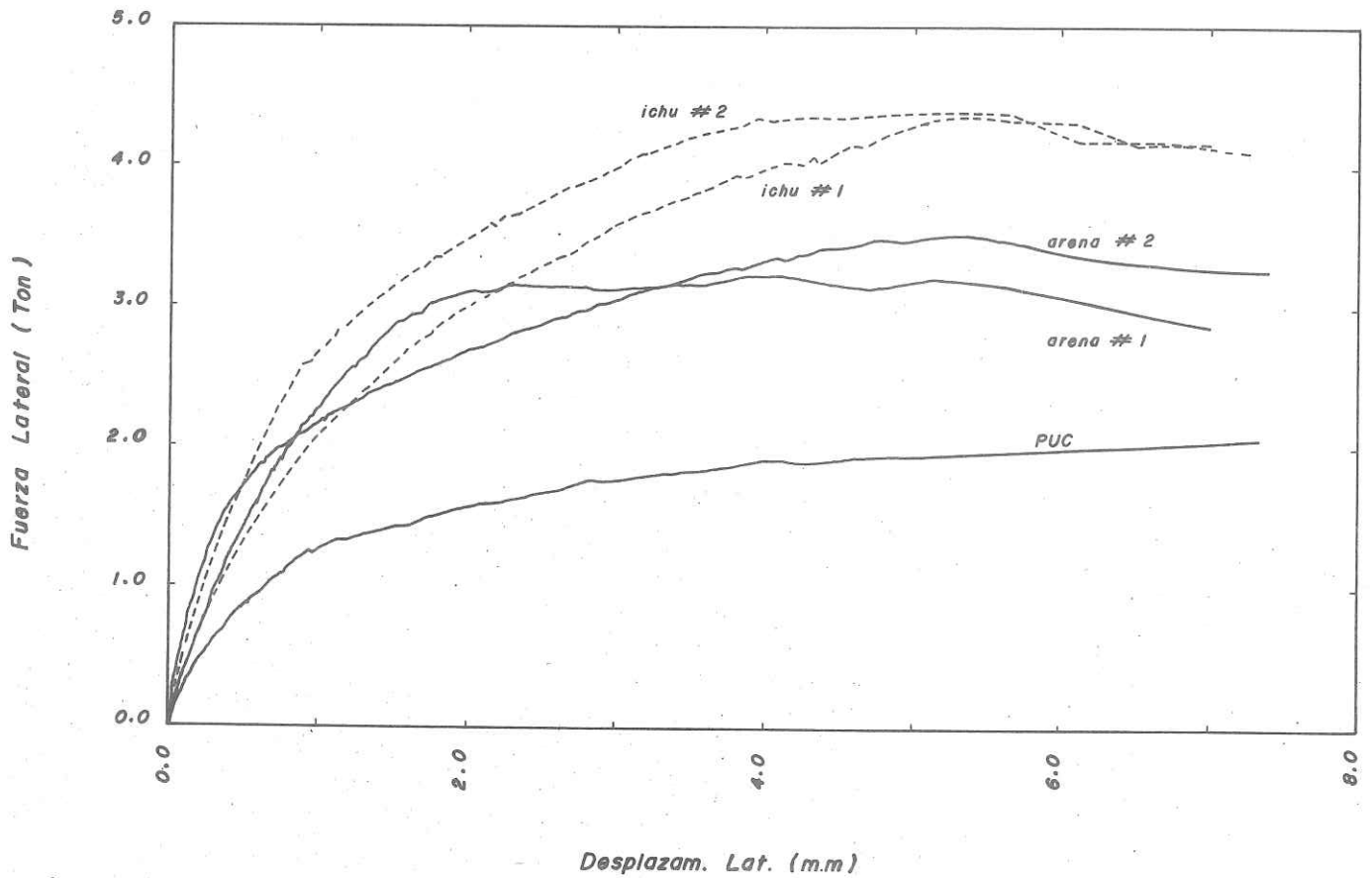


Fig. 14 MUROS A ESCALA NATURAL