

Comportamiento estructural de la vivienda popular a base de mampostería de suelo cemento confinada

Amador, Oscar

Chávez, José

Magaña, Claudia

Hasbun, José.

*Departamento de Mecánica Estructural
Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
jhasbun@uca.edu.sv*



Abstract— Este trabajo documenta una iniciativa de aplicación de programas sofisticados de análisis y diseño para caracterizar el comportamiento de la vivienda popular de un solo nivel construida a base de mampostería confinada de suelo-cemento ante solicitaciones sísmicas, y de esta forma desarrollar bases que permitan ser implementadas en el diseño y construcción de viviendas más seguras en El Salvador. La investigación surge como una forma de dar respuesta a la necesidad de obtener bibliografía técnica sobre una alternativa de vivienda de bajo costo y amigable con el medio ambiente, que sustituya otros sistemas constructivos.

El desarrollo de este trabajo requirió inicialmente una búsqueda bibliográfica de las características y propiedades de los materiales constituyentes de la mampostería de suelo – cemento confina-

da; del comportamiento estructural de elementos placa y de los manuales del programa SAP 2000. Posteriormente, en el programa SAP 2000 se elaboraron y estudiaron tres modelos. Los dos primeros corresponden a típicas configuraciones parciales de viviendas que están basadas en los ensayos a escala natural que fueron realizados en el proyecto TAISHIN, ver [1]. El último modelo está elaborado a partir de una propuesta de vivienda completa que fue realizada por el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

En los dos primeros modelos, se han determinado patrones en la distribución y transferencia de fuerzas a través de cada uno de los componentes estructurales producidos por la carga lateral que representa la acción sísmica, tanto en paredes paralelas como en paredes perpendiculares a la misma, y se ha logrado considerar la influencia de la inclusión de la solera intermedia como elemento confinante en la mampostería. Los resultados obtenidos en el análisis estructural del modelo de casa completa ante sollicitación sísmica, presentan una excelente base de comparación con los resultados que predicen otros modelos simplificados que se utilizan con propósitos de diseño.

Palabras clave – Mampostería confinada, Suelo – cemento, Placas, Vivienda popular, Comportamiento estructural, Diseño y construcción sostenible.

Introducción

El análisis estructural de edificaciones a base de mampostería confinada muchas veces identificadas como tipos particulares de sistemas estructurales en cajón, no ha sido un tema profun-

damente tratado en la bibliografía técnica, y tomando en cuenta que gran parte de las viviendas populares en El Salvador están construidas con este sistema, este hecho se traduce a un grave inconveniente porque significa que existe poca información relacionada con el verdadero comportamiento de este tipo de estructuras. Además, la mayor parte de las investigaciones realizadas sobre este sistema constructivo han sido abordadas en paredes conformadas por unidades solidas de barro cocido, las cuales durante su periodo de cocción y producción generan efectos nocivos al ambiente, desventaja que llevó a plantear la alternativa viable de sustituirlos por unidades de suelo cemento, ya que su costo es menor y el proceso de producción y construcción además de ser amigable con el ambiente, cuenta con tecnología accesible y sencilla de realizar al no requerir maquinaria y mano de obra calificada. Entre los estudios previos acerca de este sistema constructivo destacan:

- Norma especial para diseño y construcción de viviendas 2004 y 2007, Ver [3]: presentan requerimientos mínimos de diseño y construcción de viviendas de mampostería confinada sin hacer distinción con la conformada por unidades de barro cocido, siempre y cuando las unidades de suelo cemento cumplan la norma ASTM C56 Specification for Structural Clay, Non-Load Bearing Tile.
- Manual de Fabricación de Ladrillos de Suelo Cemento, Ver [2]: describe a detalle el proceso de fabricación de ladrillos de suelo cemento, desde la organización del espacio de trabajo hasta las pruebas de calidad a realizar en los ladrillos construidos y su ade-

cuado transporte y la aplicabilidad de estos en obras de infraestructura.

- Estudio de la Mampostería Suelo-Cemento Confinada, Ver [1]: en este trabajo se encuentran propuestas de materiales y procesos constructivos, basados en ensayos a materiales y prismas que permitieron prescribir dosificaciones óptimas para la fabricación manual de las unidades con adecuadas propiedades físicas y mecánicas, así como también mediante ensayos en paredes a escala natural con el fin de conocer su resistencia y desempeño ante cargas paralelas y perpendiculares a su plano, que permitieran mediante modelos analíticos determinar su resistencia y rigidez, con el objetivo de lograr un adecuado comportamiento sismo resistente, tomando como requerimientos mínimos los dictados por la propuesta de Norma Especial de Diseño y Construcción de Vivienda de Una y Dos Plantas (NEDCV) de 2004, y la estructuración propuesta en las dos NECDV, la de 1997 y la de 2004.

Las investigaciones desarrolladas localmente en los últimos años se han centrado principalmente en el estudio de la unidades y el comportamiento de secciones típicas de viviendas a escala natural, sin embargo no se ha logrado caracterizar ante la acción del sismo el comportamiento de cada uno de los componentes estructurales que conforman la vivienda de un nivel construida a base de mampostería de suelo-cemento confinada, considerando que el techo no constituye un diafragma con rigidez apreciable en su plano.

Por lo tanto, este trabajo surge con la iniciativa de describir y caracterizar patrones en la distribución de las fuerzas laterales en los componentes estructurales de las paredes producidas por la acción sísmica, tanto paralela como perpendicular a su plano, y establecer sus interacciones con los demás elementos que conforman este sistema constructivo, explicando racionalmente la variación en la distribución y transferencia de las acciones internas con la presencia o ausencia de la solera intermedia en régimen elástico no agrietado.

Finalmente, se buscó comparar el comportamiento de la vivienda con el que predicen otros modelos simplificados que se utilizan con propósitos de diseño.

Materiales y métodos

Con el objetivo de poder estudiar y entender el comportamiento que poseen los elementos que conforman el sistema de mampostería confinada de suelo-cemento, se optó por utilizar el programa SAP 2000 el cual es una herramienta de análisis estructural sofisticada basada en el método de los elementos finitos (MEF).

En la primera etapa de este trabajo se realizó una investigación bibliográfica para comprender el comportamiento de los elementos placa, ver [4], y posteriormente se procedió a entender de manera más profunda la interface del programa SAP 2000, ya que se realizarían análisis tridimensionales en los modelos. Los esfuerzos se centraron principalmente en el entendimiento del adecuado modelaje de los elementos de placa delgada dentro del programa, es decir, la asignación de las sec-

ciones, discretización de los elementos, sistemas de coordenadas locales y globales, asignación de casos de carga sísmica a través de patrones automáticos con coeficientes determinados por el usuario de acuerdo a la Norma Técnica de Diseño por Sismo de El Salvador, y la correcta interpretación de los resultados obtenidos: fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momentos flexionantes en los elementos placa.

En la segunda etapa se modelaron y estudiaron tres modelos. Los dos primeros están basados en los ensayos a escala natural que fueron realizados en el proyecto TAISHIN (véase figuras 1 y 2). El último está basado en una propuesta de vivienda completa que fue realizada por el mismo proyecto (ver figura 3). Todos los modelos fueron construidos bajo el supuesto de cimentaciones rígidas, techo flexible y bajo la consideración que los paneles de mampostería (esto es las zonas confinadas por los elementos de concreto reforzado, y que están conformadas por las unidades solidas de suelo – cemento y mortero), están compuestos por un solo material de 15 cm de espesor, en donde sus propiedades han sido representadas por medio del peso específico, el módulo de elasticidad y el módulo de Poisson de la mampostería.

Los primeros dos modelos consistieron en un sistema de tres paredes confinadas por nervios y soleras de coronamiento, de las cuales dos trabajaban como paredes de corte y la otra como placa a flexión. En esta última se aplicó la carga lateral en dirección perpendicular a su plano (dirección Y). La diferencia entre los dos modelos es que uno cuenta con solera intermedia (Modelo 1 SI) y el otro no

(Modelo 1), emulando así la mitad de una vivienda de interés social en dos diferentes configuraciones.

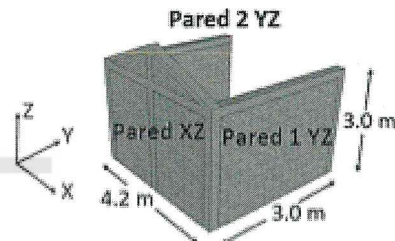


Fig. 1 Representación de las paredes de mampostería del Modelo 1.

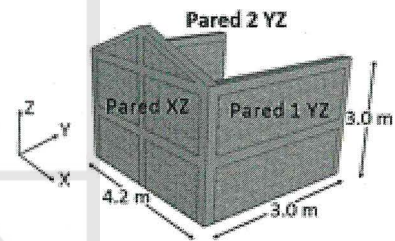


Fig. 2 Representación de las paredes de mampostería del Modelo 1 SI.

Ambos modelos se cargaron bajo las solicitudes aisladas de carga muerta y carga sísmica, para comprender los efectos que estas cargas provocan en cada uno de los elementos que conforman la estructura de vivienda. A raíz de los resultados, se realizaron cálculos adicionales con el fin de compararlos con métodos simplificados tradicionales de diseño.

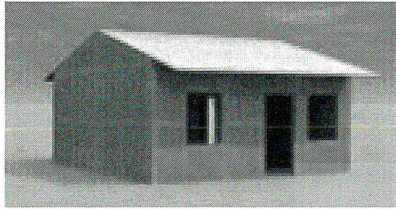


Fig. 3 Representación del modelo de casa completa proporcionada por el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

El modelo de casa completa fue sometido a acciones de sismo en cada una de las direcciones principales de la vivienda, y a carga muerta incluyendo la influencia de la carga proveniente de la estructura de techo liviano.

De igual forma que en los primeros dos modelos, los patrones anteriores de carga se aplicaron inicialmente de manera aislada con el fin de observar el comportamiento e interacciones entre cada uno de los elementos que conforman la vivienda sometida a carga sísmica.

Finalmente se aplicó la combinación de carga muerta más sismo en ambas direcciones, con el objetivo de observar, de forma general, cuáles son las reacciones combinadas que surgen cuando el sistema se somete ante ambos tipos de solicitaciones.

Para poder caracterizar el efecto de las cargas en la vivienda se seleccionaron dos paredes, una con huecos de puertas y ventanas y otra sin ellos.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados que han sido considerados como los más importantes de todos modelos analizados en el presente estudio. Además, se presenta una breve discusión de los mismos atendiendo a las inquietudes planteadas en la Introducción.

A. Resultados de los Modelos 1 y 1 SI.

1) *Comportamiento del Nervio Central:* La Fig. 4 presenta un gráfico que registra los valores del momento flexionante (M_2) a lo largo del nervio central, obtenidos para los Modelos 1 y 1 SI para la condición de carga de sismo.

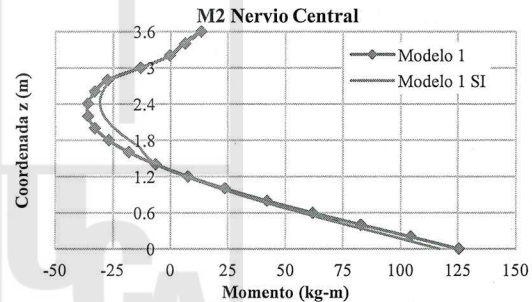


Fig. 4. Gráfico de resultados de M_2 para el nervio central bajo la condición de sismo.

El gráfico anterior muestra, por una parte, que los momentos flexionantes a lo largo del nervio varían desde valores extremos en la base hasta valores nulos aproximadamente a un metro de altura. A mayores alturas el signo de flexión cambia, pero se mantiene con magnitudes bajas. Por otra parte,

se observa que la presencia de la solera intermedia no afecta sensiblemente las magnitudes extremas del momento flexionante.

A la luz de estos resultados, se realizó una comparación adicional entre éstos y dos elementos verticales sometidos a una carga uniformemente distribuida proveniente de un análisis de áreas tributarias, bajo las condiciones: empotrado-apoyado y empotrado en la base. Los valores obtenidos se resumen en la Tabla I.

Tabla 1
Comparación de método de áreas tributarias y resultados del sap 2000 para el nervio central.

Método de Análisis	Momento (kg-m)	Fuerza Cortante (kg)
SAP 2000	129.76	110.18
Condición empotrada en la base	571.79	317.66
Condición empotrada – apoyada	142.95	198.54

En consecuencia, con los resultados de la Tabla I, parece más razonable considerar que el nervio tiene un comportamiento como empotrado en la base, y apoyado en el borde superior, cuando se realiza un análisis por áreas tributarias; ya que, el comportamiento de placa (y particularmente la flexión en la dirección perpendicular a la que sufre el nervio) impide que el nervio funcione en condición de voladizo (empotrado en la base) y que incluso presente cambios en el signo del momento flector.

2) *Distribución de las reacciones verticales y horizontales en las paredes:* La Fig. 5 presenta un gráfico que registra los valores fuerzas horizontales a lo

largo de la base de todas las paredes de los Modelos 1 y 1 SI para la condición de carga de sismo. Convenientemente se han suprimido los valores de fuerza en los nervios en la Fig. 5 b), debido a que éstos presentan magnitudes muy grandes, lo cual dificulta la apreciación de la distribución de fuerzas en los paneles de mampostería.

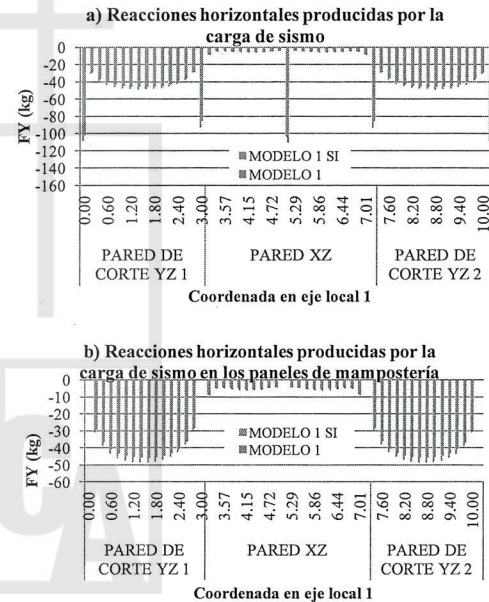


Fig. 5 Gráficos de reacciones horizontales producidas por la carga de sismo en la base de las paredes de los modelos 1 y 1 SI.

La Fig. 6 presenta un gráfico que registra los valores fuerzas verticales a lo largo de la base de todas las paredes de los Modelos 1 y 1 SI para la condición de carga de sismo.

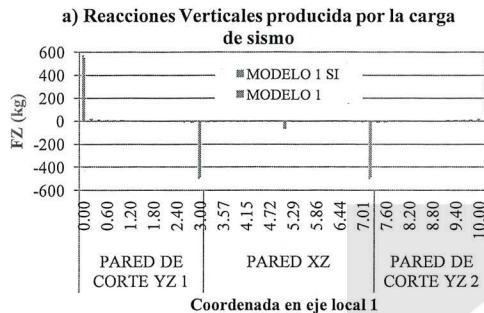


Fig. 6 a) Gráficos de reacciones verticales producidas por la carga de sismo en la base de las paredes de los modelos 1 y 1 SI.

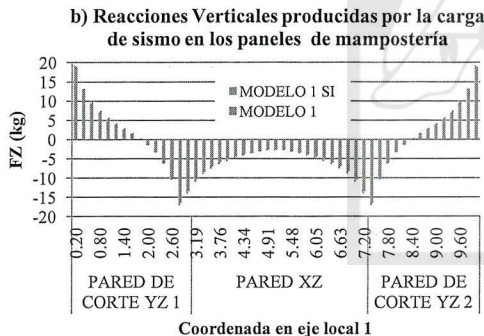
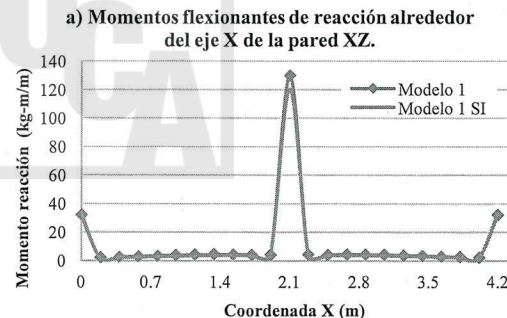


Fig. 6 b) Gráficos de reacciones verticales producidas por la carga de sismo en la base de las paredes de los modelos 1 y 1 SI suprimiendo los valores de fuerza en los nervios

Además de los análisis individuales que pueden derivarse de las figuras anteriores, es de importancia notar que, para ambas gráficas, la inclusión de la solera intermedia no representa una variación sensible de la magnitud de los resultados de fuerzas horizontales y verticales; si bien en algunos casos los reduce, ésta no constituye una disminución significativa.

3) *Distribución de los momentos flexionantes de reacción alrededor del eje X de la pared XZ:* El mismo análisis puede hacerse para los momentos flexionantes de la pared que recibe la carga perpendicular a su plano (la pared XZ). A manera de ejemplo, en la figura 7 a) se presenta un gráfico que registra los valores de momento flexionantes a lo largo de la base de la pared XZ en los paneles de mampostería y nervios provenientes de la carga de sismo, mientras que en la Fig. 7 b) se presenta el mismo análisis suprimiendo los valores de momento en los nervios.



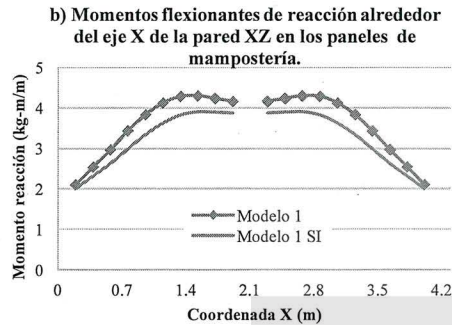


Fig. 7 Gráfico de momentos flexionantes de reacción producidos por la carga de sismo en la base de la pared XZ de los modelos 1 y 1 SI.

64

4) Variación de momentos en franjas horizontales y verticales de mampostería: En la figura 8 se muestran las gráficas de la variación de los momentos flexionantes alrededor del eje Z, en las franjas horizontales de mampostería, de la pared XZ. Se observa que la presencia de la solera intermedia modifica la distribución de los momentos a lo largo de la altura de la pared.

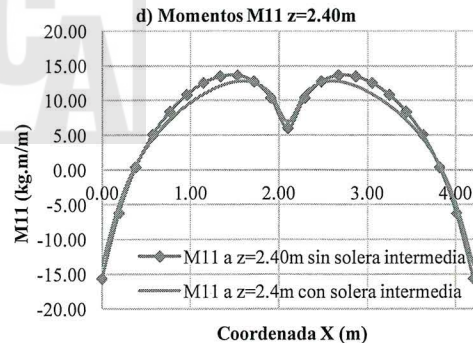
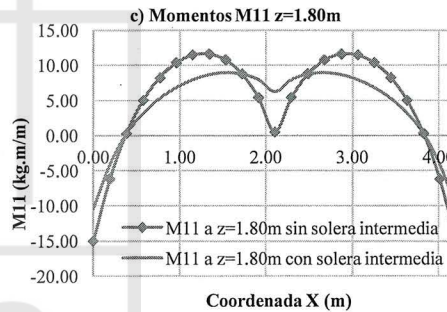
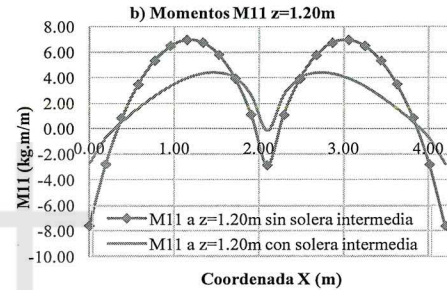
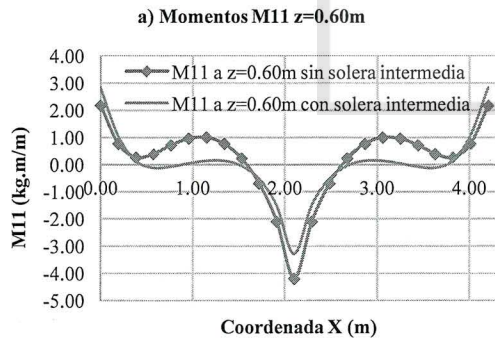


Fig. 8 Momentos flectores alrededor del eje Z en franjas horizontales.

En la figura 9 se presentan las gráficas de la variación de los momentos flexionantes alrededor del eje X, en las franjas verticales de mampostería, de la pared XZ. Se observa que la presencia de la solera intermedia modifica la distribución de los momentos a lo largo de la longitud de la pared.

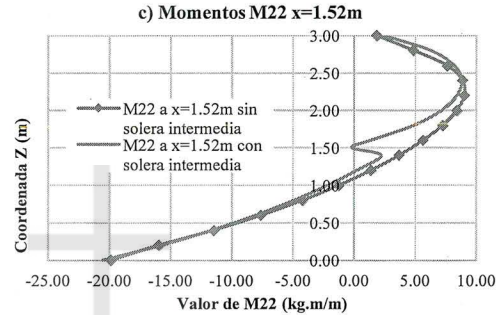
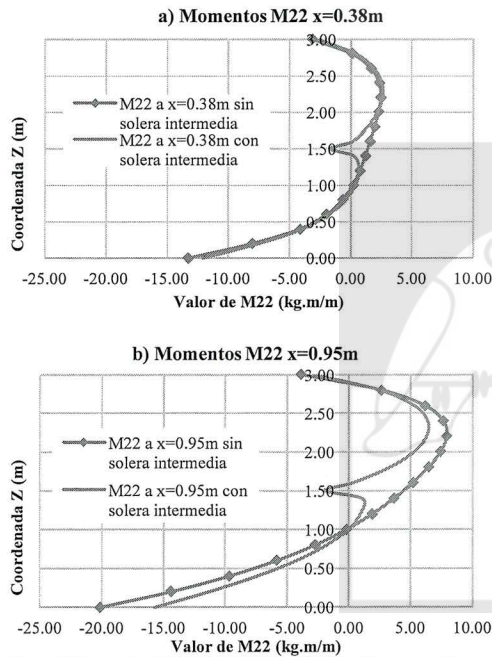


Fig. 9 Momentos flectores alrededor del eje X en franjas verticales.

B. Resultados del Modelo Casa Completa (Véase figura 10)

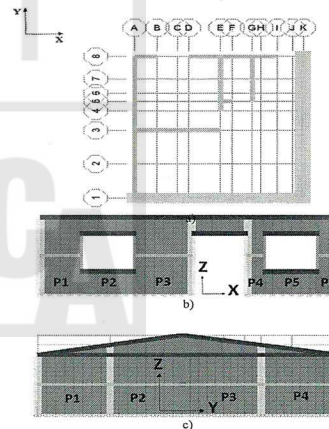


Fig. 10 a) Vista en planta de modelo casa completa, b) Pared frontal sobre eje 1 entre ejes A-K (pared con huecos) y c) Pared lateral sobre eje K entre ejes 1-8 (pared sin huecos). En b) y c) se indica la numeración de los Paneles (abreviados como "P") utilizados en el análisis.

1) Condición de sismo pura en dirección paralela al plano mayor de la pared.

- *Reacciones verticales: Comportamiento tensión-compresión.*

En la pared con huecos se observa un comportamiento individual tensión-compresión de los nervios que confinan las longitudes efectivas de pared. Entendiendo por longitud efectiva de pared, aquella en la que la pared es continua en toda su altura. (Ver figura 11).

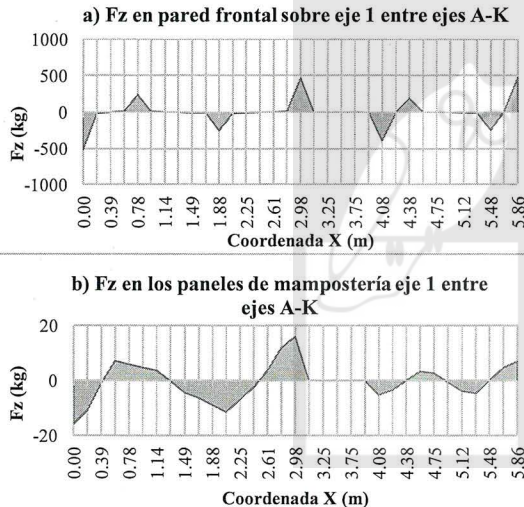


Fig. 11 a) Gráfico de reacciones verticales producidas por la carga de sismo en la dirección paralela al plano de la pared, en la pared eje 1 entre ejes A y K. **b)** representación del gráfico a) suprimiendo los valores en los nervios.

Por otro lado, para la pared sin huecos el patrón de tensión-compresión se aprecia únicamente en los nervios de los extremos. (Ver figura 12).

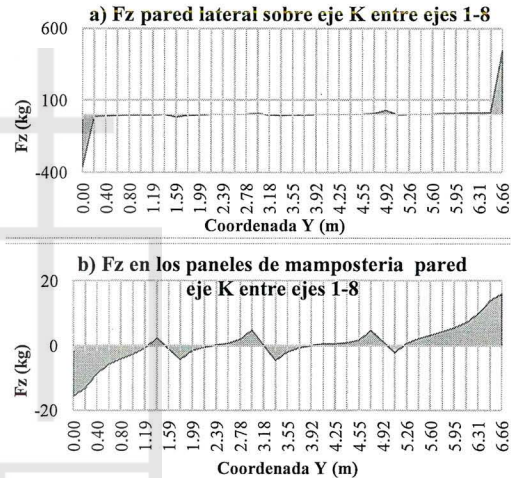


Fig. 12 a) Gráfico de reacciones verticales producidas por la carga de sismo en la dirección paralela al plano de la pared, en la pared eje K entre ejes 1 y 8. **b)** representación del gráfico a) suprimiendo los valores en los nervios.

- *Reacciones horizontales: Comportamiento de Cortante en viga de gran peralte.*

Para las fuerzas horizontales, el comportamiento de la pared con huecos se observa que la distribución de fuerzas hace que la pared trabaje en dos porciones separadas por el hueco de la puerta. Dichas distribuciones se asemejan a la distribución del esfuerzo cortante en una sección rectangular ($\tau = VQ / Ib$). (Ver figura 13)

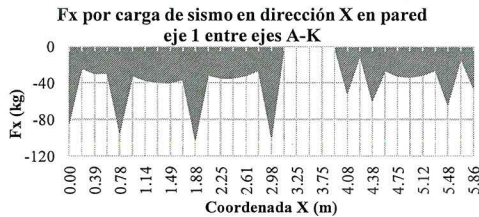


Fig. 13 Gráfico de reacciones horizontales producidas por la carga de sismo en la dirección paralela al plano de la pared, en la pared eje 1 entre ejes A-K.

Por otra parte, en la pared sin huecos se observa el mismo comportamiento de la distribución de esfuerzo cortante, esta vez de forma uniforme debido a la carencia de discontinuidad a lo largo de la misma. (Ver figura 14).

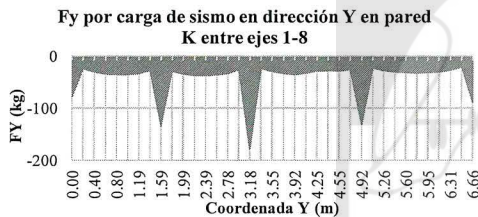


Fig. 14 Gráfico de reacciones horizontales producidas por la carga de sismo en la dirección paralela al plano de la pared, en la pared eje K entre ejes 1-8.

2) Condición de sismo pura en dirección perpendicular al plano mayor de la pared.

- *Reacciones verticales:*

Cuando el sismo actúa perpendicular al plano de las paredes, los apoyos intermedios ubicados en

los nervios y paneles de mampostería, no se someten a fuerzas verticales considerables, son más bien los nervios en los extremos los que reportan grandes valores de fuerza, debido a que estos nervios también pertenecen a las paredes perpendiculares, que son las que reciben el sismo en su plano. Este comportamiento se observa en la figura 15.

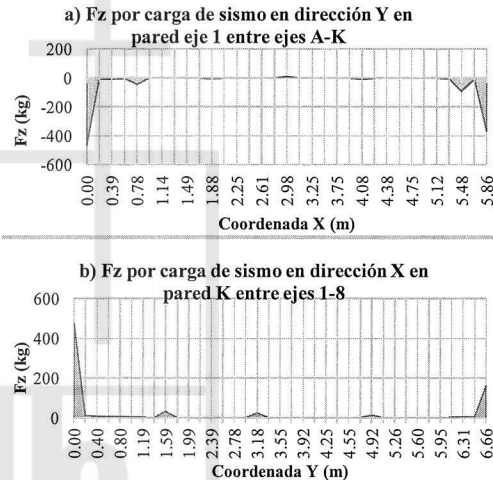


Fig. 15 Gráfico de reacciones verticales producidas por la carga de sismo en la dirección perpendicular al plano de las paredes a) eje 1 entre ejes A-K y b) eje K entre ejes 1 y 8 respectivamente.

- *Reacciones horizontales:*

Por su parte, para las fuerzas horizontales producidas por el sismo en dirección perpendicular a su plano, se observa que las fuerzas crecen en magnitud al centro de las paredes, lo cual es consistente con un comportamiento de placa. Esto

podría deberse a que en los extremos las paredes se encuentran restringidas a flexión por las paredes perpendiculares, de forma que, en las cercanías de su centro, la pared se encuentra más libre para flexionar ante fuerzas perpendiculares a su plano. (Ver figura 16).

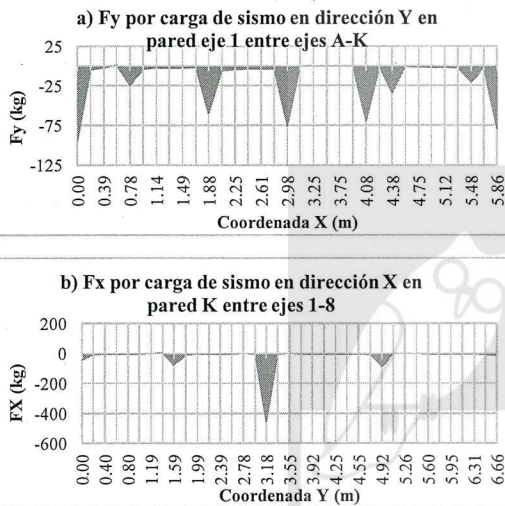


Fig. 16 Gráfico de reacciones horizontales producidas por la carga de sismo en la dirección perpendicular al plano de las paredes a) eje 1 entre ejes A-K y b) eje K entre ejes 1 y 8 respectivamente.

3) Índices de Cortante: Se define como la cantidad de fuerza cortante por unidad de área en la que actúa. Se calcula como: $I_v = V / (L \cdot t)$.

En la Tabla II se registran los valores de índices de cortante calculados para los paneles de mampos-

tería de la pared que no tiene huecos de puertas o ventanas (pared eje K entre ejes 1-8, ver figura 10 c) para la numeración) cuando el sismo actúa en dirección paralela al plano de la pared.

Tabla 2
Valores de índices de cortante en pared sin huecos

Elemento	Cortante (V) [kg]	Largo (L) [m]	Cortante Parcial (%)	Índice de Cortante (Iv) [kg/m ²]
PANEL 1	-224.42	1.440	297.88	-1039.0
PANEL 2	-236.14	1.440	313.43	-1093.2
PANEL 3	-268.92	1.590	356.94	-1127.5
PANEL 4	-260.61	1.590	345.91	-1092.7

En la Tabla III se registran los valores de índices de cortante calculados para los paneles de mampostería de la pared que tiene huecos de puertas o ventanas (pared eje 1 entre ejes A-K, ver figura 10 b) cuando el sismo actúa en dirección paralela al plano de la pared.

Tabla 3
Valores de índice de cortante en pared con huecos

Elemento	Cortante (V) [kg]	Largo (L) [m]	Cortante Parcial (%)	Índice de Cortante (Iv) [kg/m ²]
PANEL 1	-83.08	0.66	6.94	-845.6
PANEL 2	-184.86	1.00	15.45	-1232.4
PANEL 3	-158.53	0.93	13.25	-1142.6
PANEL 4	-9.90	0.18	0.83	-377.1
PANEL 5	-150.04	1.00	12.54	-1000.3
PANEL 6	-13.38	0.26	1.12	-349.8

Las tablas anteriores muestran que, para la pared sin huecos, los índices de cortante son muy similares en los paneles de mampostería, por el contra-

rio, en la pared con huecos, los índices de cortante entre paneles presentan diferencias significativas. Lo expuesto anteriormente sucede también en los índices de cortante calculados cuando el sismo actúa en dirección perpendicular al plano mayor de la pared.

4) *Comportamiento de la combinación de carga muerta más sismo:* En la distribución de fuerzas verticales producida por la combinación de la carga muerta más sismo predomina el comportamiento de carga muerta, pues, aunque la distribución de fuerzas verticales por carga de sismo presenta tensiones en algunos elementos, en la combinación solo pueden apreciarse fuerzas de compresión en todos los elementos, tal como se muestra en la figura 17 y figura 18.

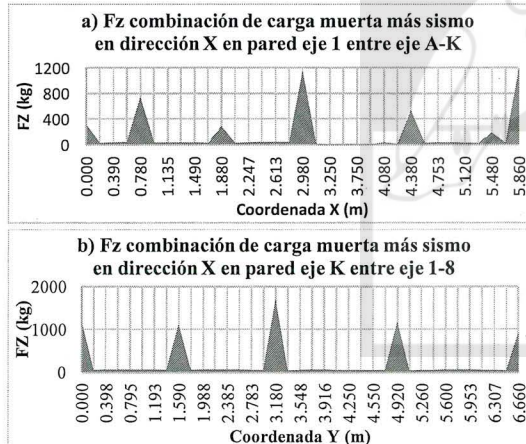


Fig. 17 Gráfico de reacciones verticales producidas por la combinación de carga muerta más carga de sismo en la dirección X de las paredes a) eje 1 entre ejes A-K y b) eje K entre ejes 1 y 8 respectivamente.

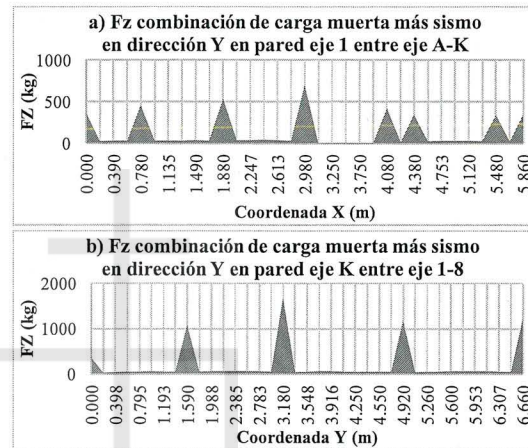


Fig. 18 Gráfico de reacciones verticales producidas por la combinación de carga muerta más carga de sismo en la dirección Y de las paredes a) eje 1 entre ejes A-K y b) eje K entre ejes 1 y 8 respectivamente.

Los resultados anteriores pueden ser el inicio de un estudio más detallado del comportamiento estructural de las viviendas a base de mampostería de suelo-cemento, para esto, se puede en principio, profundizar el análisis del Modelo de Casa Completa, con la finalidad de encontrar patrones de comportamiento que conduzcan a establecer criterios particulares para el diseño de los componentes estructurales del sistema constructivo. Posteriormente, se vuelve necesario hacer estudios paramétricos para conocer factores críticos en el diseño de la estructura.

Conclusiones

Sobre la base de los resultados obtenidos en los modelos 1 y 1 S1, para la condición de sismo, se observó que la inclusión de la solera intermedia, no genera en las paredes del modelo una variación en la distribución de fuerzas cortantes horizontales y verticales en la base, solamente una pequeña diferencia en sus magnitudes. En la pared que recibe la carga perpendicular a su plano, si bien reduce los valores de los momentos de reacción en la base, estos no representan una disminución significativa. Además, tanto para la mampostería como para los elementos de concreto reforzado, su inclusión no se traduce a diferencias apreciables en las magnitudes de los momentos flexionantes. Por todo lo anterior, podría decirse que para el modelo en régimen elástico de media casa con las características particulares descritas anteriormente, la solera intermedia no tendrá influencia en las acciones de diseño.

Tanto las franjas verticales de mampostería como el nervio central de la pared que recibe la carga perpendicular al plano presentan tendencias en sus diagramas de momentos muy similares: registran su valor máximo en la base, disminuyen a valores nulos cerca del tercio de la altura, cambian de signo y alcanzan un valor relativo máximo con una magnitud mucho menor que la de la base. Sobre la base de estas tendencias, considerar, para el diseño del nervio central, un modelo de áreas tributarias y condición de voladizo resulta excesivamente conservador. Parece mucho más razonable considerar una condición empotrada-apoyada, al menos para esta proporción de longitud no arrios-

trada por paredes perpendiculares (4.0 m) a altura máxima (3.6 m).

Aunque es muy difícil describir la diferencia entre las tendencias de los diagramas de momentos de las franjas horizontales de mampostería, si es apreciable el efecto de la rigidez que posee el nervio central a la altura de la franja. Nótese por ejemplo la diferencia de tendencias en estos diagramas muy cerca del centro de la pared para la franja horizontal más baja.

El modelo de casa completa y particularmente los resultados obtenidos con el programa SAP 2000 para las paredes seleccionadas (una con aberturas y otra sin ellas) y para las condiciones de carga consideradas (carga muerta y sismo en las dos direcciones principales de una edificación) han descubierto patrones claros de comportamiento que pueden explorarse y estudiarse más para extraer información confiable y conservadora que pueda utilizarse como criterios y guías de diseño de este sistema constructivo.

Referencias

- [1] De Hasbun, P., Ramos, J. A., Gutiérrez, M., Ventura, E., Escobar, C., Ayala, N., . . . López, M. (2009). *Mampostería Suelo Cemento Confinada*. Antiguo Cuscatlán.
- [2] Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto. (s.f.). *Fabricación de ladrillos de suelo cemento*. Antiguo Cuscatlán.

- [3] Ministerio de Obras Públicas. (2004). *Norma especial para diseño y construcción de viviendas*.
- [4] Calderón, S., & Montes, E. (2009). *Generalidades del comportamiento de Cascarones y placas, y fundamentos del análisis estructural de placas*. Antigua Cuscatlán.

