

Respuesta Sísmica de Muros de Mampostería Confinada

*Sergio M. Alcocer¹, Kazuhiko Ishibashi², Fermín León³
Roberto Meli⁴, Lorenzo Sánchez³ y Tomás A. Sánchez³*

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de una serie de ensayos de estructuras a base de muros de mampostería confinada. Los modelos, de un nivel, fueron diseñados y construidos según la práctica actual. La variable experimental fue el grado de acoplamiento a flexión entre los muros, y por tanto, la forma de la abertura entre ellos (puerta o ventana). Los resultados indican que el grado de acoplamiento no modificó el modo de falla de los modelos, el cual estuvo controlado por la falla al corte de los muros de mampostería. La carga de agrietamiento diagonal de los muros fue similar para todos los especímenes, independientemente de la forma de la abertura. Además, los modelos alcanzaron una resistencia 75% superior, en promedio, a la calculada usando las actuales normas para estructuras de mampostería. Aunque el tipo de acoplamiento tuvo un efecto significativo en la rigidez inicial de los modelos, la tendencia en la degradación de rigidez durante la prueba fue semejante en todos los ensayos.

Introducción

Los programas de construcción de vivienda de interés social de los diversos organismos públicos dedicados al problema, usan generalmente proyectos tipo de edificios multifamiliares, principalmente de cinco pisos y construidos con sistemas tradicionales. Se usan losas de concreto coladas en el lugar o semiprefabricadas y, muros de carga de tabique o bloque, generalmente confinados con castillos y dadas de concreto, y que en ocasiones son reforzados en el interior si se usan piezas huecas.

El comportamiento sísmico de estos edificios ha sido generalmente satisfactorio, sobre todo en la Ciudad de México; sin embargo, se han tenido casos de daños significativos, especialmente en construcciones en la costa del Pacífico cercanas a epicentros de sismos de magnitud elevada (ref. 1). Por otra parte, los nuevos reglamentos de construcciones que han entrado en vigor después de 1985 (refs. 2,3,4) contienen requisitos de diseño sísmico mucho más severos que los anteriores, lo que hace que la mayoría de los proyectos tipo, usados tradicionalmente para vivienda económica multifamiliar, requieran de modificaciones sustanciales para cumplir con las nuevas disposiciones.

Existe un número significativo de estudios sobre las propiedades estructurales de los muros de mampostería (refs. 5,6), que han servido de base para los procedimientos de diseño vigentes. Sin embargo, no se tienen ensayos de sistemas completos y a escala natural que permitan comprobar el comportamiento sísmico de las estructuras en cuestión. Por el carácter repetitivo de los proyectos de vivienda y por el gran número de edificios similares que se tienen que construir en las zonas de mayor riesgo sísmico del país, es importante contar con una verificación experimental de su seguridad sísmica que conduzca a las modificaciones necesarias a los sistemas actuales.

¹Jefe del Area de Ensayes Sísmicos, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, D.F.

²Asesor y Experto Japonés, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, D.F.

³Investigador del Area de Ensayes Sísmicos, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, D.F.

⁴Coordinador de Investigación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, D.F.

En el Centro Nacional de Prevención de Desastres se lleva a cabo un proyecto de investigación sobre vivienda económica. El programa incluye estudios analíticos y experimentales en modelos a escala natural de mampostería confinada. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la primera etapa del proyecto, que consistió en el ensayo de tres especímenes. Cada modelo estaba compuesto de dos muros de tabique recocido ligados entre sí por losas o, por losas y pretiles. Los sistemas fueron ensayados aplicando una ley de cargas cíclicas que simulan el movimiento sísmico.

Programa Experimental

Dimensiones y materiales de los modelos

Los modelos fueron diseñados y construidos siguiendo los lineamientos de la ref. 4. Los especímenes consistieron en dos muros ligados entre sí, para los cuales la variable experimental era el tipo de acoplamiento a flexión entre ellos. En la figura 1 se muestran las dimensiones de las estructuras. En el primer modelo, W-W, prácticamente no hubo acoplamiento a flexión. Los muros estaban únicamente conectados por medio de barras corrugadas de acero de alta resistencia que transmitían la fuerza lateral entre ellos. En el segundo modelo, WBW, los muros estaban ligados por una dala y una losa de concreto colados in situ, creando una abertura en forma de puerta. El tercer espécimen, WWW, tuvo un grado de acoplamiento mayor, ya que contó con pretiles, de manera que la abertura tenía la forma de ventana. Los muros fueron construidos con tabique recocido. La resistencia de diseño del concreto de los castillos, dalas y losas fue de 200 kg/cm^2 . Para la liga entre los tabiques se empleó un mortero con relación volumétrica cemento:arena de 1:3 (el cual corresponde a un mortero del tipo I según la ref. 4). Para el armado longitudinal de los castillos, dalas y losa, se usaron barras corrugadas con resistencia nominal a la fluencia de 4200 kg/cm^2 . Para los estribos de los castillos y dalas, se usó alambrión del #2 con esfuerzo nominal de fluencia de 3000 kg/cm^2 . Las dimensiones y armados de castillos, dalas y losas fueron iguales para todos los especímenes. Los castillos, de sección $15 \times 15 \text{ cm}$, fueron armados longitudinalmente con 4#3. Los estribos se colocaron a cada 20 cm, pero la separación se redujo a 7 cm en los 35 cm extremos. Se usaron dalas de $15 \times 25 \text{ cm}$ de sección, las cuales fueron reforzadas con 4#4. Los estribos de la dala fueron colocados a cada 20 cm. En la dirección larga, la losa fue armada con un lecho de 6#3 a cada 20 cm. En la dirección corta, la losa se reforzó con bastones del #4 a cada 20 cm. El espesor de las losas fue de 10 cm, con un ancho en la dirección corta de 1.2 m. Los castillos y muros fueron desplantados sobre vigas de cimentación de concreto reforzado. Los modelos fueron elaborados en el Laboratorio de Ensayes Sísmicos del CENAPRED usando el método constructivo tradicional de mampostería confinada.

Ensaye e historia de carga

Los modelos fueron densamente instrumentados con deformímetros eléctricos, transductores de desplazamiento y celdas de carga. La instrumentación permitió evaluar el comportamiento de algunos componentes de las estructuras. La carga lateral fue aplicada con un actuador hidráulico de tipo estático. Para simular durante las pruebas las cargas gravitacionales, se aplicó un esfuerzo constante de compresión de 5 kg/cm^2 . Este valor puede considerarse como típico en edificios de vivienda económica. La lectura de los canales de información y el control de la prueba se hicieron con un equipo automático de adquisición y una computadora personal.

Los especímenes fueron ensayados aplicando cargas laterales alternadas. En cada ciclo se aplicaron varias etapas de carga, en las cuales se leyeron los canales de información. Las historias de carga tuvieron dos fases: en la primera, las pruebas fueron controladas por carga, con cortantes máximos de 5 ton, 10 ton, 18 ton y el que produjera el agrietamiento diagonal inicial. En la segunda fase, controlada por desplazamiento después del primer agrietamiento diagonal, se aplicaron varios ciclos crecientes con distorsiones de hasta 0.012. Para fines de esta investigación se

define como distorsión al desplazamiento lateral medido en la losa por un transductor, dividido por la altura de dicho instrumento desde la viga de cimentación. Para facilitar la interpretación de resultados y la comparación de las respuestas de los modelos, se trató de aplicar la misma ley de cargas en los tres ensayos. Sin embargo, cuando se agrietaron súbitamente los muros, se registraron distorsiones que fueron diferentes para los tres modelos.

Resultados

Patrones de agrietamiento

En la figura 2 se muestran los patrones finales de agrietamiento en los tres modelos. El daño en los especímenes estuvo dominado por el agrietamiento diagonal de los muros. Las primeras grietas diagonales aparecieron cerca de las esquinas de los muros y progresaron hacia el centro de éste con el desarrollo de la prueba. En general, los muros mostraron una o dos grietas anchas en cada diagonal (en forma de X) y casi ningún agrietamiento importante apareció en el resto del muro. La única excepción fue el modelo W-W que mostró grietas mejor distribuidas en los muros. Aunque algunos tramos de las grietas seguían las juntas entre el mortero y tabique (en forma de escalera), la mayoría atravesaban los tabiques. Esto indica que la resistencia a tensión de los tabiques era menor que la adherencia entre el mortero y tabique. En los ciclos posteriores a la formación del agrietamiento en X, se desarrolló un mecanismo cinemático en el que el bloque situado arriba de la grieta diagonal deslizó con respecto al bloque inferior, causando el aplastamiento de los tabiques. En ningún modelo se observó aplastamiento del mortero. En los tres especímenes se observaron algunas grietas verticales en la entrecara del muro y los castillos extremos. Es importante destacar que no aparecieron grietas en los sistemas de piso (losas y dalas) de los tres modelos.

La influencia del tipo de abertura en los patrones de agrietamiento puede ser observada al comparar las figuras 2b y 2c correspondientes a los muros WBW y a WWW, respectivamente. Las grietas diagonales principales se iniciaron desde las esquinas de las aberturas hacia las esquinas diagonalmente opuestas. Es interesante hacer notar que los pretilos de WWW no se agrietaron. Algunos tabiques en la intersección de las grietas diagonales principales mostraron aplastamiento y desconchamiento a distorsiones de 0.006.

En los modelos WBW y WWW, las grietas diagonales principales penetraron en los castillos que delimitaban la abertura (figura 2). El daño fue especialmente notable hacia los últimos ciclos de la prueba, en los cuales se registraron grietas de hasta 1 cm de ancho y se observaron grandes deformaciones en las varillas de los castillos. El daño fue característico de articulaciones plásticas. Las grietas se extendieron hasta 20 cm fuera de la zona reforzada con estribos a cada 7 cm. Los castillos extremos de los tres modelos mostraron únicamente algunas grietas por flexión, distribuidas en su altura. Hay que hacer notar que los castillos extremos estaban rodeados en tres de sus cuatro lados por el muro y mochetas de tabique, por lo que no pudo observarse si algunas grietas penetraron en los castillos.

Comportamiento histerético

En la figura 3 se muestran las respuestas de los modelos en términos del cortante de entrepiso versus distorsión. Para fines comparativos, las gráficas se presentan a la misma escala. En las figuras se señalan la resistencia calculada, usando las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del RDF-87 (ref. 4). Para la capacidad teórica, se usaron las dimensiones (ancho de los tabiques y longitud de los muros) medidas en el modelo y la carga vertical de compresión aplicada durante las pruebas (25 ton). El punto del agrietamiento diagonal inicial también se muestra en la figura. Los lazos histeréticos fueron característicos de muros de mampostería confinada, en los cuales después del agrietamiento diagonal, se observó la degradación de rigidez y resistencia. Durante los ciclos previos al agrietamiento, los modelos exhibieron una respuesta elástica-lineal. La etapa de comportamiento no lineal se inició una vez que los muros se agrietaron; en ella, los ciclos exhibieron buena

disipación de energía, lo que se explica por el deslizamiento relativo de los bloques y el aplastamiento de los tabiques. En la tabla 1 se presentan los cortantes de diseño, y los cortantes de agrietamiento y máximos medidos experimentalmente. Se observa que después del agrietamiento diagonal inicial, los modelos resistieron un cortante mayor. Esto es atribuido a la reserva de capacidad existente hasta la formación de la grieta completa en forma de X. La presencia de los castillos y dalas no influyó apreciablemente para que se alcanzara una mayor resistencia. Sin embargo, los castillos y dalas permitieron que los especímenes disiparan energía en forma más estable y que presentaran degradación de rigidez y resistencia menos acelerada que si no se contara con ellos. De los valores de la tabla 1 se observa que, para todos los modelos, los cortantes de agrietamiento y máximos medidos fueron superiores a la capacidad, obtenida según las normas vigentes. Es importante destacar que para casi todos los ciclos, la resistencia alcanzada fue igual o mayor que la capacidad calculada según RDF-87. Este resultado indica la buena capacidad de deformación de los modelos para mantener una carga superior a la resistencia teórica aún a distorsiones elevadas. La prueba del modelo WBW se decidió terminar después de aplicar tres ciclos a una distorsión de 0.006, ya que la resistencia en esos ciclos había disminuido notablemente. Si se hubiesen aplicado ciclos a distorsiones mayores, comparables a los aplicados a W-W y WWW, es probable que la carga máxima se hubiese mantenido y, por tanto, el modelo WBW hubiese mostrado una buena capacidad de deformación semejante a la de los otros especímenes.

Las envolventes de respuesta de los ciclos positivos se presentan en la figura 4. Las curvas correspondientes para los negativos muestran un comportamiento similar. En las curvas se identifica el primer agrietamiento diagonal y la primera fluencia durante los ensayos. La primera fluencia se obtuvo de las lecturas de los deformímetros eléctricos instalados en las barras de refuerzo de castillos, dalas y losas. Para todos los modelos, la primera fluencia se registró en la base de los castillos. Se observa que el tipo de acoplamiento en la estructura tuvo un efecto significativo en la rigidez inicial. La rigidez secante de WWW fue 53% mayor que la de WBW, y 68% mayor que la de W-W. Esta rigidez secante fue calculada en los tres modelos, para fines comparativos, del primer ciclo con carga máxima de 18 ton. En la figura 4 también puede notarse que la primera fluencia ocurrió antes que el agrietamiento diagonal inicial sólo para el espécimen W-W. Esto explica la mejor distribución del agrietamiento diagonal asociado a mayores deformaciones por flexión en comparación con los otros dos modelos. Es importante destacar que la distorsión máxima del WBW y del WWW fue 3 y 8.5 veces, respectivamente, la distorsión a la primera fluencia.

Degradación de rigidez

La degradación de rigidez en los modelos se estudió empleando el concepto de rigidez pico a pico, el cual se define gráficamente en la figura 5. En la misma figura se presentan las curvas de rigidez pico a pico contra distorsión para los tres modelos. Es interesante hacer notar el parecido de las curvas para W-W, WBW y WWW. La rigidez de los especímenes decayó más rápidamente en las primeras etapas de carga. La rigidez disminuyó aplicando ciclos a la misma deformación. La aplicación de un nuevo nivel de distorsión redujo aun más la rigidez. La degradación de rigidez es atribuida al agrietamiento y aplastamiento de los muros y los castillos.

Conclusiones

De los resultados obtenidos del ensayo de los tres modelos, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1.** El patrón de agrietamiento y el modo de falla fueron dominados por deformaciones al corte en los muros de mampostería. La forma de la abertura (puerta o ventana) no modificó el modo de falla de los modelos.
- 2.** Independientemente del tipo de acoplamiento, los cortantes de entrepiso correspondientes al agrietamiento diagonal fueron similares en los tres modelos.

3. Las tres estructuras alcanzaron cortantes máximos semejantes, a pesar de la forma de abertura. Los especímenes alcanzaron una resistencia 75% superior, en promedio, a la calculada usando las normas vigentes para estructuras de mampostería. Para estos modelos, la estimación de la resistencia usando las normas resultó ser conservadora.

4. El tipo de acoplamiento influyó en la distorsión a la cual se registró el cortante máximo.

5. Aunque la forma de la abertura tuvo un efecto significativo en la rigidez inicial de los modelos, la tendencia en la degradación de rigidez durante la prueba fue similar para todos los modelos. La rigidez de las estructuras decayó en forma más rápida al inicio del ensaye y disminuyó progresivamente con la aplicación de mayores distorsiones.

6. Se deben estudiar modalidades de refuerzo en el muro que permitan distribuir en forma más uniforme el agrietamiento y, lograr una mayor capacidad de deformación. Además, con ello se contaría con una mayor reserva de capacidad después del agrietamiento inicial.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa de investigación sobre seguridad estructural de vivienda económica, patrocinado por el Instituto Nacional del Fondo para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) y la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA), que se lleva a cabo en el Centro Nacional de Prevención de Desastres. Los autores reconocen a estas instituciones el soporte recibido. Asimismo, los autores agradecen la cooperación y participación del Sr. Pablo Olmos y de los ingenieros Edgardo García y Juan Manuel Velasco en la realización de estos ensayos, y la del Sr. Leonardo Flores en la elaboración de algunas figuras.

Referencias

1. Meli, R., "Diseño Sísmico de Edificios ^{de} Muros de Mampostería. La Práctica Actual y el Comportamiento Observado," Ingeniería Sísmica. México D.F., Sept.-Dic. 1990, pp. 7-28
2. Departamento del Distrito Federal, "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal," Gaceta Oficial del Departamento del D.F., Jul. 6, 1987, 100 pp.
3. Departamento del Distrito Federal, "Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo," Gaceta Oficial del Departamento del D.F., Nov. 5, 1987, 21 pp.
4. Departamento del Distrito Federal, "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería," Gaceta Oficial del Departamento del D.F., Mar. 13, 1989, 19 pp.
5. Hernández, O., y Meli, R., "Modalidades de Refuerzo para Mejorar el Comportamiento Sísmico de Muros de Mampostería," Serie No. 382, Instituto de Ingeniería, UNAM, México D.F., Dic. 1976, 31 pp.
6. Meli, R., "Comportamiento Sísmico de Muros de Mampostería," Serie No. 352, Instituto de Ingeniería, UNAM, México D.F., Abr. 1975, 114 pp.

Tabla 1. Cortantes de Entrepiso de Diseño y Medidos

Modelo	$V_{u,RDF}^1$ [ton]	V_y^2 [ton]	Cortantes de Entrepiso Medidos [ton]					
			Ciclos Positivos			Ciclos Negativos		
			V_{agr}^3	V_{max}^4	$\frac{V_{max}}{V_{u,RDF}}$ [$\frac{V_{agr}}{V_{u,RDF}}$]	V_{agr}^3	V_{max}^4	$\frac{V_{max}}{V_{u,RDF}}$ [$\frac{V_{agr}}{V_{u,RDF}}$]
W-W	15.9	15.8 (0.08)	20.5 (0.1)	28.7 (0.6)	1.81 [1.29]	22.0 (0.12)	30.6 (0.54)	1.92 [1.38]
WBW	15.9	24.5 (0.2)	25.1 (0.12)	27.7 (0.6)	1.74 [1.58]	25.1 (0.12)	25.5 (0.15)	1.60 [1.58]
WWW	15.9	25.6 (0.14)	21.6 (0.07)	25.9 (0.16)	1.63 [1.36]	18.2 (0.05)	28.5 (0.31)	1.79 [1.14]

1 Cortante calculado según la ref. 3, usando las dimensiones medidas de los modelos.

2 Cortante de fluencia correspondiente a la lectura de fluencia en los deformímetros eléctricos del modelo. En paréntesis se presentan las distorsiones, en por ciento, asociadas a la fluencia.

3 Medido al inicio del agrietamiento diagonal. En paréntesis se presentan las distorsiones, en por ciento, asociadas a la cargas de agrietamiento de los modelos.

4 Cortante máximo medido. En paréntesis se presentan las distorsiones, en por ciento, asociadas a la carga máxima medida en los especímenes.

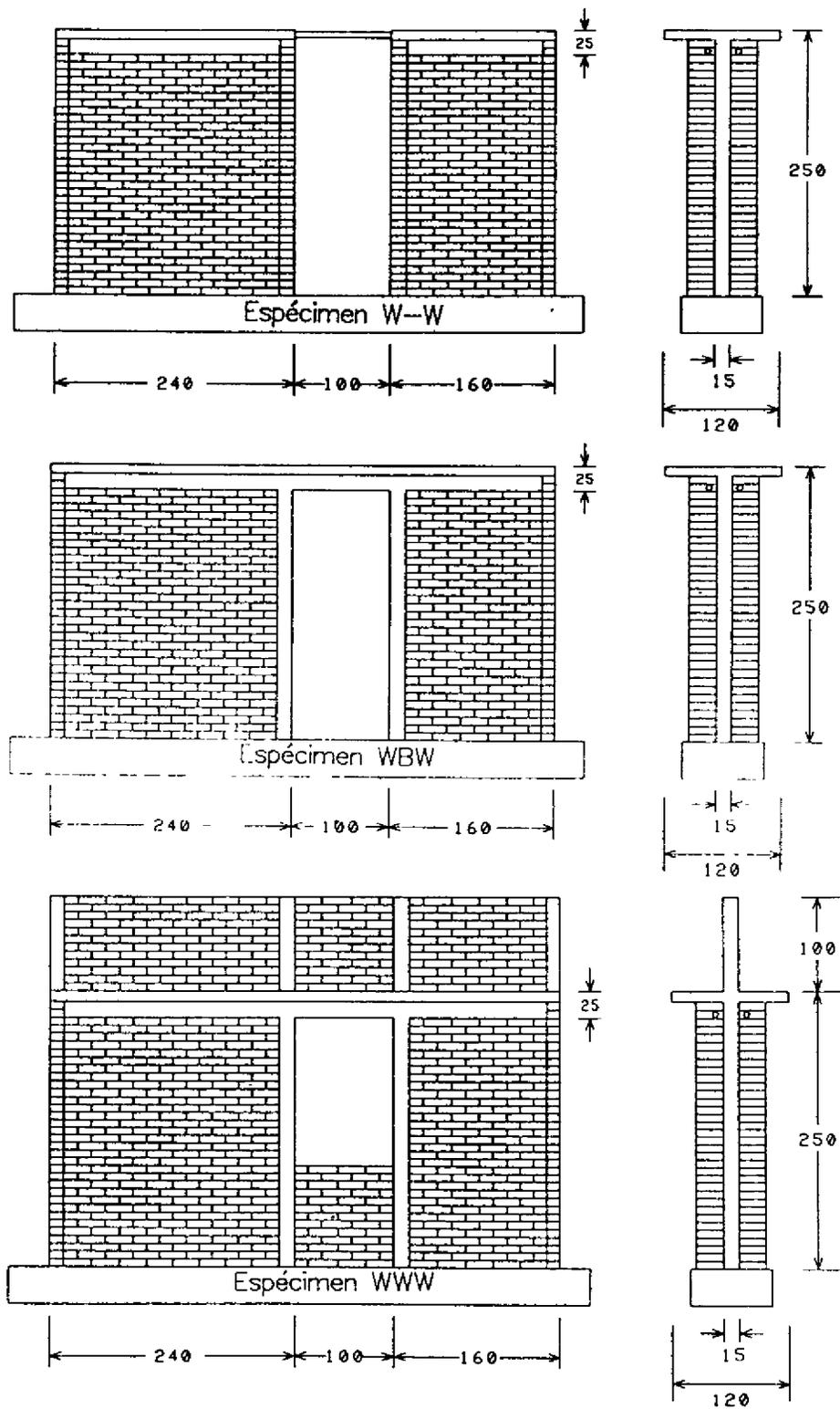


Figura 1. Dimensiones de los modelos (acotaciones en centímetros)

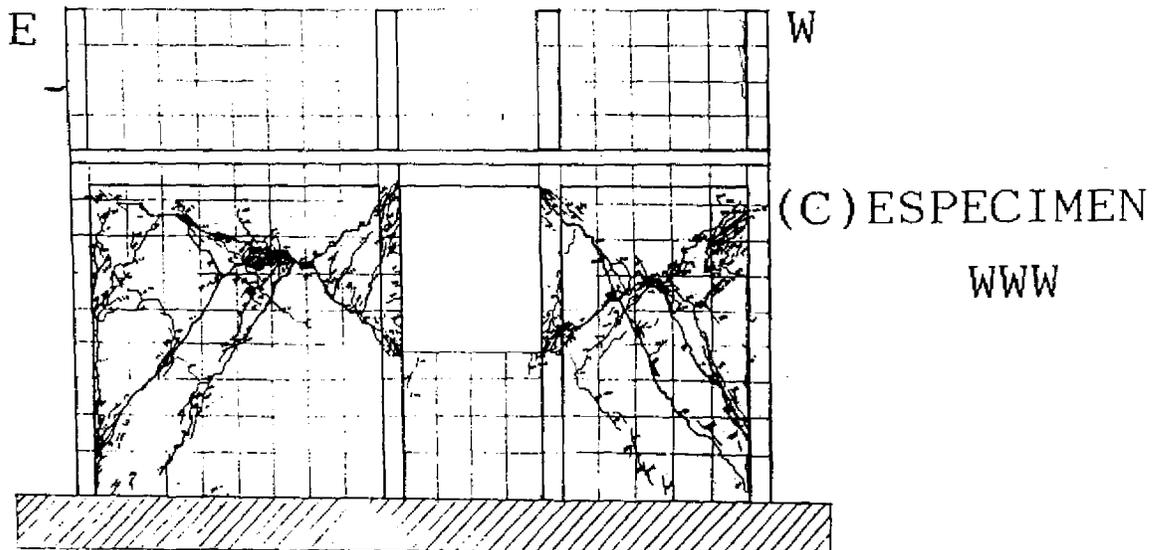
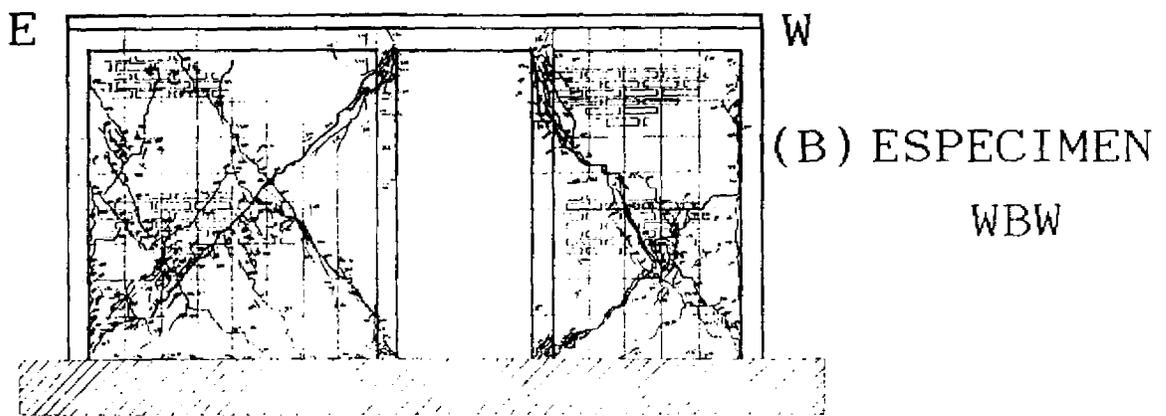
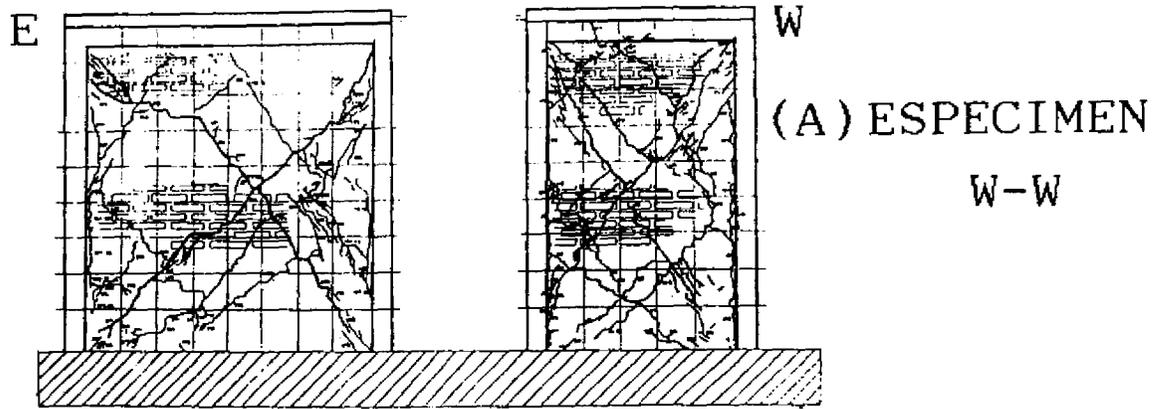


Figura 2. Patrones finales de agrietamiento en los tres modelos

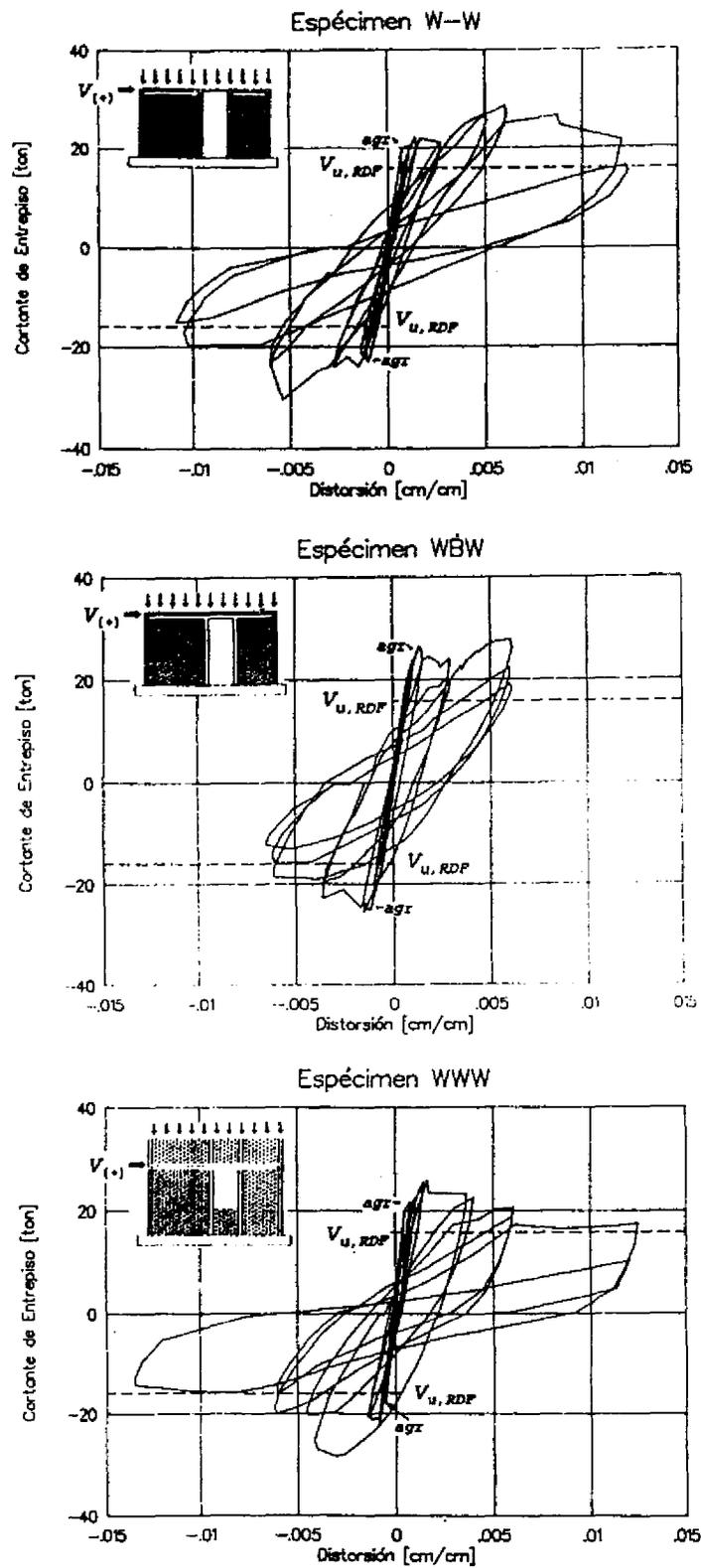


Figura 3. Respuesta histérica de los especímenes

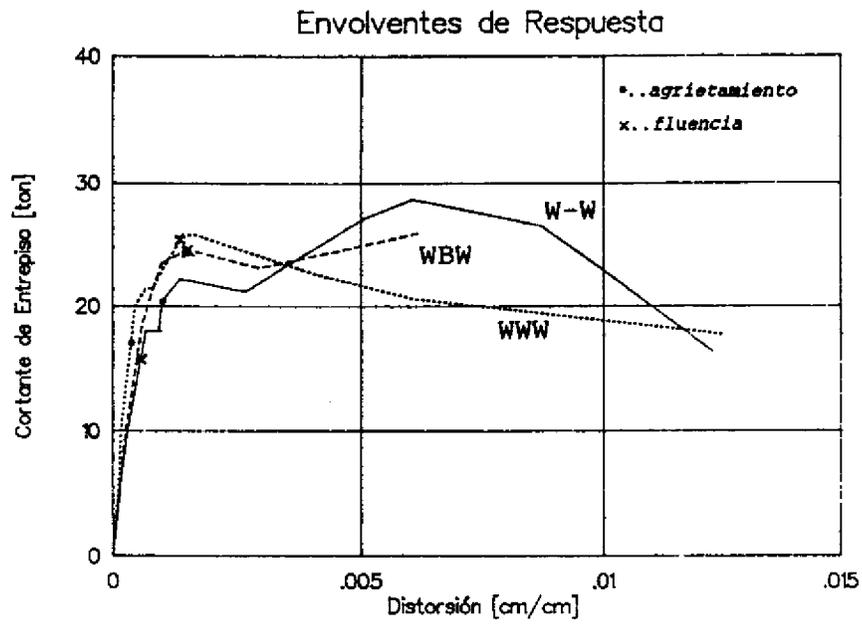


Figura 4. Envolventes de respuesta de los tres modelos

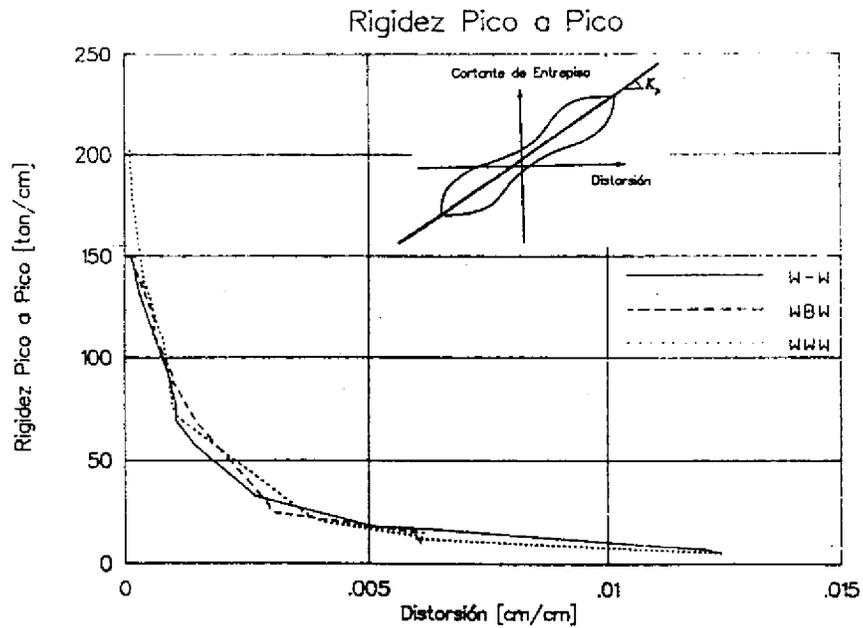


Figura 5. Degradación de rigidez de los especímenes

Tendencias Futuras en Proyectos de Vivienda Económica en México

Punto de Vista de los Constructores

Ing. Jorge Dtez de Bonilla¹

1.- Necesidades de Vivienda 1990-1994^a

"El déficit habitacional del país se estima en el orden de los 6.1 millones de viviendas que corresponde, casi en su totalidad, a viviendas consideradas como inadecuadas en función de su espacio y del tipo de materiales con el que están edificadas. Estas viviendas se ubican principalmente en el medio rural y en los asentamientos periféricos irregulares de nuestras grandes ciudades.

La mayor parte del déficit se conforma por viviendas que requieren de la introducción de servicios y que dado su deterioro necesitan de un mejoramiento sustancial, otra parte por viviendas que debido a su precaria o inadecuada construcción deben ser sustituidas totalmente y una menor proporción por vivienda en donde habitan familias hacinadas y que requieren de una vivienda".

"Durante el periodo 1990-1994 será necesario que los sectores público, social y privado edifiquen poco más de un millón 390 mil nuevas viviendas en condiciones adecuadas de habitabilidad para atender las necesidades derivadas del incremento poblacional y lleven a cabo un millón 542 mil acciones de mejoramiento sustancial de la vivienda existente para evitar que el déficit se incremente.

Además, como es propósito abatir en forma paulatina y sostenida el déficit señalado, será necesario que los tres sectores de la sociedad construyan un número adicional de nuevas viviendas y lleven a cabo acciones de mejoramiento sustancial de las existentes".

"Estas necesidades habitacionales se registrarán con mayor incidencia en las zonas metropolitanas, en las ciudades de la frontera y en los polos de desarrollo turístico o industrial.

El proceso de urbanización del país que ha conducido a que cerca del 80% de la población viva en ciudades, ha acentuado la demanda habitacional en los tres grandes centros de población; área metropolitana de la Ciudad de México, de Guadalajara y de Monterrey, donde se concentra cerca de la tercera parte de la población.

En la mayoría de las ciudades la demanda habitacional rebasa la capacidad de los niveles de gobierno Federal, Estatal y Municipal de dotación de tierra urbana, adecuada infraestructura, servicios públicos y equipamiento urbano indispensable y es ahí donde proliferan las asentamientos irregulares".

2.- Estadística Básica de la Oferta de Vivienda del Sector Público

De 1985 a 1990 los diferentes organismos que integran el sector público financiaron cerca de 300 mil unidades por año (cuadro No. 1), de las cuales más de la tercera parte se realizaron en las áreas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey (cuadro No. 2).

1. Novhogar, S.A.

a. Programa Nacional de Vivienda 1990-1994. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

3.- Fuentes de Financiamiento y Promoción de Vivienda

La vivienda popular se encuentra fundamentalmente financiada por organismos de vivienda como el INFONAVIT, el FOVISSSTE y el FOVIMI para los asalariados, los trabajadores del Estado y los de las Fuerzas Armadas, respectivamente, con recursos provenientes del 5% de su salario que adicionalmente los patrones aportan a esos fondos de vivienda.

Para los trabajadores no asalariados se ha creado el FONHAPO que con recursos fiscales y financiamiento externos provenientes del Banco Mundial apoya promociones habitacionales, principalmente para grupos de no asalariados y de los institutos de vivienda de los Estados de la República.

Las habitaciones promovidas por el sistema financiero de vivienda con recursos de la banca privada representan actualmente más de la tercera parte de la inversión total de los programas oficiales entre los que el FOVI apoya la destinada a familias de menores ingresos.

Existen además otros organismos que apoyan a los trabajadores de Estados y Municipios con el ISSEMYM, en el Estado de México, y AURIS en el propio Estado.

En términos del producto bruto a precios de mercado, la inversión en vivienda del sector público representó el 1.56%. **b** (cuadro 3).

Para 1991 se financiaron 358 mil acciones de vivienda de las cuales 202 mil fueron de vivienda nueva. La distribución por organismos se presenta en el cuadro 4.

El resto de las construcciones para vivienda es realizada en la mayoría de los casos por precaristas que, con recursos propios, atienden de manera inadecuada su demanda y que son los que, ante la falta de opciones habitacionales, ocasionan las invasiones de predios y los asentamientos irregulares.

4.- Problemática de los Desarrollos Habitacionales de Interés Social

El desarrollo de vivienda de interés social presenta los siguientes problemas, tanto para los organismos públicos que la financian como para los desarrolladores particulares.

4.1 Adquisición de tierra apta para vivienda

El exceso crecimiento de las metrópolis hace que la tierra apta escasee y sea relativamente cara, los municipios no tienen los recursos suficientes para dotar de servicios e infraestructura nuevas áreas para el crecimiento de las ciudades y dificultan y obstaculizan el desarrollo de fraccionamientos populares y en muchos casos lo impiden, como en los municipios metropolitanos de la Ciudad de México.

Los terrenos tienen que adquirirse dentro de la oferta de lotes baldíos, cuando se propicia la saturación urbana por las autoridades, y a precios muy elevados que requieren altas densidades para hacerlos financieramente viables. De otra manera se adquirirán en la periferia de las ciudades donde normalmente es indispensable llevar a pie de lote la infraestructura, los servicios y la urbanización, lo que requiere cuantiosas inversiones que en el mayor de los casos solo los organismos públicos pueden hacer.

4.2 Permisos y licencias de construcción

Las licencias de uso del suelo, de urbanización y de edificación son obtenidas a través de trámites lentos y costosos que en ocasiones superan los 2 años y representan presupuestos por cooperaciones al municipio y obras muy considerables.

b. Comportamiento del PIB de la inversión en vivienda del Sector Público, SEDUE 1985-90. Estimaciones CIHAC.

4.3 Costo de viviendas mínimas en zonas metropolitanas superiores a la capacidad de pago de la mayoría de la población demandante que tiene ingresos inferiores a cuatro veces el salario mínimo.

Esto se traduce en recursos financieros disponibles ociosos y de una necesidad y demanda insatisfecha.

En tal virtud se vuelve cada vez más importante la investigación orientada a aumentar la productividad y a reducir los costos.

5.- Expectativas de la promoción habitacional desde el punto de vista de los Constructores.

Como resultado de la política del actual gobierno de controlar la inflación, ésta se ha reducido notablemente en los últimos tres años. Se espera que para el presente año sea del 12 al 15%, ligeramente superior a la meta oficial del 9.7. Se espera, en consecuencia, que se reduzcan las tasas de interés dos puntos arriba de la inflación. Lo anterior disminuirá notablemente los costos de financiamiento de la vivienda y se ampliará el mercado a personas de menores recursos. Esto es apoyado por la modificación de la Ley de Fondos de Vivienda, recién sometida al Congreso de la Unión, que permitirá aumentar los recursos, evitando subsidios, e integrando el ahorro individual.

Los constructores deberán entonces resolver el problema de la obtención de tierra y permisos, adoptando la figura de promotores inmobiliarios o apoyándose en éstos; en ambos casos es indispensable mejorar su eficiencia para abatir costos, con proyectos adecuados al mercado habitacional para familias de escasos recursos.

La construcción que tradicionalmente se ha desarrollado en nuestro país es de mampostería y se prevé que seguirá siendo el producto más eficiente porque utiliza mano de obra intensamente, la cual sigue siendo comparativamente barata en nuestro país, y porque corresponde al gusto y preferencia de la población.

6.- Tipos de Construcción de Vivienda de Interés Social

La vivienda generalmente desarrollada por los mecanismos de financiamiento existentes en el país, tanto para el caso de unidades familiares como multifamiliares (hasta cinco niveles) se construye de mampostería con las siguientes características:

6.1 De mampostería con Materiales Artesanales

Cimentación de mampostería de piedra.

Con muros de tabique de barro recocido.

Castillos, cerramientos y dadas de concreto armado con varilla corrugada de acero.

Losa colada in situ de concreto armado perimetralmente apoyada reforzada con varilla corrugada.

6.2 Con materiales semi-industrializados

Muros de block de cemento.

Castillos, cerramientos y cadenas de concreto armado con refuerzos electrosoldados (tipo ARMEX).

Losa de vigueta de concreto pretensada o de alma abierta con concreto en patín de compresión.

Cimentación de losas corridas y contratrabes de concreto armado.

Respecto a los muros existen las siguientes variantes.

6.2.1.- Muros de block vibrocomprimido, sección (10 x 20 x 40 cm).

6.2.2.- Block de cemento con acabado aparente, estriado o rugoso con pigmento (10 x 20 x 40 cm).

6.2.3.- Tabique extrufo de barro horneado (7 x 14 x 28 cm).

6.3.- Colados de concreto in situ

6.3.1.- Muros de concreto

6.3.2.- Colado monolítico (tipo Mecano)

6.3.3.- Losas deslizantes (tipo slip-slab)

6.4.- Otros Materiales

6.4.1. Casas de Madera

6.4.2. Móvil-homes

6.4.3. De cartón y asbesto para precaristas

6.4.4. Panel W.

6.4.5. Honey-Comb

La decisión de construir vivienda unifamiliar o multifamiliar (hasta 5 niveles y sin elevadores), obedece: al costo del terreno que sea apto para vivienda (uso del suelo habitacional).

A la densidad que sea posible negociar con las autoridades (cuando se colocan dispositivos para el ahorro del agua, la captación de agua de lluvia, el tratamiento de aguas residuales es posible incrementar la densidad).

A la topografía del terreno (hasta 15% de pendiente, los desarrollos unifamiliares tiene costos de cimentación más económicos que los multifamiliares, recomendables para pendientes mayores).

A la capacidad de carga del terreno (los edificios en suelos blandos tienen sobrecostos por cimentación).

A las condiciones sísmicas (los edificios tienen sobrecostos por refuerzos sísmicos en relación con las viviendas unifamiliares).

En el resumen comparativo (cuadro No. 5) se presentan los costos directos de vivienda recientes, por partidas de construcción, no incluye por tanto costos indirectos ni del terreno urbanizado. Es evidente que la cimentación para vivienda es mucho más barata unifamiliar que multifamiliar; que en las estructuras (muros y techos), resultan más económicos el block de cemento que el extrufo y que el rústico, pero requiere un recubrimiento exterior.

La solución semi-industrializada resulta más rápida que la mampostería tradicional aunque esta última en general es más económica.

Finalmente las soluciones en concreto armado son sustancialmente más caras que las anteriormente mencionadas.

7.- Requerimientos de Investigación

La vivienda en nuestro país no se ha industrializado, entre otras razones, porque no existe una normatividad para elementos y componentes, ni para acabados e instalaciones. Tampoco se ha promovido la contratación a largo plazo de las construcciones. El primer caso se traduce en la imposibilidad de la industria de producir elementos normalizados que tengan demanda suficiente y continua. El segundo caso implica que los constructores, al no tener garantizado un volumen de contratación suficiente, no pueden invertir en tecnologías o equipos asociados a un sistema constructivo uniformizado.

La multiplicidad de productos y maquinaria que provienen de distintas partes del exterior han dificultado el establecimiento de normas y módulos constructivos estandarizados.

Por lo anterior es imperativo promover la normalización de elementos y componentes con la especificación que incluya las propiedades mínimas de resistencia, duración, absorción, aislamiento, de los que actualmente tienen mayor aceptación en el mercado de la vivienda.

Es necesario probar la resistencia integral de las estructuras de vivienda de interés social a fin de minimizar los refuerzos y las secciones de los elementos resistentes, en busca de su economía.

Es indispensable, para los casos anteriores, revisar la interacción suelo estructura principalmente en edificios para los diversos tipos de terreno, condiciones y características sísmicas de la zona.

Es importante investigar fórmulas para abaratar estructuras de concreto con los agregados que permitan mejores propiedades térmicas y acústicas.

Es importante investigar técnicas de fabricación de precolado que permitan integrar un sistema de vivienda de las características similares de las que actualmente se desarrollan.

Y finalmente es indispensable investigar métodos y sistemas constructivos que permitan materiales adecuados y procedimientos accesibles a la gran masa de autoconstructores que, en el mediano plazo, seguirán resolviendo su problema habitacional con sus propios medios.

8.- Conclusión

En conclusión, la tendencia de la construcción de interés social es hacia las soluciones de mampostería por lo que las actividades del CENAPRED y de la investigación en la materia resultarán un instrumento indispensable para la promoción de los desarrollos habitacionales, en la escala que el país requiere.

CUADRO No. I

UNIDADES DE VIVIENDAS CONCLUIDAS EN EL AÑO
NUMERO DE VIVIENDAS, ACCIONES Y/O CREDITOS OTORGADOS POR ORGANISMOS

Organismo	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990
INFONAVIT	37,737	74,777	79,281	80,247	57,504	71,925	81,000
FOVISSSTE	12,137	22,256	23,045	14,499	14,923	19,848	14,124
FOVI-BANCA (PFV)	28,480	88,813	58,230	88,581	104,903	53,004	95,000
FONHAPO	0	30,535	58,898	60,162	61,004	42,834	61,745
PEMEX	0	4,742	3,496	5,202	3,147	531	5,286
CFE	0	1,856	1,507	1,711	1,584	1,912	1,073
FOVIMI-ISSFAM	348	262	712	311	1,179	451	1,853
FIVIDESU	2,166	3,862	904	1,551	3,199	38,623	29,333
AURIS, MEXICO	0	0	0	0	2,087	0	0
Otros Organismos	0	13,828	5,472	4,618	4,959	41,549	40,000
Programas de Reconstrucción	0	0	24,951	30,841	10,271	3,081	0
TOTAL	80,868	240,931	256,496	287,723	264,760	273,758	329,414

* Deflactor estimado con base en el Índice del Productor de la Construcción (tasa media anual).
Fuente: SEDUE

CUADRO No. 2

UNIDADES CONCLUIDAS POR ENTIDAD FEDERATIVA

Entidad	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990*
Aguascalientes	2,181	4,780	1,301	6,909	3,543	4,343	3,066	
Baja California	4,479	7,694	12,976	9,794	10,302	8,160	10,361	
Baja California Sur	1,275	525	1,491	1,752	1,134	2,211	1,490	
Campeche	1,124	1,951	648	1,364	2,887	2,354	3,746	
Coahuila	2,921	4,978	5,112	7,053	8,297	4,359	4,100	
Colima	415	1,565	4,148	2,027	1,655	1,743	1,335	
Chiapas	1,973	3,934	3,507	2,365	1,484	2,001	3,808	
Chihuahua	2,826	4,225	6,481	6,954	10,175	11,366	7,040	
Distrito Federal	11,165	12,738	13,114	40,987	45,796	35,338	61,753	
Durango	832	2,532	4,865	1,847	4,130	3,926	2,788	
Guanajuato	3,015	5,092	5,873	6,093	13,085	4,865	4,742	
Guerrero	1,223	2,940	2,771	4,683	5,462	5,788	7,786	
Hidalgo	2,310	5,152	2,074	2,017	2,288	3,359	1,802	
Jalisco	3,953	5,046	7,641	10,444	9,372	11,024	7,169	
México	14,447	18,434	22,933	24,918	18,647	17,119	16,749	
Michoacán	3,549	3,445	5,468	4,962	7,133	3,821	9,880	
Morelos	783	1,260	4,495	1,484	4,280	3,002	1,585	
Nayarit	504	609	715	1,232	249	2,169	1,216	
Nuevo León	7,611	7,005	7,432	13,182	9,300	10,898	14,959	
Oaxaca	1,447	1,675	2,441	3,035	1,882	3,603	7,121	
Puebla	2,097	3,995	3,408	6,877	8,046	8,875	6,929	
Querétaro	2,145	2,158	4,003	2,950	5,454	2,466	4,713	
Quintana Roo	1,540	6,385	2,781	6,684	1,918	4,761	10,111	
San Luis Potosí	2,301	3,862	4,913	5,531	6,783	4,521	5,797	
Sinaloa	904	2,152	3,490	5,156	2,675	4,114	2,784	
Sonora	6,934	4,239	10,102	5,700	4,915	5,421	5,213	
Tabasco	1,570	1,221	2,398	1,142	1,164	2,642	7,619	
Tampulipas	1,695	3,388	5,228	5,421	7,547	3,547	3,794	
Tlaxcala	243	695	885	1,774	1,232	1,518	2,070	
Veracruz	4,961	6,407	3,736	6,845	9,562	6,244	8,064	
Yucatán	1,564	2,059	3,148	6,319	5,501	1,135	4,712	
Zacatecas	721	1,063	2,174	2,416	696	1,468	3,453	
No distribuido	52,282	62,985	79,178	44,579	71,484	80,500	36,003	
TOTAL	146,990	198,189	240,831	256,496	288,136	264,449	273,758	312,786

CUADRO No. 3

COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO A PRECIOS DE MERCADO DE LA INVERSIÓN EN VIVIENDA DEL SECTOR PÚBLICO

Fuente: SEDUE	INVERSIÓN EN VIVIENDA DEL SECTOR PÚBLICO (millones de pesos)		PRODUCTO INTERNO BRUTO (millones de pesos)		Pesos 1980 (2/4)	
	Corrientes (1)	De 1980 (2)	Corrientes (3)	De 1980 (4)		
	1950	23.2	299.7	39,736	633,868	0.05
	1955	36.4	362.2	84,870	849,715	0.04
	1960	274.6	2,102.6	150,511	1,145,250	0.18
	1965	207.3	1,328.8	252,028	1,615,562	0.08
	1970	1,557.5	8,008.8	444,271	2,256,826	0.35
	1975	10,165.9	28,678.1	1,100,050	3,098,581	0.93
	1980	39,943.7	39,943.7	4,470,070	4,470,070	0.84
	1981	68,795.0	52,960.0	6,127,632	4,862,219	1.09
	1982	101,486.4	48,815.0	9,797,791	4,831,689	1.01
	1983	164,187.1	51,736.0	17,878,720	4,628,937	1.12
	1984	371,038.0	74,617.0	29,471,575	4,796,050	1.56
	1985	666,389.8	76,950.0	47,391,702	4,920,430	1.56
	1986	1,205,202.6	78,341.0	79,535,605	4,735,721	1.65
	1987	3,237,518.8	87,166.0	193,551,505	4,819,574	1.81
	1988	6,116,991.1	76,900.0	396,072,705	4,888,891	1.57
	1989	7,130,990.3	68,923.0	516,710,385	5,040,866	1.37
	1990	9,216,332.5	81,654.0	668,691,080	5,236,337	1.56

Fuente: SEDUE - Dirección General de Política de Vivienda
1985-90 Estimaciones CIHAC

CUADRO No. 4

PROGRAMA DE VIVIENDA 1991
(Inversión en miles de millones de pesos)

Organismo	UNIDADES A CONCLUIR						TOTAL Unids.	Inversión
	Vivienda terminada	Vivienda por iniciar	Lotes y servid.	Mejoram. de viv.	Obras en créditos	No distribuido		
PROGRAMA NORMAL	202,185	2,500	13,241	40,970	38,851	60,130	357,877	\$12'120.1
IFONAVIT	50,000	-	-	-	17,000	-	67,000	3'608.7
FOVISSSTE	5,471	-	-	-	20,168	-	25,639	875.4
FOVI	79,104	-	-	-	-	-	79,134	3'363.8
BANCA	45,000	-	-	-	-	-	45,000	2'308.8**
BANOBRAS	10,000	-	-	-	-	-	10,000	372.0**
FONHAPO	-	-	-	-	-	60,130	60,130	373.0
PEMEX	5,300	-	-	-	-	-	5,300	462.8**
ISSFAM	3,731	-	-	-	-	-	3,731	263.3
CFE	-	-	-	-	1,683	-	1,683	59.8
FIDESU	2,859	-	241	970	-	-	4,070	127.2
ORGANISMOS ESTATALES	-	2,500	12,500	40,000	-	-	55,000	200.6**
OTROS ORGANISMOS ³	690	-	500	-	-	-	1,190	34.7
PROGRAMAS DE RECONSTRUCCION DE TLATELOLCO	-	-	-	536	-	-	536	68.2
TOTAL	202,185	2,500	13,241	41,506	38,851	60,130	358,413	12'188.3

CUADRO No. 5

RESUMEN COMPARATIVO
DE COSTOS POR PARTIDAS DE EDIFICACION DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.

TIPO CONSTRUCCION	AREA CONST. (M2)	PARTIDAS						COSTO DIR. POR VIVIENDA (PESOS)
		CIMENTACION	ESTRUCTURA	ACABADOS	INST.	CANCELERIA	OBRA EXTRA	
MAPOSTERIA								
UNIFAMILIAR	53.00	3,963,965	12,370,508	9,018,735	4,790,858	2,446,269	32,590,335	
MULTIFAMILIAR 4N	62.00	3,591,112	20,513,381	2,364,329	4,896,627	2,698,091	34,263,540	
SEMI-INDUSTRIALIZADO								
UNIFAMILIAR (BLOQ.)	68.00	3,596,481	10,017,359	9,013,685	1,990,434	4,637,095	29,255,053	
	74.00	3,970,053	12,733,915	11,317,991	1,990,434	4,658,732	34,670,765	
UNIFAMILIAR (TAB. EXTRUIDO)	73.00	3,559,668	11,839,503	8,764,624	2,577,765	4,205,474	895,016	31,842,049
UNIFAMILIAR (BLOCA RUSTICO)	73.00	3,484,131	12,881,931	9,559,011	3,013,088	3,493,531	542,415	32,974,106
MULTIFAMILIAR 5N (RUSTICO)	63.50	6,922,570	14,064,194	6,172,793	4,022,393	3,924,496	41,846	35,143,291
	64.50	7,820,780	15,288,468	6,258,902	3,740,574	3,807,921	132,870	37,049,514
CONCRETO.								
MULTIFAMILIAR 3N	65.00	15,755,939	19,275,967	10,509,415	3,372,061	5,775,589	2,097,226	56,387,099
MULTIFAMILIAR 5N	65.00	7,739,838	19,941,499	10,146,095	5,455,657	3,470,122	2,080,502	48,833,915

Conclusiones

Dr. Roberto Meli

Coordinador de Investigación del CENAPRED

Al terminar este Taller, una de las conclusiones más relevantes es que nos dio la oportunidad de comunicarnos, de saber cuál es la situación en los centros de investigación de la República y que existen características y problemas semejantes, tales como la escasez de recursos, instalaciones e investigadores.

En cuanto a los recursos, está claro que deben buscarse distintos medios de financiamiento que permitan realizar proyectos de investigación y obtener una remuneración decorosa, porque a corto plazo no se vislumbra alguna posibilidad de incremento en el apoyo para las instituciones académicas por parte de la federación y los gobiernos estatales.

Se ha planteado también la necesidad de crear un centro de información con un sistema que permita recabar y diseminar los informes de lo realizado en las distintas instituciones. A este respecto, considero que el CENAPRED está dispuesto a realizar esta función.

También se puso en la mesa la necesidad de asesorar y orientar la investigación en otras instituciones, situación a la que el CENAPRED se abocará en la medida de sus posibilidades.

En cuanto al financiamiento para la instalación de laboratorios, voy a hacer un comentario a lo que dijo el Prof. Klingner en su primera intervención:

La evolución del equipamiento de laboratorios de investigación se ha movido en dos direcciones; por un lado se producen equipos cada vez más sofisticados que están fuera del alcance de la mayoría de las instituciones nacionales y por el otro, se han desarrollado equipos de ensaye que, siendo también sofisticados, son relativamente económicos, de manera que con pocos recursos puede equiparse adecuadamente un laboratorio para permitir la investigación.

El no contar con un laboratorio como el del CENAPRED no es obstáculo insalvable para el investigador y creo que se puede hacer mucho más con los recursos con que se cuenta.

Por otra parte, debemos acercarnos al conocimiento y la tecnología que se aplican en la vivienda económica en los Estados Unidos de América y el Japón, pues si bien su recursos y la concepción de este tipo de vivienda son muy diferentes a los nuestros, hay diversos procedimientos que podemos adaptar a nuestra situación y sobre todo, debemos aprender de estos países, su organización del trabajo y la calidad que se exige de los resultados.

Clausura

C.P. Fabio Zilli
Director General de Protección Civil
Subsecretaría de Protección Civil y de Prevención y Readaptación Social
Secretaría de Gobernación

Antes de proceder a dar por clausurados los trabajos de este Taller quisiera aprovechar esta oportunidad para felicitarlos a todos ustedes por su brillante y entusiasta participación en este evento, de la cual seguramente, se habrán de derivar respuestas muy adecuadas a problemáticas específicas que padecen las zonas sísmicas del país.

En primer lugar el enfoque científico que se da a estos aspectos nos demuestra que la Protección Civil o la Prevención de Desastres no se suscribe a una simple voluntad política o a un enfoque administrativo de organización.

Aquí se han congregado investigadores muy serios que han analizado, de acuerdo con sus experiencias, las posibilidades que tienen los materiales constructivos que se usan en tres de la más importantes zonas sísmicas.

Considero que, así como la ciencia nos apoya en estas medidas de protección, también es importante conocer que ésta tiene límites y que habrán de tomarse además medidas de carácter no estructural. Es decir, ustedes mismos van a determinar hasta que punto es posible utilizar adecuadamente procedimientos y materiales constructivos para proteger a un determinado asentamiento urbano. Habrá ocasiones en que la recomendación sea distinta, al grado de que no intentemos siquiera construir ahí y no específicamente por riesgo sísmico, que es el que más bien les preocupa a ustedes, sino en general por todo el conjunto de problemas que nos provocan los desastres naturales.

Creo que también es muy importante una observación que acaba de hacer el Dr. Meli en el sentido de que una de las grandes limitaciones que tenemos probablemente sólo en México quizás no sea el caso de Estados Unidos de Norteamérica ni del Japón, es el caso de carencia de recursos humanos adecuados para afrontar la compleja problemática que tiene nuestro territorio, por eso debemos enfocar conjuntamente nuestros esfuerzos, ya que no bastaría, aún suponiendo que los tuvieramos, los equipos de monitoreo y detección si no tenemos el personal que los pueda manejar. Tuvimos una experiencia muy cercana y lamentable en uno de los volcanes más activos de este país, donde con equipos ya adquiridos y debido a la falta de capacitación del personal, no se pueden operar. Entonces debemos buscar la manera de romper ese círculo vicioso para tener equipos adecuados a nuestras posibilidades y necesidades, incluyendo también al recurso humano.

Creo que es muy importante lo que señala el Dr. Meli en su resumen de lo acontecido en este Taller, en el sentido de que debemos adaptarnos a la realidad de cada uno de nuestros países. En el nuestro, la realidad es que no contamos con abundantes recursos como para intentar tener los sistemas más sofisticados del mundo, sino que debemos buscar aquellos que sean más adecuados a nuestra peculiar realidad.

Finalmente, la coordinación de que se ha hablado es una de las maneras más eficaces para superar esta problemática.

Representamos a muchas instituciones de enseñanza superior y de investigación científica en nuestro país que, conjuntando sus esfuerzos, podrían encontrar mejores soluciones a los problemas que nos aquejan, creo que este Taller Nacional es un primer esfuerzo en ese sentido y que, seguramente, sus frutos los advertiremos en un futuro próximo.

CENAPRED como lo ha dicho el Dr. Meli, podría ser vértice de esa base de datos que se requiere para el manejo de la información de acuerdo con las limitaciones propias, pero la buena disposición ahí está y seguramente con la colaboración de ustedes podremos tener una buena base de datos en un futuro próximo y ya después veríamos cómo podríamos enlazarnos para tener un acceso oportuno.

Por todas estas razones, me complace estar con ustedes y hacerlo además con la honrosa representación del Señor Subsecretario de Protección Civil y de Prevención y Readaptación Social, el Licenciado Dionisio E. Pérez Jácome y a nombre del Señor Secretario de Gobernación el Licenciado Fernando Gutiérrez Barrios, a declarar clausurados los trabajos de este Taller Nacional sobre el Estado Actual Presente y Futuro de la Investigación en Estructuras en México, Japón y Estados Unidos de América.

Muchas Gracias.

DIRECTORIO DE PONENTES

Directorio de Ponentes

Alarcón Chaires Patricia de Jesús

Particular: Edificio H-204, Fracc. Cosmos, Morelia,
Michoacán, México
Teléfono: 6-8231
Institución: Escuela de Ingeniería Civil
Ciudad Universitaria, Morelia, México
Profesor

Alva Ernesto

Institución: Instituto para el Fondo Nacional para la Vivienda
de los Trabajadores. Departamento de
Investigación. INFONAVIT
Viejo camino a Xochitepec No. 29, Col.
Ampliación, Deleg. Xochimilco, C.P. 16020,
México, D.F.
Teléfono: 676-6869
Jefe del Departamento

Arroyo Moisés

Institución: División de Estudios de Posgrado de la Facultad
de Ingeniería, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Teléfono: 548-0950
Profesor Investigador

Barrón Corvera Raúl

Particular: Mártires de Chicago No. 310, Col. Centro,
Zacatecas, C.P. 98000, México
Teléfono: 2-1832
Institución: Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma
de Zacatecas
Av. Ramón López Velarde s/n, Zacatecas,
México
Teléfono: 2-0827
Profesor

Becerril Vilchis Francisco

Particular: Hidalgo No. 50, San Andrés Ocotlán, Estado de
México
Institución: Facultad de Ingeniería Civil, Universidad
Autónoma del Estado de México
Ciudad Universitaria, Toluca, México
Teléfono: 14-0855
Profesor

Centeno Lara Roberto

Particular: Calle 47-A No. 448 x 36 Diagonal Brisas Norte,
Merida, Yucatán, México
Teléfono: (99) 26-2320
Institución: Universidad Autónoma de Yucatán
Calle 44 x 14 s/n, Ex-Terreno Fénix, Mérida,
Yucatán
Teléfono: (99) 26-5856 y (99) 26-6424
Jefe de la Unidad de Posgrado e Investigación,
Facultad de Ingeniería de la Universidad de
Ingeniería de la Univeridad Autónoma de
Yucatán

Dávalos Sotelo Raymundo

Particular: Oriente 1, No. 19, Col. F.F.C.C., Xalapa,
Veracruz, México
Teléfono: (281) 5-9008
Institución: Instituto de Ecología, A.C.
Km 2.5 Antigua carretera a Coatepec, Xalapa,
Veracruz, C.P. 9100
Teléfono: (281) 8-6732; Fax: (281) 8-6910; 8-6310
Jefe del Laboratorio de Ciencia y Tecnología de
la Madera del Instituto de Ecología

De Castilla Rivera Andrés

Particular: Alfredo Toxqui 10208, Col. Santa Rosa, Puebla;
Puebla, México
Teléfono: 36-1378
Institución: Universidad Autónoma de Puebla
Cd. Universitaria Puebla
Profesor, Esc. de Ingeniería Civil, Ingeniero
Calculista

Díez de Bonilla Jorge

Institución: Novhogar, S.A.
Manuel M. Ponce No. 101, Col. Guadalupe Inn,
C.P. 01020, México, D.F.
Teléfono: 524-9450; Fax: 524-9802

Figueroa Gallegos José Alfonso

Particular: 6a. Av. Sur Poniente No. 2032, Col. Penipak,
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Teléfono: 3-2912
Institución: Escuela de Ingeniería Civil, Universidad
Autónoma de Chiapas
Boulevard B. Domínguez, Km 1084, Tuxtla
Gutiérrez, Chiapas, Apdo. Postal No. 61, México
Teléfono: (91961) 2-0002; Fax: 2-3044
Director de la Escuela de Ingeniería Civil,
Universidad Autónoma de Chiapas

Gallegos Cázares Sergio

Particular: Rosas 3453, Col. Altavista Invernadero,
Monterrey, Nuevo León, C.P. 64770
Teléfono: (83) 59-0711
Institución: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores
de Monterrey
Sucursal Correos J, C.P. 64849, Monterrey,
México
Teléfono: (83) 58-2000 Ext. 5411
Profesor del Departamento de Ingeniería Civil

Gallo Ortega Jaime Alejandro

Particular: Pez Austral 4153, Arboledas 45070, Zapopan,
Jalisco, México
Teléfono: 31-0269
Institución: Facultad de Ingeniería de la Universidad de
Guadalajara
Instituto Tecnológico de Guadalajara, Av.
Revolución 1500, Guadalajara, México
Teléfono: 19-8471; Fax: 19-8002
Secretario de la Facultad

Garza Tamez Federico

Particular: Río Tamesis No. 305, Colonia México,
Monterrey, Nuevo León, México
Teléfono: 58-2915
Institución: Instituto de Ingeniería Civil, Facultad de
Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de
Nuevo León
Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza,
Nuevo León
Teléfono: 45-0017 y 45-0615
Profesor Investigador

Guerrero Flores Vicente

Particular: Priv. Estrella del Norte 29, Rancho Tetela,
Cuernavaca, Morelos, México
Teléfono: (9173) 13-9663
Institución: Instituto de Investigaciones Eléctricas
Av. Palmira s/n, Palmira Morelos, México
Teléfono: (9173) 18-2538
Jefe del Departamento de Ingeniería Civil,
División de Sistemas Mecánicos

Hernández Ruiz José Arturo

Particular: Ocampo 234-330, Veracruz, México
Teléfono: 34-0129
Institución: Universidad Veracruzana, Instituto de Ingeniería
Framboyanes y Ruiz Cortines, Veracruz
Teléfono: 37-5111; Fax: 35-0301
Investigador en Estructuras

Jara Guerrero José Manuel

Particular: Río Mayo No. 755, Edificio B-404, Col. Ventura
Puente, Morelia, Michoacán, México
Teléfono: 2-33-60
Institución: Universidad Michoacana de San Nicolás de
Hidalgo, Escuela de Ingeniería Civil
Ciudad Univeritaria, Morelia, Michoacán
Teléfono: 6-7205
Profesor, Investigador

Klingner Richard

Institución: The University of Texas at Austin,
ECJ Bldg. 4,2 Austin, TX 78712
Teléfono: (512) 471-7259; Fax: (512) 471-1944
Phil M. Ferguson Professor in Civil Engineering

Kumazawa Fumitoshi

Institución: Institute of Industrial Science, University of
Tokyo
7-22-1 Roppongi, Minato-Ku, Tokyo 106 Japan
Teléfono: 3-3402-6231; Fax: 3-3402-6375
Investigador

Lira Julio Ernesto

Particular: Av. Copilco 176-E, Col. Copilco-Universidad,
México
Teléfono: 534-5046
Institución: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto
Av. Insurgentes Sur 1846, C.P. 01030, Col.
Florida, México, D.F.
Teléfono: 534-1505; Fax: 534-2118
Investigador en el Area de Estructuras

Montiel Zurita de Hernández Nohemí

Particular: Miguel Angel de Quevedo No. 3962 entre Lendoy Juárez, Veracruz, Veracruz, México
Teléfono: 34-01-29
Institución: Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana
Framboyanes s/n, Veracruz, México
Teléfono: 35-0301
Arquitecto

Murià-Vila David

Particular: Guadalupe I. Ramírez 455-303, Col. Potreros de San Bernardino, 16030, México D.F.
Teléfono: 676-9126
Institución: Instituto de Ingeniería, UNAM
Ciudad Universitaria, Apdo. Postal 70-472, Coyoacán, 04510, México D.F.
Teléfono: 548-5479; Fax: 5483044
Investigador

Neri Ernesto

Institución: Instituto de Investigaciones Eléctricas
Av. Palmira s/n, Palmira Morelos, México
Teléfono: (9173) 18-2538
Investigador

Olvera Montes Alfonso Emilio

Particular: Lago de las Ninfas No. 14, Fracc. Fuentes de Satélite, Estado de México, México
Teléfono: 572-1336
Institución: E.S.I.A. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Zacatenco
Teléfono: 586-0144
Ingeniero Arquitecto

Ortega Gómez Humberto

Particular: Mártires de Chicago No. 315, FOVISSSTE, Oaxaca, México
Teléfono: 5-6270
Institución: Instituto Tecnológico de Oaxaca
Av. Tecnológico y Wilfrido Massieu s/n, Oaxaca, México
Teléfono: 6-1722 Ext. 176
Coordinador de Ingeniería Civil en el Instituto Tecnológico de Oaxaca

Rodríguez Cuevas Nefalí

Institución: Instituto de Ingeniería
Ciudad Universitaria, México
Teléfono: 622-3472; Fax: 548-3044
Investigador

Rodríguez Mario

Particular: Apartado Postal 70-290, Coyoacán, México, D.F.,
C.P. 04510
Teléfono: 622-3472
Institución: Instituto de Ingeniería
Ciudad Universitaria, México
Teléfono: 622-3472 Fax: 548-3044
Investigador

Romero Avila Daniel Angel

Particular: Laura Méndez de Cuenca No. 201, Col. Sánchez
Colín, Toluca Estado de México
Teléfono: 91-72-1704-15
Institución: Facultad de Ingeniería de la Universidad
Autónoma del Estado de México
Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria,
Toluca, México
Teléfono: 14-0855
Investigador, Area de Estructuras

Tejeda Jácome Juan de la C.

Particular: Agustín Santa Cruz No. 446, Col. Lomas de
Circunvalación, Colima. México
Teléfono: 91 (331) 2-7044
Institución: Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de
Colima
Km. 9.0 Carretera Colima-Coquimatlan
Teléfono: 91 (332) 3-0377; Fax: 91 (332) 3-0143
Profesor del Area de Estructuras y Coordinador
de Educación Continua

Teshigawara Masaomi

Institución: Building Research Institute
Tatehara 1, Tsukuba Science City, Japan 305
Teléfono: 81-298, 64-2151; Fax: 81-298, 64-2989
Investigador

Treviño Treviño Ernesto L.

Particular: Bocaccio 106, Colinas de San Jerónimo, 64630,
Monterrey, Nuevo León, México

Teléfono: (83) 48-8306

Institución: Instituto de Ingeniería Civil, Facultad de
Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de
Nuevo León
Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza,
Nuevo León

Teléfono: (83) 52-4969 y (83) 76-3917
Jefe del Departamento de Estructuras

Velázquez Parada Héctor M.

Particular: Mariano Escobedo 3108, Chihuahua, México

Teléfono: 13-4271

Institución: Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma
de Chihuahua, México

Teléfono: 13-7766
Profesor