

# EL PROBLEMA DE “PISO BLANDO”

Por: Ángel San Bartolomé  
Pontificia Universidad Católica del Perú

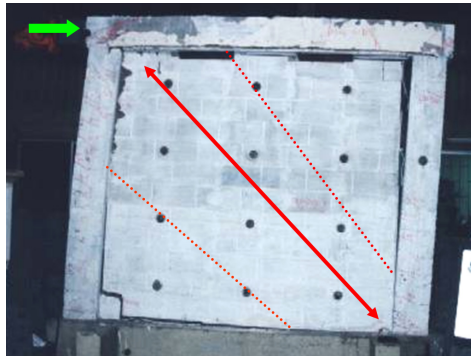
El problema de “Piso Blando” surge en aquellos edificios aporticados (compuestos predominantemente en su estructura por vigas y columnas), donde el piso en mención presenta alta flexibilidad por la escasa densidad de muros que impide controlar los desplazamientos laterales impuestos por los terremotos, en tanto que los pisos adyacentes son relativamente más rígidos por contener una mayor cantidad de muros.

Este es el caso, por ejemplo, de aquellos edificios que presentan en su primer piso cocheras, tiendas o restaurantes (Fig.1), donde por el uso que se le da tiene pocos muros, mientras que los pisos superiores, generalmente destinados a vivienda, contienen muchos tabiques de albañilería que los rigidizan lateralmente (Fig.2), al actuar el tabique durante el sismo como una especie de puntal diagonal sobre el pórtico que lo enmarca (Ref.1).



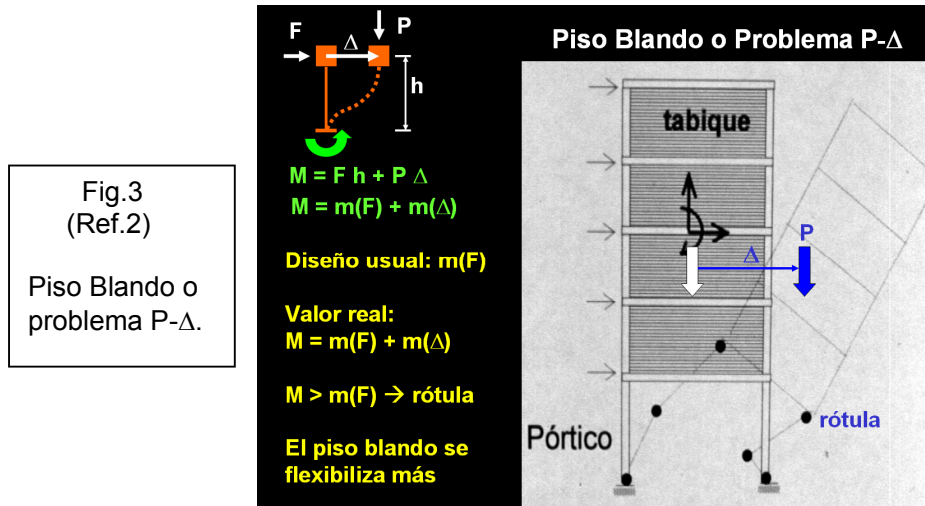
Fig.1. Ejemplo de edificios con “Piso Blando”.

Fig.2  
(Ref.1)  
Interacción  
pórtico-tabique.



## COMPORTAMIENTO DEL “PISO BLANDO” ANTE LOS SISMOS

Durante los sismos severos, o incluso a veces en los sismos moderados, en el “Piso Blando” se produce un gran desplazamiento lateral ( $\Delta$  en la Fig.3), que se traduce en una excentricidad de la carga vertical “P” proveniente de los pisos superiores rigidizados por los tabiques. Esto da lugar a un momento ( $P \times \Delta$ ) que debe ser equilibrado por los momentos flectores generados en los extremos de las columnas del “Piso Blando” ( $m(\Delta)$ ).



Muchas veces los ingenieros estructurales diseñan a las columnas del “Piso Blando” como para soportar los momentos flectores generados por la fuerza sísmica ( $m(F)$  en la Fig.3, o “análisis de primer orden”), obviando a los producidos por el desplazamiento lateral  $m(\Delta)$ . Con lo cual, durante el sismo, el momento flector actuante ( $M = m(F) + m(\Delta)$ ) supera a la capacidad resistente ( $m(F)$ ), dando lugar a la formación de rótulas en los extremos de las columnas del “Piso Blando” (Fig.4), lo que conduce a una mayor flexibilización del piso en mención (incremento de  $\Delta$ ), sobreviniendo finalmente el colapso de la edificación.



## FORMA APROXIMADA DE RESOLVER EL PROBLEMA P-Δ

En forma aproximada el problema de “Piso Blando” puede resolverse aplicando un sistema de fuerzas laterales equivalentes “F’i” en cada nivel “i” del edificio, de tal modo que reproduzcan los momentos “Mi” que generan los pesos de cada nivel (Pi) al desplazarse lateralmente la cantidad δi (Fig.5) por efectos de la fuerza sísmica Fi.

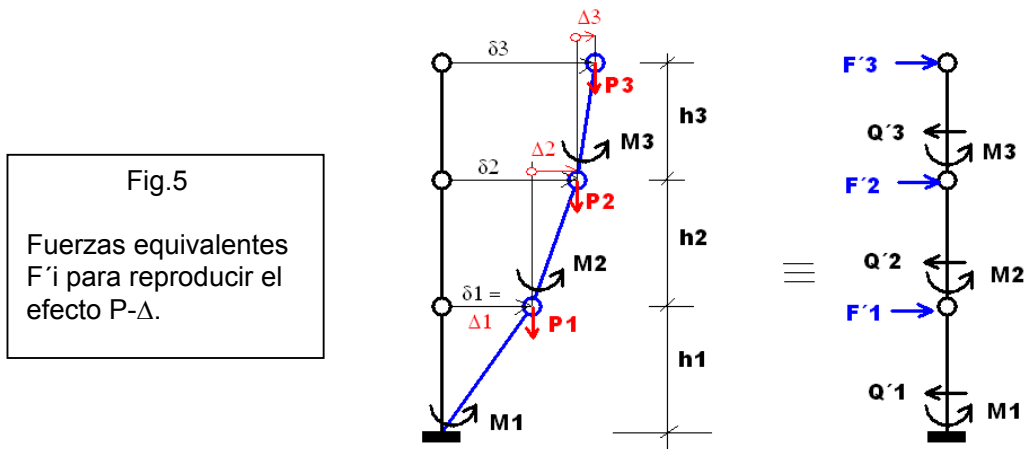
Denominando:

- i = dígito que identifica al nivel “i” o al piso “i” (i = 1, 2 o 3 en la Fig.5).
- δi = desplazamiento absoluto del nivel “i” causado por la fuerza sísmica “Fi”.
- Δi = δi+1 – δi = desplazamiento lateral relativo del piso “i”.
- hi = altura del piso “i”.
- Pi = peso del nivel “i”.
- ΣPj = peso acumulado en el piso “i” o suma de los pesos desde “i” hasta el último nivel.
- Q’i = fuerza cortante en el piso “i” producida por “F’i”.

Es posible lograr F’i con la expresión:  $F'i = Q'i - Q'_{i+1}$  ... (en el último nivel  $Q'_{i+1} = 0$ )

Donde:  $Q'i = (\Sigma Pj) \Delta i / h_i$

En esta última expresión, es conveniente amplificar al desplazamiento relativo del “Piso Blando” (usualmente el primer piso), por  $\frac{3}{4} R$  (Ref.4), donde “R” es el factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas, para de esta manera contemplar la incursión del “Piso Blando” en el régimen inelástico.



Luego, “F’i” se suma a la fuerza sísmica “Fi” y se vuelve a resolver el edificio. Esta nueva solución proporcionaría desplazamientos laterales δi diferentes a los del primer análisis, con lo cual habría que repetir el proceso hasta lograr la convergencia de “δi”; sin embargo, para efectos aproximados, se ejecuta sólo un ciclo de este proceso iterativo.

## CONCEPTOS ESTRUCTURALES ERRÓNEOS

Muchas veces se cree que los muros longitudinales, como el que aparece a la derecha en la Fig.4, proporcionan rigidez al “Piso Blando”, lo cual no es cierto, puesto que estos muros largos, sean de albañilería o de concreto armado, se comportan como láminas que proporcionan rigidez y resistencia sólo para cargas contenidas en su plano.

Otras veces se utilizan programas de cómputo que contemplan como opción la solución del problema P- $\Delta$ ; sin embargo, estos programas resuelven el problema sólo a nivel elástico, mientras que a nivel elasto-plástico ante los sismos severos, los desplazamientos laterales del “Piso Blando” son mucho mayores.

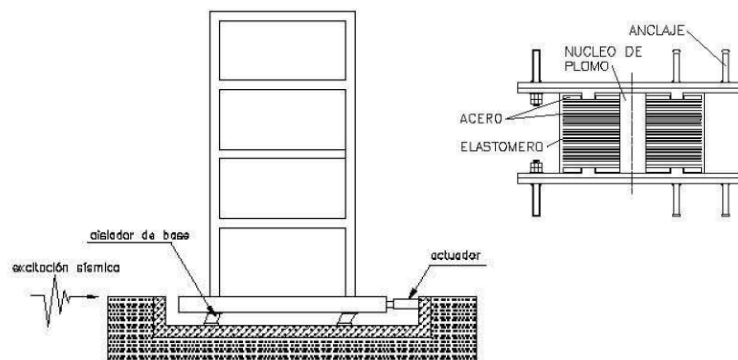
También algunos suponen que la existencia de tabiques en el “Piso Blando”, podría solucionar el problema, lo cual es cierto siempre y cuando el tabique se comporte en el rango elástico y esté lo suficientemente arriostrado para evitar su colapso ante cargas sísmicas perpendiculares a su plano. Pero, si el tabique llegase a fallar (Fig.6), se pierde su acción de puntal (Fig.2) y el problema P- $\Delta$  continuará subsistiendo.

Fig.6  
Piso blando  
causado por la  
falla de tabiques.



Antiguamente se suponía que el “Piso Blando” podría trabajar como una especie de fusible sísmico (como los aisladores de hoy en día, Fig.7), que permita la transmisión de fuerzas hacia los niveles superiores no más allá de la capacidad resistente del “Piso Blando”; sin embargo, una cosa es una columna de gran altura y otra cosa es un aislador de poca altura, diseñado como para absorber la carga vertical excéntrica.

Fig.7  
(Ref.3)  
Estructura  
con aislador  
en la base.



## CÓMO SOLUCIONAR EL PROBLEMA

El problema de “Piso Blando” se ha presentado en todos los países sísmicos del mundo (Fig.8), con lo cual, la mejor solución al problema es evitándolo desde la concepción arquitectónica del edificio, haciendo que los muros presenten continuidad a lo largo de su altura (Fig.9), por ejemplo, tratando que las cocheras estén en la parte externa del edificio.



Fig.8. Piso Blando en países sísmicos.

Fig.9. Solución correcta.

Una solución ideal, por ejemplo, sería crear edificios destinados a cocheras (“cocheras comunitarias”) cada tres cuadras, de modo que sean ocupados por los vehículos de los habitantes de la zona circundante, de esta manera, los edificios restantes no tendrían la necesidad de reservar espacios para estos vehículos y los muros sería continuos.

Para el caso de edificios existentes con “Piso Blando”, habría que resolver el problema mediante la rigidización de este piso, con la adición de muros de concreto armado, sin importar que se pierdan algunos espacios, en vista que es peor perder al edificio completo incluyendo los vehículos, y, a veces, hasta las vidas humanas.

## REFERENCIAS

1. Comentarios al capítulo 10 de la Norma E.070 “Interacción Tabique-Estructura Aportricada”. Blog de Investigaciones en Albañilería <http://blog.pucp.edu.pe/albanileria>
2. Edición digitalizada del libro “Análisis de Edificios”. Por: Ángel San Bartolomé. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Blog de Investigaciones en Concreto Armado <http://blog.pucp.edu.pe/concretoarmado>
3. Edificaciones con disipadores de energía. Por: Genner Villarreal Castro y Ricardo Oviedo Sarmiento. Artículo 20 del capítulo “Espacio Libre” del Blog de Investigaciones en Concreto Armado <http://blog.pucp.edu.pe/concretoarmado>
4. Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y SENCICO. Perú, 2006.