



Evaluación experimental del comportamiento de elementos prefabricados de concreto (baldosas horizontales y columnas), bajo la aplicación de cargas perpendiculares al plano de la pared

Experimental assessment of the behavior of prefabricated concrete elements (horizontal tiles and columns), under the application of perpendicular loads to the wall plane

Víctor Andrey Bogantes Sánchez

Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
victor.bogantes@ucr.ac.cr

Francisco Villalobos Ramírez M.Sc.

Jefe del Laboratorio de Estructuras LanammeUCR
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
francisco.villalobosramirez@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 15 de enero 2020 / Fecha de aprobación: 4 de enero 2021

Índices y Bases de Datos:

latindex

UCRIndex

REDIB

Dialnet

DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

PERIÓDICA

biblat
Bibliografía Latinoamericana

ERIH PLUS
EUROPEAN REFERENCE INDEX FOR THE
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

Políticas de Uso:



Revista Métodos y Materiales por LanammeUCR se distribuye bajo: Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. ISSN electrónico: 2215-4558

Evaluación experimental del comportamiento de elementos prefabricados de concreto (baldosas horizontales y columnas), bajo la aplicación de cargas perpendiculares al plano de la pared

Experimental assessment of the behavior of prefabricated concrete elements (horizontal tiles and columns), under the application of perpendicular loads to the wall plane

Víctor Andrey Bogantes Sánchez

Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
victor.bogantes@ucr.ac.cr

Francisco Villalobos Ramírez M.Sc.

Jefe del Laboratorio de Estructuras LanammeUCR
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
francisco.villalobosramirez@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 15 de enero 2020 / Fecha de aprobación: 4 de enero 2021

RESUMEN

En esta investigación se estudió el sistema prefabricado de columnas y baldosas con cargas uniformemente distribuidas perpendiculares al plano de la pared. Para esto, se construyó una pared a escala natural conformada por dos paños de baldosas, viga solera y una cimentación de concreto. Se aplicó carga al sistema mediante bolsas de aire para generar una presión uniforme en la pared.

El principal resultado es la comprobación experimental de que las columnas son el elemento crítico de diseño en el sistema prefabricado de columnas y baldosas. Se logró demostrar también que los requisitos de resistencia establecidos en INTE C131:2019 son adecuados para que el sistema resista cargas de viento y sismo de manera segura.

PALABRAS CLAVE: elementos prefabricados de concreto, columnas, baldosas, cargas fuera del plano

ABSTRACT

In this research it was studied the prefabricated system of columns and horizontal tiles with uniformly distributed loads perpendicular to the plane of the wall. For this, a wall on full scale was built, it was made by two stacks of tiles, top plate beam and concrete foundation. The load was applied with air bags to generate a uniform pressure on the wall.

The most important result is the experimental verification that the columns are the critical design element in prefabricated system of columns and horizontal tiles. It was also possible to demonstrate that the resistant requirements established in INTE C131:2019 are adequate for support wind and earthquake pressure safely.

KEYWORDS: Precast concrete elements, columns, tiles, loads out of plane.

1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica el sistema prefabricado de columnas y baldosas ha tenido gran auge en las últimas décadas. La técnica se ha desarrollado de tal manera que, hoy en día es capaz de ofrecer soluciones que aventajan en tiempo y precio a otras metodologías de construcción, sin menguar en calidad ni buenos resultados arquitectónicos.

Desde la década de los ochentas se han realizado investigaciones en este sistema prefabricado. Uno de los primeros trabajos realizados fue el de Calvo en 1987, cuyo tema de estudio fue “Revisión experimental del sistema Prefa para paredes”. Los resultados de Calvo fueron de suma importancia en la definición del comportamiento de las cimentaciones de la probeta experimental de la presente investigación. Posteriormente, en el año 2018 Alonso Valverde realiza una investigación titulada “Determinación experimental de la distribución de fuerzas en baldosas de concreto en paredes prefabricadas”. Los resultados de Valverde permitieron, a partir de pruebas experimentales, conocer el comportamiento estructural de una pared prefabricada de columnas y baldosas con cargas paralelas a su plano; pero al mismo tiempo, hicieron surgir la necesidad de realizar una investigación en la que se evaluara el comportamiento del sistema Prefa para cargas ortogonales al plano.

El Código Sísmico de Costa Rica 2010 (Revisión 2014) en su capítulo de diseño simplificado para vivienda unifamiliar, establece algunos requisitos geométricos, cuantía de acero y esquemas constructivos sobre el sistema prefabricado de columnas y baldosas. Por otra parte, INTECO desarrolló la norma INTE C131:2019 en la que establece requisitos de resistencia a la flexión para columnas y baldosas. Sin embargo, no se había demostrado experimentalmente que estos son adecuados para resistir de manera segura cargas distribuidas perpendiculares al plano.

Esta investigación pretende comprobar experimentalmente que, los requisitos de la norma INTE C131:2019, son adecuados para que el sistema sea seguro ante el embate de eventos naturales y en caso contrario, dar recomendaciones para que se ajusten los requisitos de resistencia.

2. METODOLOGÍA

De manera general, el proyecto se desarrolló siguiendo tres etapas o fases que se describen a continuación:

2.1. Fase Teórica

En esta etapa se realizó una revisión bibliográfica sobre los trabajos anteriores. Dentro de las principales fuentes de información destacan las siguientes.

El trabajo de Valverde (2018), sentó las bases experimentales para probetas de paredes prefabricadas a escala natural en el laboratorio.

De la investigación de Amrhein, J. & Lee, D. (1984), se tuvo gran aporte en cuanto a la forma de aplicar cargas uniformemente distribuidas a una pared, mediante bolsas de aire.

La investigación de la UTP de Panamá en el 2018. De este trabajo se tuvo un gran aporte para determinar las rigideces flexionantes (EI) para el rango de comportamiento elástico.

2.2. Fase Experimental

Primeramente, se caracterizaron los materiales prefabricados con los que se trabajó en la investigación. Después de esto, se procedió con el diseño y construcción de una probeta experimental a escala natural compuesta por: cimentación rígida de concreto diseñada para anclarla mediante pernos al piso reforzado del Laboratorio de Estructuras, dos paños de baldosas, viga solera y dos tubos en voladizo en los extremos que aportan rigidez lateral a la solera.

Una vez construida la probeta experimental, se realizó el ensayo con cargas ortogonales al plano. Para aplicar una presión uniforme en toda la pared, se utilizaron bolsas de aire empujadas por una plataforma rígida de acero que a su vez se impulsó con dos pistones hidráulicos, como se muestra en la Figura 1.

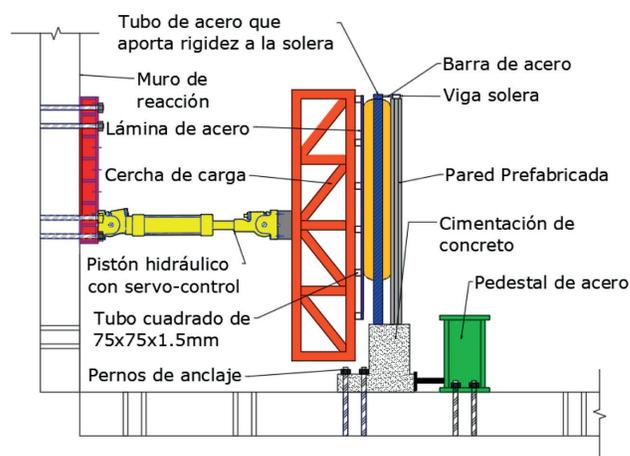


Figura 1. Esquema de montaje experimental

Para concluir con la fase experimental, se derivan los modelos analíticos que tratan de predecir, de manera teórica, el comportamiento de la pared ante la aplicación de cargas uniformemente distribuidas perpendiculares al plano.

2.3. Fase de Análisis

Esta etapa consistió en analizar los resultados experimentales y compararlos con los modelos analíticos. Finalmente, se redactaron las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

3. MATERIALES Y COMPONENTES

Se realizó una caracterización física y mecánica de los materiales con los que se trabajó. Estos resultados fueron utilizados para la elaboración del modelo analítico, y de esta forma poder comparar el modelo analítico con los resultados experimentales.

3.1. Perfiles de acero

Para la viga solera se utiliza un perfil de acero C 150x50x2,37 mm. Este cumple con lo solicitado en el CSCR-10 para una distancia de hasta 6 m entre soportes laterales de las paredes. Se utilizan tubos cuadrados de 100x100x2,37 mm, actuando en voladizo para rigidizar lateralmente los extremos de la solera.

3.2. Columnas prefabricadas

Se ensayaron tres columnas de acuerdo con el procedimiento establecido en INTEC133:2017. La longitud de las columnas es de 3,00 m. Además, son pretensadas con una fuerza de 70,6 kN aplicada en un torón de 7 hilos y se utiliza concreto con una resistencia nominal a la compresión axial de 55 MPa. Adicionalmente se instalaron galgas extensiométricas en la

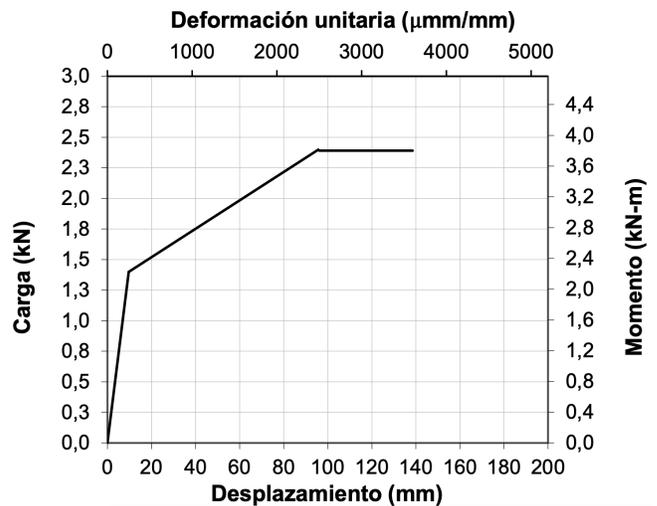


Figura 2. Curva de carga vs desplazamiento y momento vs deformación unitaria para columna nominal

base de las columnas para medir la deformación unitaria en compresión del concreto. Las galgas utilizadas fueron HBM 1-LY41-100/120 con resistencia nominal de 120 Ohmios y longitud nominal de medición de 100 mm. Finalmente, se obtuvo una curva promedio del comportamiento de las columnas como se muestra a continuación en la Figura 2.

Los ejes de carga y desplazamiento del gráfico anterior corresponden a una columna en voladizo con una carga puntual en la punta. Sin embargo, la relación de momento y deformación unitaria se pueden aplicar a cualquier condición de apoyos y carga para la columna, siempre y cuando no haya carga axial en ella. Además, se determina también el (EI) antes y después del agrietamiento de la columna, cuyos valores se presentan en la Tabla 1. La relación entre el momento flector y la deformación unitaria en el concreto está dada en la ecuación (1).

| Tabla 1. Características mecánicas para la columna nominal | | | | | |
|--|---------------------------------|--|--|---|--|
| Momento de agrietamiento (M_{cr}) (kN-m) | Momento máximo (M_R) (kN-m) | Rigidez no agrietada (K_0) (kN/mm) | Rigidez agrietada (K_{cr}) (kN/mm) | (EI) ₀ (kN mm ²) | (EI) _{cr} (kN mm ²) |
| 2,10 | 3,81 | 0,145 | 0,0117 | 1,98x10 ⁸ | 1,59x10 ⁷ |

$$M = \begin{cases} 8,4 \times 10^{-5} \left(\frac{kN \cdot m}{\mu \cdot mm} \right) \varepsilon & 0,00 \mu \frac{mm}{mm} \leq \varepsilon \leq 250 \mu \frac{mm}{mm} \\ 6,46 \times 10^{-4} \left(\frac{kN \cdot m}{\mu \cdot mm} \right) \varepsilon + 2 \text{ kN} \cdot \text{m} & 250 \mu \frac{mm}{mm} < \varepsilon \leq 2400 \mu \frac{mm}{mm} \end{cases} \quad (1)$$

Donde

M= momento flector

ε = deformación unitaria en el concreto

3.3. Baldosas prefabricadas

Las baldosas utilizadas tienen dimensiones nominales de 150 cm x 50 cm x 4,0 cm. Reforzadas con una malla de alambre grafilado MD 13 ASTM A1064, colocados con 12,5 cm de separación en ambas direcciones. El concreto utilizado en la construcción de la baldosas posee una resistencia nominal a la compresión axial de 28 MPa

En este caso, no se determina la curva de momento vs deformación unitaria en el concreto porque el montaje experimental, dado en INTE C133:2017, no permite conocer con exactitud el punto donde se producirá la falla por flexión. Por lo tanto, se determina el momento resistente máximo (M_r) de tres baldosas y se trabaja con el promedio de estos que corresponde a $M_r=1140$ Nm/m

4. PROBETA EXPERIMENTAL

El diseño de la probeta comenzó por encontrar la forma de proveer experimentalmente la rigidez lateral a la solera para representar las condiciones de una estructura real, donde la solera tiene un aporte importante en la resistencia del sistema. El esquema de la Figura 3 representa las condiciones bajo las cuales se determina la rigidez lateral de la solera. Esta rigidez fue suministrada mediante dos perfiles cuadrados de acero actuando en voladizo como se muestra en la Figura 4.

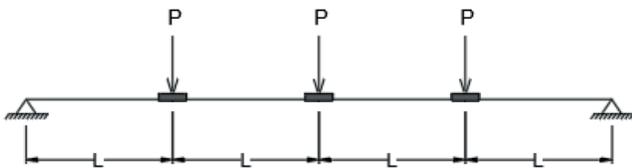


Figura 3. Esquema de análisis para la solera de una pared de cuatro paños de baldosas

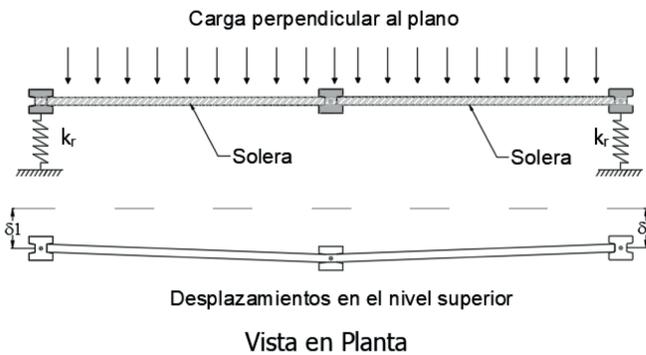


Figura 4. Esquema de la rigidez que aporta la solera

En la fase teórica se determinó que la rigidez lateral de la solera, utilizando el esquema de la Figura 4, está dada por la siguiente ecuación:

$$k_r = \frac{EI_{sol}}{7,59 m^3} \quad (2)$$

Donde

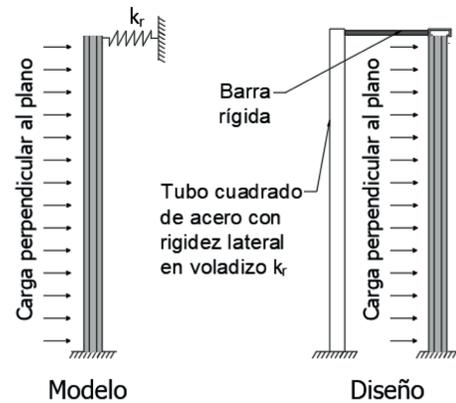
EI_{sol} = producto del módulo de elasticidad de la solera y la inercia en el eje fuerte de esta

Para proveer la rigidez lateral a la solera mediante tubos en voladizo, se necesita un perfil de acero con una inercia de $I=137$ cm⁴. El perfil utilizado tiene $I=142$ cm⁴ con lo cual se tiene un 3,4 % de diferencia y se determina que este cumple con la rigidez necesaria.

Se diseñó una placa de fundación de 20 cm de espesor, 85 cm de ancho y 330 cm de largo. De la placa salen tres pedestales de concreto en los cuales se embebieron las columnas y los tubos como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Probeta experimental



5. ENSAYO CON BOLSAS DE AIRE

En el ensayo se utilizaron tres bolsas de aire para generar una presión uniforme en la pared. Las bolsas se empujan mediante una plataforma rígida de acero que son impulsadas con dos pistones hidráulicos como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Fotografía del ensayo con bolsas de aire

La carga se aplicó de manera monotónica en un total de diez incrementos hasta alcanzar la falla de la estructura. La presión máxima alcanzada, calculada como la fuerza total en los pistones dividida entre el área de la pared, fue de 3,60 kPa. En la Tabla 2 se presenta la presión aplicada en cada incremento. En la Figura 7 se muestra el gráfico de carga y desplazamiento obtenido según los incrementos de fuerza establecidos.

| Tabla 2. Protocolo de carga utilizado en el ensayo | | | | |
|--|------------------|------------------|---------------|------------------|
| Paso | Fuerza aplicada | | | Presión (kPa) |
| | Pistón 1 (kN) | Pistón 2 (kN) | Total (kN) | |
| 1 | 1,80 | 1,90 | 3,70 | 0,617 |
| 2 | 2,45 | 2,55 | 5,00 | 0,833 |
| 3 | 3,60 | 3,20 | 6,80 | 1,13 |
| 4 | 4,04 | 3,46 | 7,50 | 1,25 |
| 5 | 5,50 | 5,32 | 10,8 | 1,80 |
| 6 | 6,10 | 5,84 | 11,9 | 1,99 |
| 7 | 7,60 | 7,20 | 14,8 | 2,47 |
| 8 | 8,90 | 8,26 | 17,2 | 2,86 |
| 9 | 10,5 | 9,50 | 20,0 | 3,33 |
| 10 | 11,2 | 10,4 | 21,6 | 3,60 |

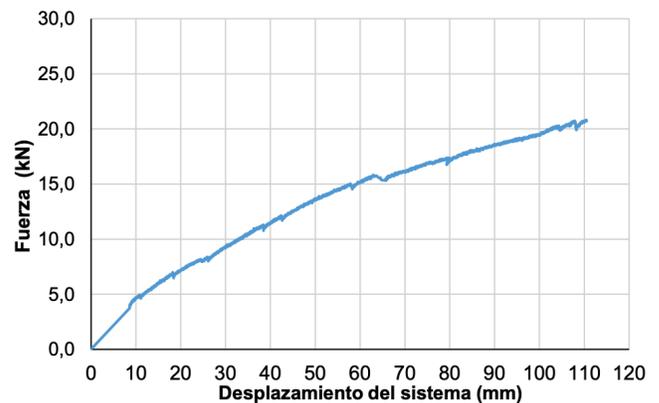


Figura 7. Curva de desplazamiento total en la cúspide de la columna central con la fuerza total en los pistones

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Evaluación del Daño

La columna central es el primer elemento en sufrir daño, esta se agrietó en el segundo incremento de carga. Posteriormente se agrietaron las columnas de los extremos en el paso tres.

A partir del cuarto incremento de carga hasta el sexto, las grietas de las columnas comenzaron a hacerse más profundas, pero las baldosas no presentaron daño. No fue sino hasta el séptimo incremento de carga que se registró daño en las baldosas de los paños superiores, en este momento la presión estimada es de 2,40 kPa. Se continuó con los incrementos de carga y las grietas en las baldosas comenzaron a propagarse hasta que todas estaban agrietadas.

No se encontró daño en la unión entre la solera y las columnas que, en este caso, se compone de una varilla doblada y soldada al perfil C 150 x 50 x 2,37 mm.

Al llegar al noveno incremento de carga, los transductores de desplazamiento (LVDT's) de la parte superior llegaron a su máxima capacidad de medición, por lo que se procedió a retirarlos para no provocar daños en el equipo de toma de datos. En la Figura 8 se muestra el de manera esquemática el daño de la estructura al finalizar el ensayo.

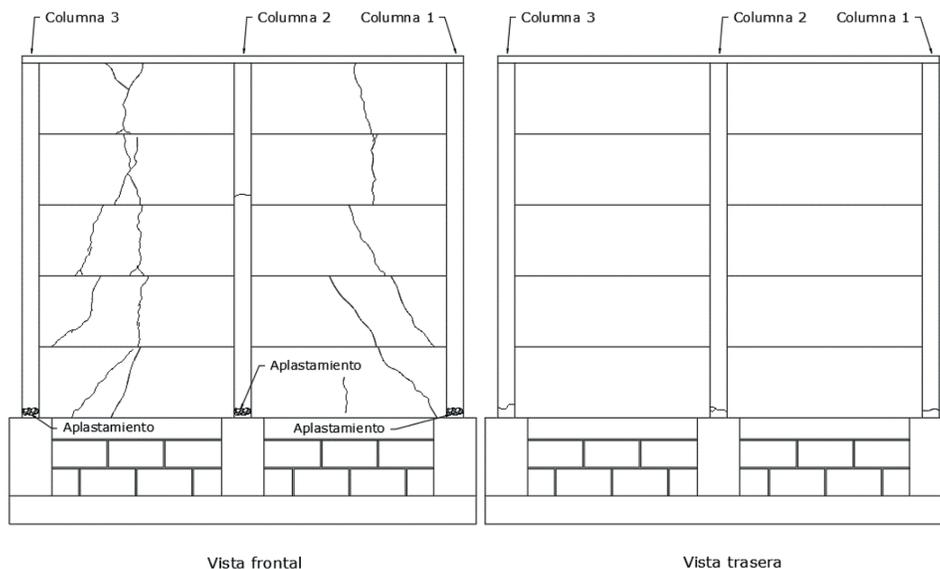


Figura 8. Esquema de registro de daño en la probeta experimental

6.2. Gráficos Experimentales

6.2.1. Columnas

Se midió la deformación unitaria del concreto en la base de las columnas y se determinó una relación lineal entre esta y la presión aplicada como se muestra en la Figura 9. Posteriormente, utilizando la Ecuación (1) se calcula el momento flector al que está siendo sometida la columna central como se presenta en la Figura 10.

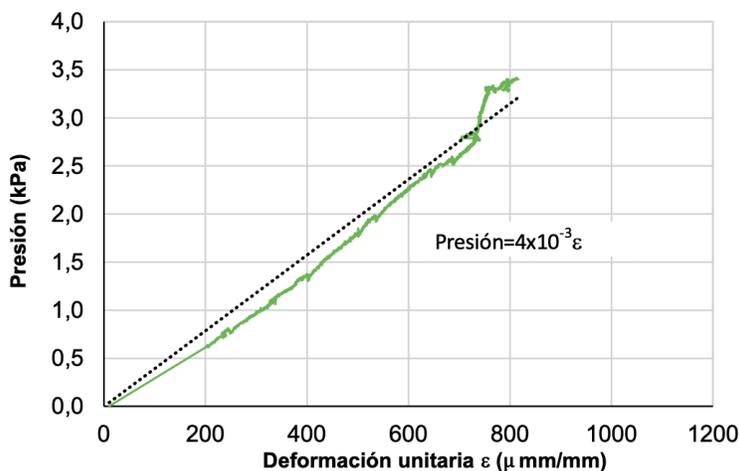


Figura 9. Relación entre la presión y la deformación unitaria en el concreto en la base de las columnas

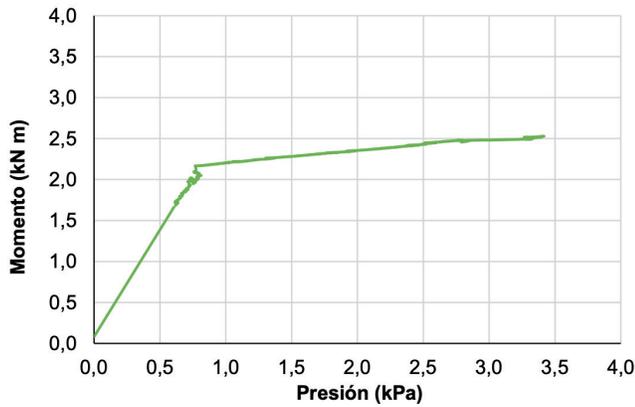


Figura 10. Curva de momento flector en la base de las columnas según la presión aplicada

En la Figura 10 se demuestra cómo existe un gran cambio en la rigidez rotacional de la columna después del agrietamiento. Esto genera que la columna no sea capaz de seguir tomando carga y llegar a los 3,0 kN m que es la resistencia mínima a flexión establecida por INTE C131:2019.

6.2.2. Baldosas

En las baldosas se determina el momento flector en el centro de estas.

El momento flector que se presenta en la Figura 11, es una estimación utilizando la ecuación de una viga simplemente apoyada $M = \omega l^2 / (8b)$, donde b es el ancho de la baldosa, ω es la carga uniformemente distribuida y l es la longitud de la baldosa. La división entre b , se realiza para obtener el momento flector en las baldosas para un ancho unitario.

Después de 9,5 mm de desplazamiento los datos dejan de ser representativos. Esto se debe a que se alcanza la máxima capacidad de los LVTD's que realizan las mediciones de desplazamientos. Sin embargo, se realiza un ajuste de los datos de este tramo, para estimar la presión necesaria para alcanzar el momento mínimo de resistencia establecido en la norma INTE C131:2019 para las baldosas.

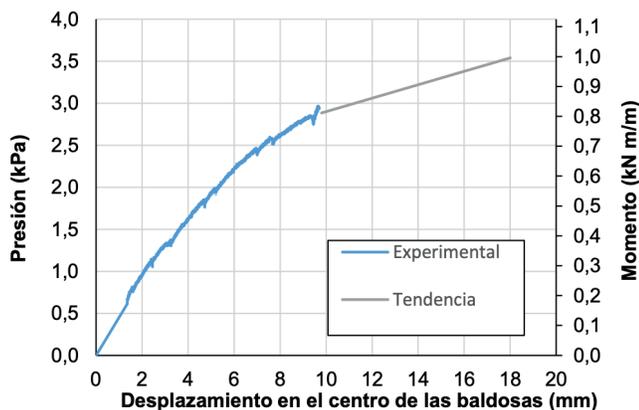


Figura 11. Comportamiento estructural de la baldosa

6.3. Modelos analíticos

6.3.1. Columnas

Después de un análisis teórico de la probeta experimental, tomando en cuenta las rigideces laterales de las columnas, se determina la demanda de flexión en la columna central y se compara con los resultados experimentales como se presenta en la Figura 12.

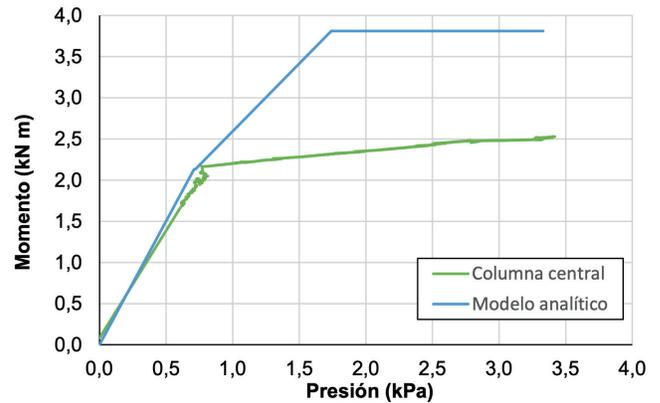


Figura 12. Variación del momento flector en la base de la columna central con la presión aplicada

El modelo analítico se ajusta al modelo experimental hasta que se alcanza el agrietamiento de la columna central. Después de esto el sistema muestra una sobrerresistencia. Aunque las columnas ya no toman más flexión en este punto, la solera comienza a redistribuir la carga a los elementos que todavía tienen capacidad.

Por otra parte, se genera una trabazón entre columnas y baldosas producto del aumento de la curvatura de las columnas. Cuando las columnas se curvan, estas tienen que flexionar las baldosas como se ilustra en la Figura 13. Las baldosas también ofrecen una resistencia a la flexión en esa dirección que hace que el sistema ofrezca una mayor rigidez lateral.

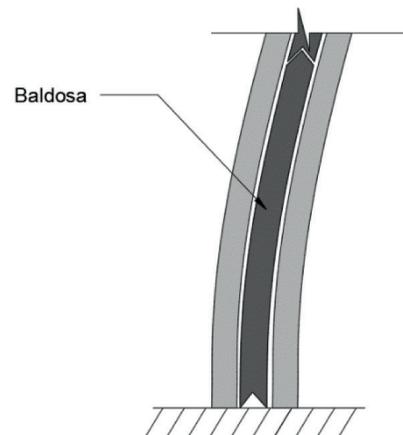


Figura 13. Esquema de curvatura en la baldosa

6.3.2. Baldosas

Las baldosas se estudiaron como losas en una dirección o vigas simplemente apoyadas en las columnas. Al realizar los cálculos con el valor de momento resistente máximo de las baldosas (1140 Nm/m), se obtiene que la presión máxima que estas pueden resistir antes de la falla es de 4,05 kPa.

La presión que resisten las baldosas antes de la falla es mucho mayor que la que resisten las columnas. Esto indica que la columna es la que rige en resistencia para cargas fuera del plano.

6.3.3. Cargas de sismo

El coeficiente sísmico depende de parámetros como la aceleración efectiva, el factor de importancia de la estructura, factor espectral dinámico y la sobre resistencia de esta. Para el análisis se utilizaron los parámetros que daban como resultado el coeficiente sísmico más alto posible para este tipo de estructuras según el CSCR-10. En la Tabla 3 se presenta la determinación del coeficiente sísmico.

| Parámetro | Valor |
|-----------------------------------|-------|
| Zona sísmica | IV |
| Tipo de suelo | S3 |
| Aceleración efectiva (a_{ef}) | 0,44 |
| Sobrerresistencia (SR) | 1,20* |
| Factor de importancia (I) | 1,00 |
| Ductilidad global (m) | 1,50 |
| FED | 1,77 |
| Coeficiente sísmico (C_s) | 0,65 |

*Aunque el sistema no se comporta como un voladizo, como criterio conservador, se utiliza la sobrerresistencia de un voladizo, ya que así se obtiene un coeficiente sísmico más alto.

La pared cuenta con un peso de 8,50 kN (tres columnas y diez baldosas) y un área de 7,50 m². Con lo cual, utilizando un coeficiente sísmico de 0,65 se estima una presión debida a sismo de 0,73 kPa. Esta presión es menor que 0,75 kPa, que es la que se necesita para generar el agrietamiento en las columnas.

6.3.4. Cargas de viento

Para la determinación de cargas de viento se trabajó con un borrador del Código de Viento de Costa Rica que aún no ha sido publicado, por lo que los resultados aquí presentados podrían estar sometidos a modificaciones una vez que se publique el documento oficial del Código de Viento de Costa Rica. La información utilizada corresponde a la presentado por 2014, B. (2017, agosto).

Se tomaron los parámetros que generan la condición crítica que podría presentarse. A continuación, en la Tabla 4 se muestran los valores mencionados.

Al igual que en el sismo, la presión debida a la acción del viento no es suficiente para alcanzar el agrietamiento de las columnas.

| Parámetro | Presión externa | Presión interna |
|---|-----------------|-----------------|
| Zona de eólica | V | V |
| Velocidad básica de viento V_b (km/h) | 140 | 140 |
| Presión básica de viento q_b (kPa) | 0,96 | 0,96 |
| Coeficiente de exposición C_e | 0,90 | 1,00 |
| Coeficiente de recurrencia C_r | 1,00 | 1,00 |
| Coeficiente topográfico C_t | 1,00 | 1,00 |
| Coeficiente de direccionalidad C_d | 0,85 | 0,85 |
| Presión de viento q (kPa) | 0,74 | 0,82 |
| Coeficiente de presión externa C_f | 0,68 | N/A |
| Coeficiente de presión interna C_{fi} | N/A | -0,18 |
| Presión neta de diseño p (kPa) | 0,65 | |

6.4. Influencia de la Rigidez Kr

Si $K_r=0$, el sistema se comporta como un voladizo y tiene un desplazamiento muy grande en la cúspide de la columna central, por lo que la demanda de flexión en la base de la columna aumenta y puede resistir menos presión. Pero cuando K_r tiende a infinito el sistema se comporta como si tuviera un apoyo simple en la parte superior de las columnas y el momento flector en la base de estas es mucho menor, por consiguiente, puede resistir más presión. En la Figura 14 se muestra gráficamente este efecto.

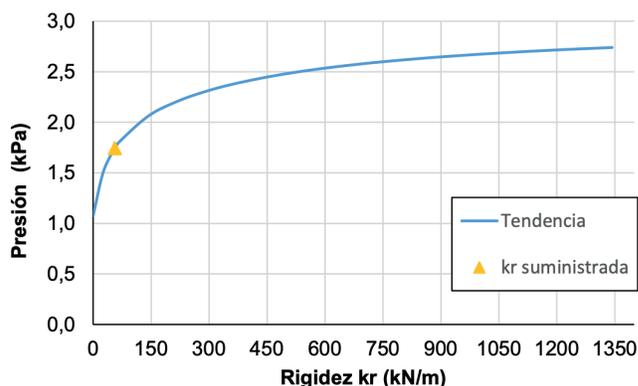


Figura 14. Variación de la presión que resiste la pared con la rigidez k_r de la solera

Con esto se demuestra que, aunque la solera no se puede modelar como un apoyo simple e infinitamente rígido, sí da un gran aporte a la resistencia total del sistema.

7. CONCLUSIONES

- Los requisitos de resistencia mínimos de la norma INTE C131:2019, son adecuados para que el sistema prefabricado de columnas y baldosas resista cargas uniformemente distribuidas perpendiculares al plano de la pared debidas a la acción de sismo o viento
- El elemento crítico de diseño para cargas perpendiculares al plano de la pared, son las columnas. Estas son las primeras en presentar daños considerables, mientras que las baldosas mantienen su integridad estructural.
- Las cargas de sismo y viento actuando fuera del plano a las que puede estar expuesta una vivienda tipo Prefa, no son suficientes para producir el agrietamiento de las columnas ni daño en las baldosas.
- Para cargas uniformemente distribuidas fuera del plano, antes de que las columnas se agrietan, el sistema tipo Prefa presenta un comportamiento que se alinea muy bien con los modelos teóricos. Después del agrietamiento de las columnas, el sistema ofrece una sobre resistencia producto de la redistribución de carga que realiza la solera, del entramamiento entre baldosas y columnas y de la sobrerresistencia de los materiales.
- Tomando en cuenta los resultados obtenidos por Valverde (2018) y los presentados en este trabajo, se puede concluir que no es necesario tener ductilidad en las baldosas siempre que se garantice una resistencia a la flexión mayor o igual que 1000 Nm/m según INTE C131:2019. Esto se debe a que la falla por resistencia se presentará primero en la columna, por lo tanto, este debe ser el elemento dúctil del sistema.

8. RECOMENDACIONES

- En el caso de tapias, las columnas se deben modelar como voladizos. La rigidez k_r de la solera que se modela como un resorte en la cúspide de la columna, solo aplica cuando existen paredes perpendiculares a la que se está analizando y que funcionan como apoyo rígido para las columnas exteriores de una pared.
- Incluir un inciso en el CSCR donde se sugiera, para la aplicación del método de diseño simplificado de viviendas tipo Prefa (baldosas horizontales y columnas), que estos elementos cumplan con los requisitos de resistencia mínimos establecidos en la norma INTE C131:2019. La columna analizada en esta investigación no alcanzó la resistencia requerida por la norma, pero aún así, esta resiste el sismo de manera segura. Por lo tanto, una columna que sí cumpla este requisito será también capaz de resistir las demandas debidas al efecto sísmico.

- Determinar la relación entre la deformación unitaria del concreto en compresión y el momento flector para las baldosas. Para esto debe utilizarse un montaje experimental diferente al que se especifica INTE C133:2017 para el ensayo de flexión, uno en el que se conozca con mayor precisión el punto de falla del elemento, por ejemplo, en voladizo.
- Analizar experimentalmente el comportamiento en el plano y fuera del plano de un sistema con solera de madera. Prestar especial atención a la unión entre la columna y la solera.

9. REFERENCIAS

- Amrhein, J. & Lee, D. (1984). Design of Reinforced Masonry, Tall Slender Walls. Western States Clay Products Association. San Francisco, California
- Calvo, J. (1987). Revisión experimental del sistema Prefa para paredes. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. (s.f.). Lineamientos para cargas de diseño por viento. Documento en calidad de borrador.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2014). Código Sísmico de Costa Rica 2010 (Revisión 2014). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- INTECO. (2019). Elementos prefabricados de concreto para la construcción de viviendas unifamiliares e infraestructura educativa de un nivel mediante el sistema de baldosas horizontales y columnas. Requisitos. INTE C131:2019. San José: INTECO.
- INTECO. (2017). Elementos prefabricados de concreto para la construcción de viviendas unifamiliares e infraestructura educativa de un nivel mediante el sistema de baldosas horizontales y columnas. Métodos de ensayo. INTE C133:2017. San José: INTECO.
- Mayorga, B. (2017, agosto). Introducción al nuevo Capítulo de Viento del CSCR. IV Seminario de Ingeniería Estructural y Sísmica. San José, Costa Rica.
- Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). (2018). Estudio experimental al sistema alternativo de construcción "Sistema modular de baldosas y columnas IDS". Informe de Laboratorio, Laboratorio de Estructuras, Centro Experimental de Ingeniería, Panamá.
- Valverde, A. (2018). Determinación Experimental de la distribución de fuerzas en baldosas de concreto en paredes prefabricadas. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.