

Tercer Encuentro Académico

SEDATU

SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



CONAVI

COMISIÓN NACIONAL
DE VIVIENDA



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Noviembre 2016

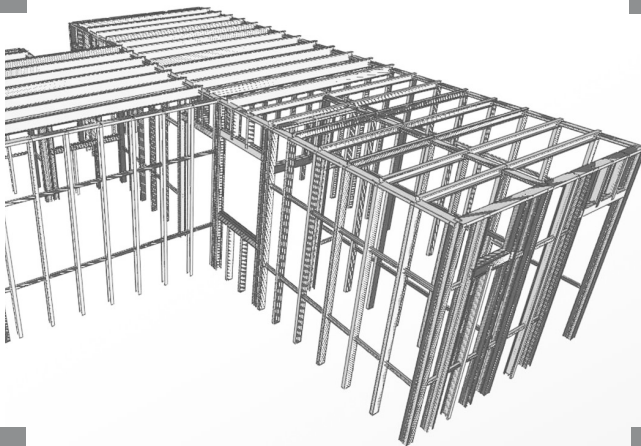


Figura 1

Sistemas estructurales de acero rolado en frío para viviendas en zonas afectadas por subsidencia

Se tiene como objetivo principal el estudiar la viabilidad técnica de utilizar sistemas estructurales de acero rolado en frío para construir viviendas en zonas afectadas por subsidencia.

El fenómeno de subsidencia se ha generalizado en el territorio mexicano en las últimas décadas en los valles donde el acuífero está formado por materiales no consolidados tales como depósitos aluviales, lacustres o volcano-sedimentarios geológicamente recientes.

Las zonas de fracturamiento activas asociadas a subsidencia, inducen deformaciones en las construcciones en forma de asentamientos diferenciales, provocando graves daños estructurales en las obras civiles en general y en las viviendas en particular.

Las viviendas en su mayoría son construidas utilizando sistemas de mampostería,

teniendo como desventaja que dichos sistemas estructurales no presentan un comportamiento adecuado ante las grandes distorsiones angulares debidas a los hundimientos diferenciales del suelo.

Las autoridades encargadas de delimitar las zonas de crecimiento urbano han tomado como política ante el fenómeno de subsidencia, la prohibición de edificar viviendas sobre zonas de fracturamiento e inclusive en zonas aledañas a estas, desaprovechándose una gran superficie de terreno que podría desarrollarse.

Asimismo existe la práctica de demoler las construcciones ubicadas en estas zonas, sin el reemplazo de las mismas,

causando un daño irreparable en el patrimonio de las familias.

Por tal motivo, se estudió el sistema de acero rolado en frío como una alternativa viable, debido a que estos sistemas tienen un comportamiento mecánico muy favorable desde el punto de vista de ductilidad, lo que lo hace idóneo para absorber deformaciones importantes sin sufrir daños significativos, lo que podría ser muy favorable como sistema estructural en zonas afectadas por subsidencia.

Asimismo, la versatilidad y practicidad de este método de construcción, permiten reparar de una manera muy sencilla y rápida cualquier elemento estructural de la vivienda afectada.

Planteamiento y desarrollo de la investigación.

La metodología seguida en este proyecto de investigación consideró la simulación numérica y experimental ante hundimientos diferenciales con el fin de evaluar la magnitud de los daños y verificar la viabilidad de dicho sistema ante sollicitaciones por subsidencia.

La simulación numérica incluyó la fabricación de los elementos metálicos estructurales, la caracterización mecánica y termográfica (flexión, compresión, flexo-compresión, curvas momento-rotación por pandeo local y distorsional) y el análisis estático no-lineal mediante la técnica denominada pull-down, tanto de paneles planos como de una vivienda a escala real, en software de análisis numérico especializado. En la Figura 1 se muestra una imagen de la vivienda analizada.

La técnica del pull-down, de manera análoga al pushover, consiste en “tirar” de una estructura hacia abajo, mediante una carga monotónica incremental, de manera que las deformaciones verticales aumenten hasta llegar al colapso. En esta

técnica se aplica en un análisis estático no lineal donde se pueden ver los daños de los elementos estructurales en forma de articulaciones plásticas.

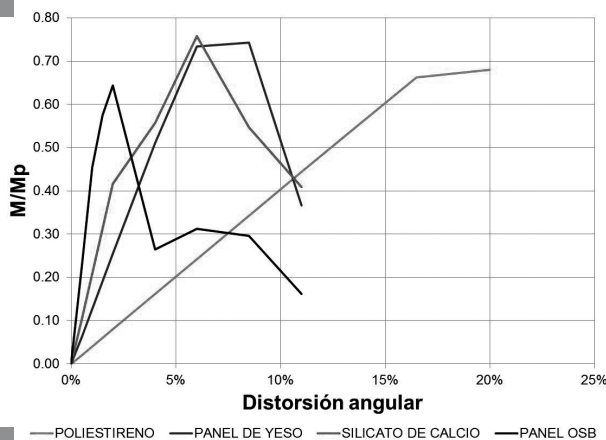
La simulación experimental consistió en realizar ensayos de carga lateral en paneles planos en el marco de reacción (ver Figura 2), así como de diseñar y construir una plataforma de simulación de subsidencia, la cual es capaz de reproducir hundimientos diferenciales mediante un sistema de actuadores hidráulicos y sobre la cual se construyó una vivienda a escala real de acero rolado en frío.

Dicha plataforma de simulación de subsidencia, la cual se construyó en el Laboratorio de Tecnología de Estructuras y Materiales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, es una instalación experimental de laboratorio, única a nivel mundial a nivel de instalaciones experimentales para la investigación en ingeniería estructural, tal como se muestra en la Figura 3.

Principales resultados de la investigación.

En base a los resultados numéricos y experimentales se realizó un análisis de vulnerabilidad mediante la determinación de curvas de fragilidad, teniendo como variable de demanda la distorsión angular y como estados de daño los correspondientes a la proporcionalidad del momento actuante en relación al momento plástico del perfil, es decir, la relación entre la demanda y la capacidad de la estructura, como se observa en la Figura 4.

Se obtuvieron resultados muy satisfactorios en cuanto al muy adecuado comportamiento estructural desde el punto de vista de ductilidad y flexibilidad del sistema estructural, ya que en base a la simulación numérica y a la experimen- ➤



Figuras 2, 3 y 4

tación se observó básicamente que dicho sistema es capaz de soportar adecuadamente grandes distorsiones angulares (debidas a hundimientos diferenciales verticales) sin sufrir daños apreciables, y con una capacidad portante muy adecuada.

Como conclusión, se determinó que la utilización de este sistema estructural es muy adecuada para reducir daños y garantizar la seguridad estructural en viviendas construidas en zonas afectadas por hundimientos diferenciales debidos a agrietamientos del suelo asociados el fenómeno de subsidencia.

Los resultados derivados de este proyecto de investigación, contribuyeron en el avance en el estado del conocimiento en diversas áreas:

- Ingeniería estructural: avances en la investigación de sistemas estructurales resistentes a grandes distorsiones

angulares por hundimientos diferenciales, incluidos los efectos de subsidencia. Asimismo, avances en la investigación de caracterización de vulnerabilidad de estructuras de acero rolado en frío de lámina delgada ante hundimientos diferenciales.

- Estructuras de acero rolado en frío: avances en la investigación de análisis estático no-lineal pull-down o análisis por desempeño de estructuras de acero rolado en frío de lámina delgada.
- Caracterización termográfica: avances en la investigación sobre aplicaciones de termografía en caracterización mecánica de estructuras metálicas.

Por otro lado, se publicaron los resultados derivados del proyecto de investigación en libros y revistas especializadas indexadas en el JCR (Journal Citation Reports),

tales como Thin-Walled Structures de la editorial Elsevier y se difundieron los resultados en Congresos Internacionales, en países como México, Estados Unidos, Japón, Marruecos, Brasil y Colombia.

De igual forma, se fortaleció la formación de recursos humanos de alto nivel, ya que se apoyó mediante becas a alumnos de licenciatura, maestría y doctorado, así como a alumnos visitantes de otras universidades del país. También se contó con la colaboración de investigadores de otras instituciones de educación superior.

Potencial de aprovechamiento para el sector de la vivienda.

Los mecanismos de transferencia del conocimiento generado hacia los usuarios de este proyecto, los cuales son: el Colegio de Ingenieros Civiles de Aguascalientes, A.C., la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción y el Instituto de Vivienda Social y Ordenamiento de la Propiedad del Estado de Aguascalientes, consisten en trabajar conjuntamente en la utilización de la plataforma de simulación de subsidencia, con el objeto de tener una colaboración más estrecha en proyectos de investigación para determinar la respuesta de estructuras para vivienda ante hundimientos diferenciales por subsidencia, en laboratorio.



José Ángel Ortiz

Profesor Investigador Titular C del Departamento de Construcción y Estructuras de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Ingeniero Civil por la UAA con Mención Honorífica. Doctor en Ingeniería de la Construcción por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España con reconocimiento "Cum Laude", becario del CONACYT. Posdoctorado en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Aguascalientes.

Investigador Nacional nivel I del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Reconocimiento a Perfil Deseable de PRODEP. Miembro del American Concrete Institute (ACI) y del American Iron and Steel Institute (AISI).