

al inicio de la prueba. En cuanto a la variación en el amortiguamiento, se presentó en forma igualmente lenta, y el incremento de 50 por ciento en dicho índice correspondió a una intensidad de 380 por ciento que la del sismo real.

En la tabla 4 se muestra la relación entre la intensidad inducida a los modelos sin refuerzo y la de los reforzados para cuando las estructuras se consideraron como sin daño y colapsadas según el criterio establecido en párrafos anteriores. Esta tabla permite realizar comparaciones acerca de la eficiencia para aumentar la resistencia de los distintos procedimientos de refuerzo ante fuerzas de origen sísmico. Se puede ver que el sistema más eficiente es el de la malla por ambas caras del muro, le sigue el de la cadena perimetral con tensores verticales; de menor eficiencia resultan los tensores verticales y horizontales junto con el sistema que emplea únicamente la dala perimetral de concreto. Los procedimientos que resultaron menos eficientes, pero que aumentaron considerablemente la resistencia de los modelos, fueron los muros interiores para reducir la longitud de los muros largos, y los tensores horizontales en la parte superior de los muros.

4. CONCLUSIONES

Las deficiencias de las viviendas de adobe y en general de las de mampostería no reforzada, en lo que se refiere a su resistencia ante sismos, están claramente identificadas; esto permite establecer recomendaciones concretas para subsanar defectos.

Debe distinguirse el problema de las nuevas construcciones del de la seguridad de las viviendas existentes. Se considera en términos generales que las precauciones para construir una vivienda de adobe adecuadamente sísmo-resistente y duradera exceden al costo de una construcción de muros de tabique o de bloque confinados con dalas y castillos. Para este último tipo de construcción existen criterios y normas establecidas con los que se logra una seguridad ante sismo. El problema crítico es la situación del gran número de viviendas de adobe existentes en zonas sísmicas para las que deben establecerse procedimientos para incrementar su seguridad dentro del alcance de los habitantes.

De los estudios realizados se desprende que el procedimiento de refuerzo más eficaz consiste en una malla de acero clavada en ambas caras del muro y con las precauciones descritas para asegurar la continuidad y liga entre los muros. Este sistema proporciona además una protección al adobe contra el intemperismo, manteniendo íntegras sus propiedades; su inconveniente es el relativo costo de los materiales.

Un procedimiento con una eficiencia menor, aunque mucho más económico y sobre todo fácil de colocar sin alterar la habitabilidad de la vivienda durante la construcción, es el de tirantes. Los tirantes horizontales ensayados en este trabajo mostraron su capacidad para mantener unidos los muros aun ante intensidades sísmicas elevadas. Sin embargo, el nivel de daño es muy alto y conviene considerar un arreglo de tirantes más completo, incluyendo refuerzo vertical en los huecos y en las esquinas.

El refuerzo con viga cadena en el extremo superior fue más eficaz que los tirantes horizontales e igualmente efectivo que el de tirantes horizontales y verticales, aunque no impidió un daño importante en las esquinas de los muros, en las que se requeriría un refuerzo vertical adicional. Este procedimiento tiene la desventaja de requerir el soporte o la remoción total o parcial del techo para su colocación.

Se han analizado aquí únicamente los aspectos esenciales de los procedimientos de refuerzo; existen detalles adicionales que es necesario cuidar para un buen comportamiento sísmico como son la rigidización del techo en su plano para que forme un diafragma, la adecuada liga del techo a los muros, el refuerzo local en los huecos, y la fijación de las tejas para evitar su deslizamiento.

Con respecto a los ensayos en mesa vibratoria puede concluirse que, aun reconociendo las limitaciones propias de la reproducción parcial de los efectos sísmicos y por la imposibilidad de representar en el modelo todas las características del prototipo, se considera que constituyen una excelente manera de evaluar cualitativamente el comportamiento sísmico y de comparar la eficacia de diversos procedimientos de refuerzo.

Sería muy conveniente seguir con estudios de este tipo para afinar procedimientos de refuerzo y para el estudio de otros procedimientos constructivos, formas de vivienda y materiales componentes.

5. RECONOCIMIENTO

Una buena parte del estudio fue patrocinada por la Dirección General de Obras de Mejoramiento Urbano de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, y otra contó con el patrocinio de la Dirección General de Atención de Emergencias Urbanas y Prevención de Desastres dependiente de la misma Secretaría.

6. REFERENCIAS

1. Bazán, E, Padilla, M y Meli, R, "Análisis sísmico de viviendas de adobe", *Memorias Conferencia Centroamericana de Ingeniería Sísmica*, San Salvador (1978)
2. Galindo, A S, "La vivienda rural frente a los efectos sísmicos", *Memorias IV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Oaxaca (1975)
3. Escalante, P C y Merrifield, C C, "Casas de adobe antisísmicas", *Dirección General de Servicios Técnicos, SAHOP, informe interno* (1977)
4. Martínez, R B y Escalante, P C, "Pruebas dinámicas en una vivienda de adobe reforzada para resistir temblores en Chiapa de Corzo, Chis", *Instituto de Ingeniería, UNAM, informe interno* (1976)
5. "Asismicidad en viviendas económicas", *Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento, Bogotá* (1959)
6. Ambraseys, N N, "An earthquake engineering study of the buyin-zahra earthquake of September 1st, 1962, in Iran", *Procs III World Conference on Earthquake Engineering*, 3, Nueva Zelanda (1965)
7. Vugrinec, E, "Dettagli costruttivi della posa dei tiranti", *cuaderno 6, Centro di ricerca applicata e documentazione, Udine* (1977)

8. Pinar, "Hystorical and modern earthquake-resistant construction in Turkey, *Procs World Conference on Earthquake Engineering*, Berkeley, Cal (1956)

9. Meli, R, Hernández, B O, "Recomendaciones sobre el empleo de mampostería en construcciones para vivienda en zonas sísmicas", *Ingeniería Sísmica*, 14 (1976)

10. Meli, R y Reyes, G A, "Propiedades mecánicas de la mampostería", *Instituto de Ingeniería, UNAM*, 237 (1969)

11. Yamashiro, K R, Sánchez, O A y Morales, M R, "Diseño sísmico de construcciones de adobe y suelo estabilizado", *Universidad Nacional de Ingeniería, Lima* (1975)

12. Corazao, M y Blondet, M, "Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a sollicitaciones sísmicas", *Depto de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Perú* (1973)

13. Meli, R, "Bases para los criterios de diseño estructural del proyecto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", *Ingeniería*, 46 2 (1976)

14. Hernández, O y Meli, R, Padilla, M y Valencia, E, "Refuerzo de la vivienda económica en zonas sísmicas. Estudios Experimentales", *Instituto de Ingeniería, UNAM*, 441 (1981).