



MANUAL DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE SISTEMAS DE PISO A BASE DE VIGUETA Y BOVEDILLA PARA EDIFICACIONES EN ZONAS SÍSMICAS

Daniel Padilla Romero¹ y Sanchez Mesa Roque²

RESUMEN

El método de elementos finitos y de puntal y tirante son métodos bastante elaborados y requieren consumo de horas hombre que no son costeables en los proyectos estructurales. Es por esto que aquí se presenta un procedimiento de aplicación sencilla para el diseño de firmes de sistemas de piso en edificios que deben resistir la acción de las fuerzas inerciales causadas por el sismo.

El objetivo es que el ingeniero de la práctica lo emplee sin necesidad de procedimientos elaborados que requieren variables como la determinación de la rigidez de los elementos verticales que llegan al piso.

Los resultados obtenidos en esta propuesta y su respectiva comparación permiten concluir que el procedimiento de diseño es congruente con los resultados obtenidos de los análisis más elaborados, mostrando también que estos están del lado de la seguridad.

ABSTRACT

To go down in history, there are two engineering methods very accurately elaborated, one is called “the Finite Elements and the other is the Strut- Tie method”, where most of the time to fulfill the demands of work its required commitment and overtime of effort; since there are non profitable designing structure projects.

Today we are presenting a simple an easier procedure to design a more solid floor system for buildings, which are conceived to resist the inertial forces caused by earthquakes. Certainly, the obtained results in this proposal and its concerning comparison, let us conclude that the design procedure is consistent with the results obtained from more complex analysis, showing this method to be a secure tool.

ANTECEDENTES

Los sistemas de piso en edificaciones son esenciales para lograr un buen comportamiento sísmico de la estructura ya que la acción de diafragma rígido permite distribuir las fuerzas sísmicas actuantes en su plano a los elementos laterales resistentes (columnas y/o muros). Así mismo, es deseable que los sistemas de piso en general se comporten elásticamente durante el sismo de diseño de manera que no se requiera su reparación después de un sismo fuerte por la dificultad inherente de esta actividad. El diseño por capacidad es una herramienta usada para lograr un buen comportamiento sísmico, ya que se tienen que tomar en cuenta otros factores como son la evaluación de las fuerzas sísmicas en los pisos y su respectiva distribución en el diafragma.

Como ya se menciona, la hipótesis de diafragma rígido es esencial en el análisis y diseño sísmico de edificaciones y su empleo permite simplificar de manera considerable el análisis y diseño sísmico de los mismos; sin embargo, es necesario revisar y hacer que se cumpla esta hipótesis por medio de un diseño adecuado de la capa de compresión; Lamentablemente este diseño no está claro en los reglamentos por lo que generalmente se ignora. Aun cuando se sabe que México es un país con zonas de alta sismicidad, los sistemas de piso de edificios en el país en general no se diseñan ni se revisan para fuerzas sísmicas en su plano.

¹ Gerente, Asociación Nacional de Industriales de Vigueta Pretensada ANIVIP, González de Cossío 124 P.H., Col. Del Valle, 03100 México, D.F. Teléfono: (55) 1107-1910 Ext. 106; Fax: (55) 11071910 Ext. 112; rbetancourt@premex.com.mx.

² Candidato a Doctor, Instituto de Ingeniería de la UNAM; mringenieros@cablevision.net.mx.

Para elaborar el diseño sísmico de un sistema de piso se requiere hacer una evaluación de las fuerzas sísmicas en el plano y determinar la respectiva trayectoria de éstas. Para esto se usan dos tipos de análisis, los cuales son el método de elementos finitos y el método de puntal y tirante, en el primer método se identifican las trayectorias de las fuerzas inerciales en el piso las cuales se usan para validar las trayectorias propuestas en el segundo método aquí mencionado. Estos dos métodos requieren un consumo de horas hombre que los costos del diseño estructural no pueden absorber, es por esta razón que se hace necesario generar procedimientos de diseño simplificados que estén del lado de la seguridad que nos permitan diseñar los sistemas de piso antes eventos sísmicos. En lo que sigue se describe el método de diseño simplificado.

MÉTODO DE DISEÑO SÍSMICO SIMPLIFICADO

PROCEDIMIENTO

En este artículo se presenta un procedimiento de aplicación sencilla para el diseño del firme de sistemas de piso en edificios para resistir la acción de fuerzas sísmicas. El objetivo es que el ingeniero de la práctica lo emplee sin necesidad de procedimientos elaborados que requieran variables como la determinación de la rigidez de los elementos verticales que llegan al piso, soluciones elaboradas de elementos finitos o armaduras complejas para la aplicación del método de puntal y tirante.

Los pasos a seguir en este procedimiento son:

- 1) Ubicación de fuerzas inerciales: Las fuerzas inerciales en un sistema de piso se distribuyen en función de la masa repartida en el piso. Es deseable elaborar modelos de puntal y tirante que nos permitan resolver en forma aproximada y sencilla el problema de la distribución de la fuerza de piso, para lo cual se sugiere dividir la losa en tableros formados generalmente por trabes y elementos verticales. En el centro de cada uno de estos tableros se aplica una fuerza que es una fracción de la fuerza de piso total, y está en función del área del tablero.
- 2) Selección del tablero para diseño: El tablero seleccionado será aquel que cumpla los siguientes criterios: máxima área, y máxima relación largo vs ancho en la dirección de análisis. La Fig. 1 ilustra en forma esquemática el criterio de selección mencionado.

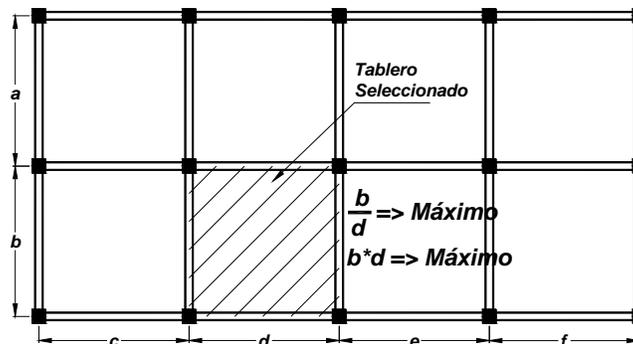
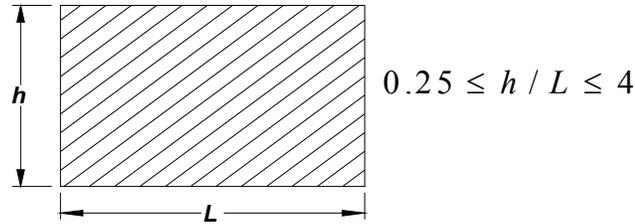


Figura 1 Criterio de selección del tablero.

- 3) Relación largo ancho del tablero: Los tableros deben cumplir con las siguientes relaciones geométricas para poder aplicar el método descrito en esta sección. La restricción de $0.25 \leq h/L \leq 4$, es tomada de las recomendaciones del ACI318-05 sección A.2.5 relacionada con la aplicabilidad del método de puntal y tirante.



- 4) Fuerzas Actuantes: La figura 2.a muestra la fuerza inercial aplicada en el tablero (F_{piv}) y los elementos puntal y tirante que se desarrollan en el firme para resistir dicha fuerza. En la figura 2.b se hace una simplificación del modelo, representando a los elementos resistentes por una armadura. Para obtener las fuerzas en la armadura, ésta se divide en dos armaduras sencillas isostáticas aprovechando la simetría y se considera de manera aproximada que en cada armadura actúa la mitad de la fuerza F_{piv} , de esta manera se puede obtener los elementos mecánicos que corresponden a las fuerzas de compresión y tensión en los elementos puntal y tirante, respectivamente, figura 2.c. Esta manera de distribuir la fuerza F_{piv} corresponde a una aproximación al límite inferior.

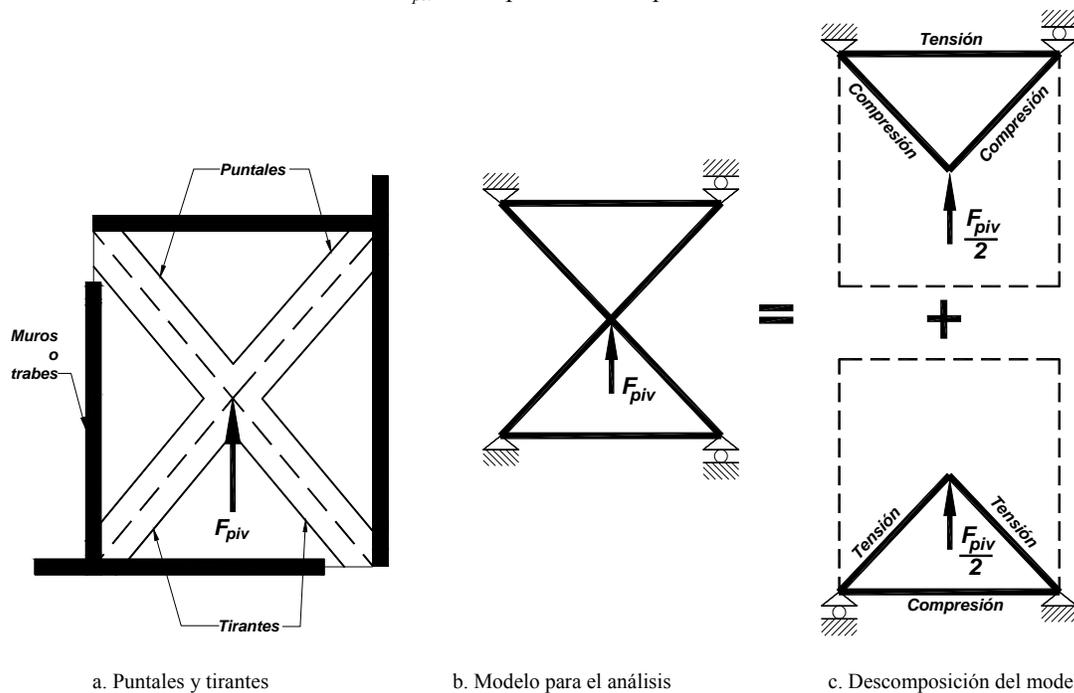


Figura 2 Modelo simplificado empleado para obtener las fuerzas en los elementos puntal y tirante en el tablero seleccionado

- 5) Ancho Puntal y Tirante: Previamente se ha definido el ancho de los puntales y tirantes este ancho se considera igual a dos veces el espesor del elemento vertical de mayor rigidez que llegue el tablero de diseño.

DISEÑO

Para el diseño de la malla es necesario obtener la fuerza de piso aplicada en la losa y posteriormente se obtiene la correspondiente al tablero crítico seleccionado. Es en este tablero donde se obtiene la malla que se empleará en la losa. El reglamento sísmico de las NTCS (2004) indican que la fuerza de piso en un diafragma (F_{pi}) se obtiene como:

$$F_{pi} = (c' + a_o) \cdot W_i \cdot A_T \quad (1)$$

Donde c' , es el factor por el que se multiplica los pesos de los apéndices, en nuestro caso es el peso en la losa (W), a la altura de desplante. El parámetro a_o , es la ordenada del espectro de diseño para periodo cero y A_T es el área total en planta del edificio en estudio.

Se selecciona el tablero critico de acuerdo con el segundo criterio establecido en este capítulo, y se calcula la fuerza que actúa en éste (f_{piv}), empleando la Ec. 2 en función de la fuerza F_{pi} y proporcional a su área (A_i).

$$f_{piv} = F_{pi} \frac{A_i}{\sum A_i} \tag{2}$$

En el procedimiento simplificado que aquí se propone, se define al parámetro α como el cociente de la longitud perpendicular a la dirección del análisis (L_B) entre la longitud paralela a la dirección del análisis (L_A) del tablero, el cual varía entre 0.25 y 4, según lo indicado en el tercer paso a seguir recomendado en este capítulo.

$$\alpha = \frac{L_B}{L_A} \tag{3}$$

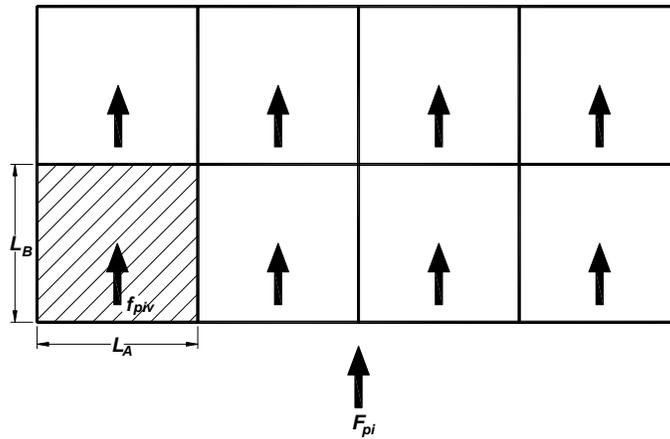


Figura 3 Fuerza en la losa (F_{pi}) y en el tablero seleccionado (f_{piv})

La fuerza de tensión (T) del tirante en el tablero se calcula a partir de la fuerza f_{piv} y del parámetro α , Ec. 4, para lo cual emplea la figura 2. Se considera que T actúa en un ancho igual a $2b$, de acuerdo con el paso 5 de este capítulo, donde b es el ancho del elemento vertical más rígido que llega al tablero seleccionado. La Fig. 4 muestra el tablero seleccionado y las componentes en la dirección longitudinal (T_A) y transversal (T_B), las que se evalúan empleando las Ec. 5 y 6, respectivamente. Las Ec. 7 y 8 permiten evaluar el ancho de los tirantes T_A y T_B , donde actúan, d_A y d_B , respectivamente.

$$2T \cdot \text{sen}\theta = \frac{f_{piv}}{2} \Rightarrow T = f_{piv} \frac{\sqrt{1+\alpha^2}}{4\alpha} \tag{4}$$

$$T_A = T \cos\psi \Rightarrow T_A = T \frac{2b}{d_B} \tag{5}$$

$$T_B = T \text{sen}\psi \Rightarrow T_B = T \frac{2b}{d_A} \tag{6}$$



$$d_A = \frac{2 \cdot b}{\text{sen}\theta} \Rightarrow d_A = 2 \cdot b \frac{\sqrt{1 + \alpha^2}}{\alpha} \quad (7)$$

$$d_B = \frac{2b}{\text{cos}\theta} \Rightarrow d_B = 2 \cdot b \cdot \sqrt{1 + \alpha^2} \quad (8)$$

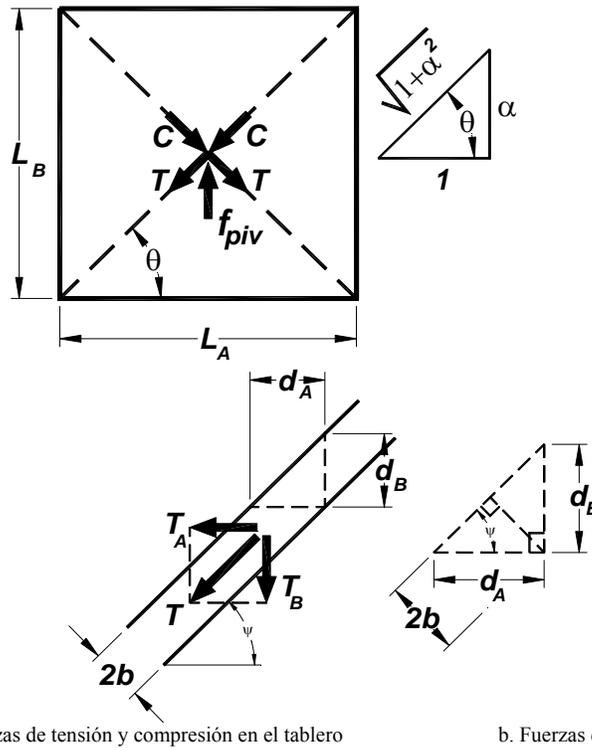


Figura 4 Fuerzas en el tablero seleccionado

Con base en estos valores se diseñará la malla para resistir las fuerzas de tensión T_A y T_B con los cuales se calcula la malla requerida como:

$$\left. \begin{matrix} T_A \\ T_B \end{matrix} \right\} \leq F_R A_s F_y$$

APLICACIÓN MÉTODO SIMPLIFICADO

A continuación se desarrollan tres ejemplos de aplicación del procedimiento de diseño simplificado, para lo cual se analizan los edificios de mampostería de 5 y 2 niveles y el edificio de marcos de 10 niveles. Para el diseño se considera la zona D, tipo de suelo III (C.F.E). El tipo de uso de los edificios es vivienda.

Edificio de mampostería 2 niveles

El primer paso a seguir es identificar en qué nivel se presenta la máxima fuerza de piso de diseño, este dato se obtiene de la fig 5.4 del manual ANIVIP, en la que se observa que la máxima fuerza de piso ocurre en el primer nivel, con un valor de F_{pi} igual a 70 t.

Se definen los tableros y puntos de aplicación de las fuerzas de piso tal como se muestra en la figura 5. Estos puntos de aplicación se definen en función de los tableros que forman las traveses de liga de la vigueta y bovedilla (Fig. 5 en línea discontinua).

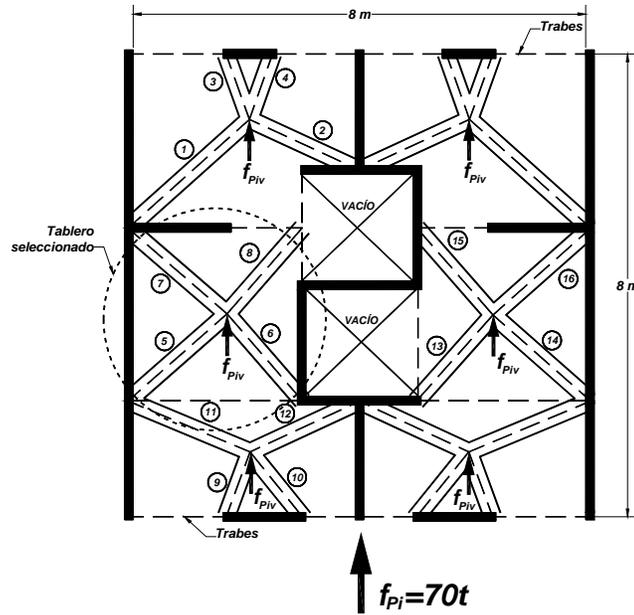


Figura 5 Modelo de puntal y tirante propuesto edificio mampostería 5 niveles (Propuesta de tableros)

A continuación se selecciona el tablero crítico donde se presentan los máximos esfuerzos de tensión y compresión. Este tablero crítico corresponde al tablero más alargado en la dirección de análisis, ya que los elementos puntal y tirante alcanzan porcentajes mayores de la fuerza inercial del tablero, y con mayor área, porque entre más área mayor fuerza inercial. En este caso se selecciona el tablero mostrado en la Fig. 5.

La fuerza f_{pvi} aplicada en el tablero seleccionado se calcula como:

$$f_{pvi} = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) F_{pi} = 14.7t$$

donde A_i es el área del tablero i (tablero seleccionado); $\sum A_i$ es el área total del piso en estudio y F_{pi} es la fuerza total de piso.

La Fig 6 muestra el tablero seleccionado y los elementos puntal y tirante que se desarrollan. Siguiendo el procedimiento descrito se obtienen las fuerzas de tensión y compresión (puntal y tirante) actuantes en el tablero.

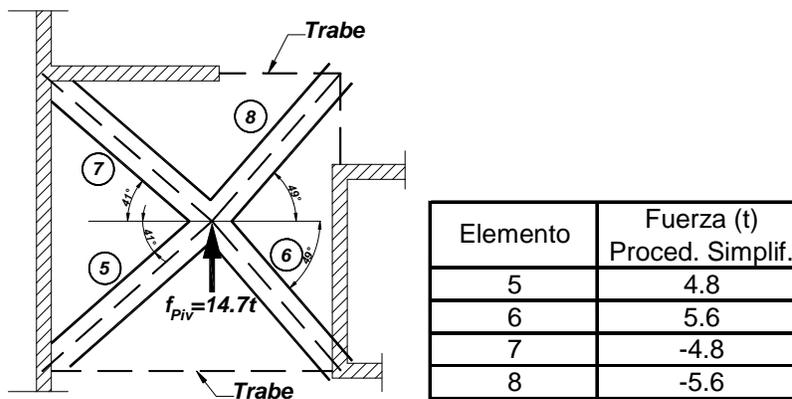


Figura 6 Tablero donde se presentan los esfuerzos máximos de tensión y compresión



Con estas fuerzas se puede determinar la cantidad acero de refuerzo que debe llevar la capa de compresión para resistir dichas fuerzas actuantes en tensión, así mismo revisar si el espesor del firme es suficiente para resistir los esfuerzos de compresión a los que es sometido.

Edificio de mampostería de 5 niveles

Al igual que para el edificio de 2 niveles de la sección anterior, la máxima fuerza de piso de diseño (F_{pi}) se obtiene de la Fig 5.4 del manual ANIVIP y es igual a 193 t, la cual corresponde al cuarto nivel.

Se definen los tableros y puntos de aplicación de las fuerzas de piso tal como se muestra en la figura 7; estos puntos de aplicación se definen en función de los tableros limitados por las traveses de liga de la vigueta y bovedilla, la Fig. 7 muestra en línea discontinua las traveses y cómo definen los tableros.

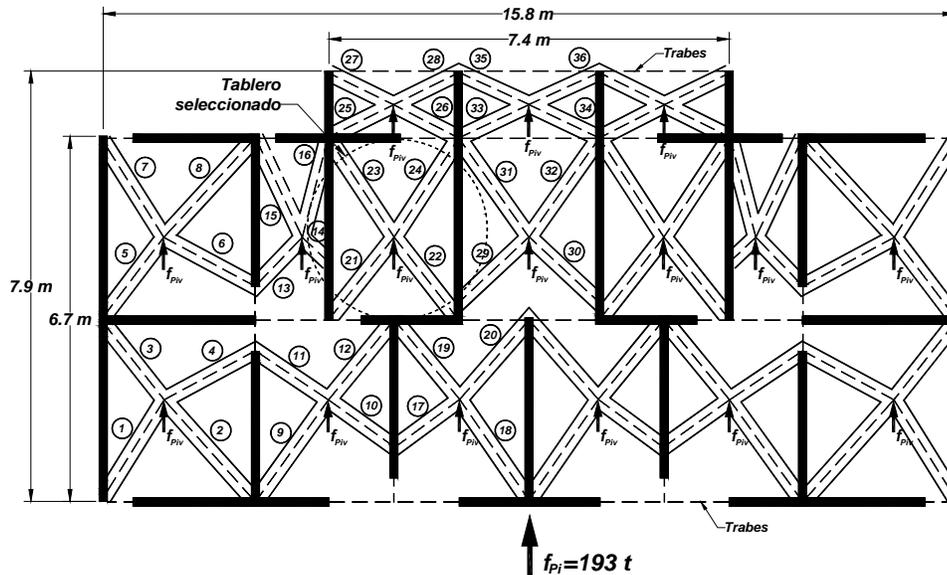


Figura 7 Modelo de puntal y tirante propuesto edificio mampostería 5 niveles (Propuesta de tableros)

Se selecciona el tablero crítico correspondiente al tablero mas alargado en la dirección de análisis y con mayor área, Fig. 7.

La fuerza f_{pvi} aplicada en el tablero seleccionado se calcula como:

$$f_{pvi} = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) F_{pi} = 14t$$

Los parámetros empleados se definieron anteriormente.

Al igual que el edificio de 2 niveles, en la Fig 8 se muestra el tablero seleccionado y los elementos puntal y tirante que se desarrollan. Siguiendo el procedimiento descrito en la sección 1 se obtienen las fuerzas de tensión y compresión (puntal y tirante) actuantes en el tablero.

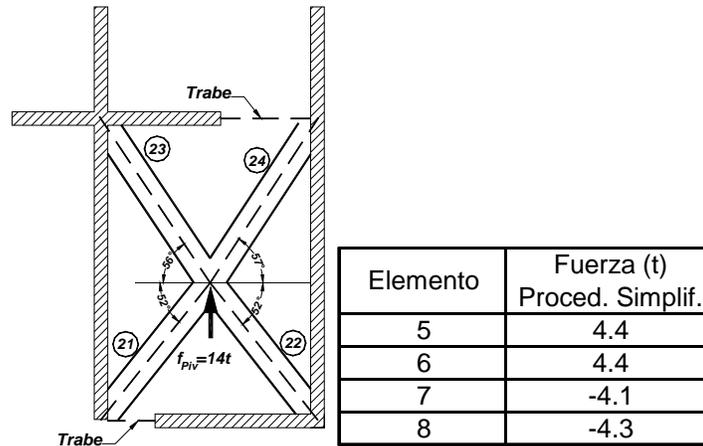


Figura 8 Tableros donde se presentan los esfuerzos máximos de tensión y compresión

Con estas fuerzas se puede determinar la cantidad acero de refuerzo que debe llevar el firme para resistir dichas fuerzas actuantes en tensión, así mismo revisar si el espesor del firme es suficiente para resistir los esfuerzos de compresión a los que es sometido.

Edificio de marcos de 10 niveles

Al igual que en los edificios de 2 y 5 niveles, la fuerza de piso máxima para diseño (F_{pi}) es igual a 28.6t y corresponde al noveno nivel. En la Fig 9 se define los tableros y puntos de aplicación de las fuerzas de piso.

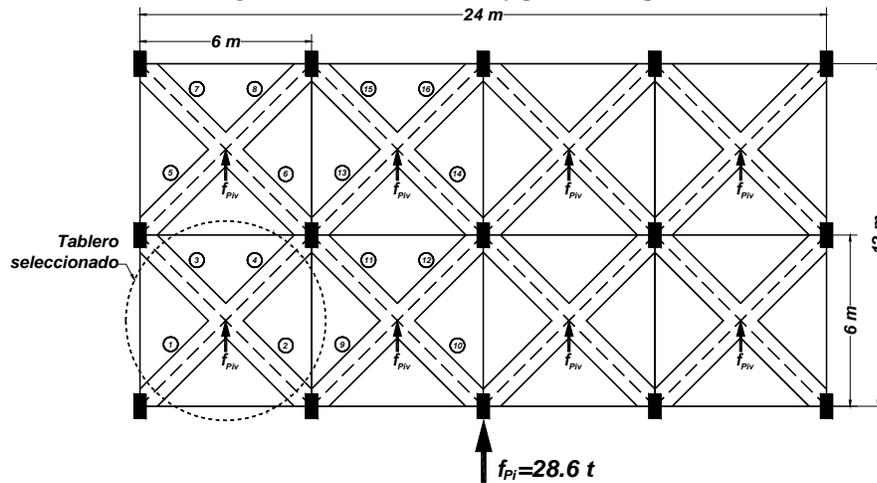


Figura 9 Modelo de puntal y tirante propuesto edificio mampostería de 10 niveles (Propuesta de tableros)

Como los tableros que se forman son todos similares, figura 9, se puede seleccionar cualquiera de ellos. La fuerza f_{piv} en el tablero seleccionado se calcula como:

$$f_{piv} = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) F_{pi} = 3.6t$$

Al igual que el edificio de 2 niveles, en la Fig 10 se muestra el tablero seleccionado y los elementos puntal y tirante que se desarrollan. Siguiendo el procedimiento descrito en la sección 1 se obtienen las fuerzas de tensión y compresión (puntal y tirante) actuantes en el tablero.

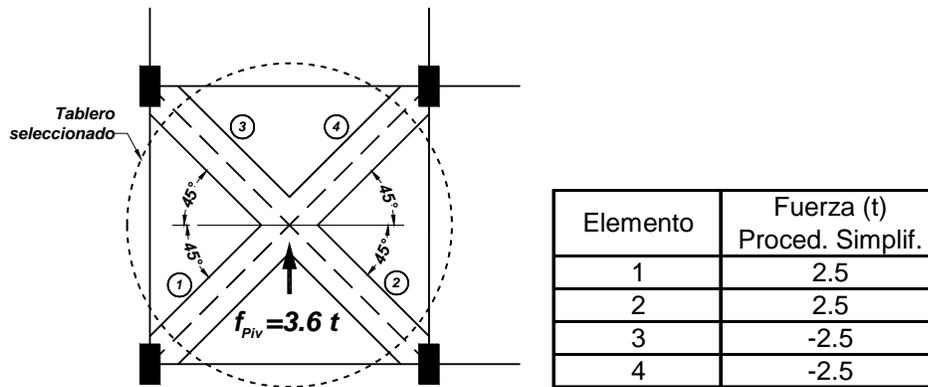


Figura 10 Tableros donde se presentan los esfuerzo máximos de tensión y compresión

Con estas fuerzas se puede determinar la cantidad acero de refuerzo que debe llevar la capa de compresión para resistir dichas fuerzas actuantes en tensión.

VALIDACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PROPUESTO

En lo que sigue se presenta la validación del procedimiento propuesto, la que se basa en mostrar que las demandas obtenidas con el procedimiento simplificado de puntal y tirante de esta sección son comparables a las obtenidas con un análisis de elementos finitos como los mostrados en las secciones 5.5 y 6.5 del manual ANIVIP.

Tabla 1 Comparación de fuerzas obtenidas de modelo de elementos finitos y fuerzas obtenidas con el método simplificado.

Edificio mampostería de 2 niveles				Edificio mampostería de 5 niveles			
Elemento	Fuerza (t)		[2] / [1]	Elemento	Fuerza (t)		[2] / [1]
	M.E.F.	Simplif.			MEF	Simplif	
	[1]	[2]			[1]	[2]	
5	3.2	4.8	1.5	21	3.7	4.4	1.2
6	2.6	5.6	2.2	22	3.5	4.4	1.3
7	-3.4	-4.8	1.4	23	-4.2	-4.1	1.0
8	-2.8	-5.6	2.0	24	-4.0	-4.3	1.1

Edificio marcos de 10 niveles			
Elemento	Fuerza (t)		[2] / [1]
	M.E.F.	Simplif	
	[1]	[2]	
1	1.4	2.5	1.8
2	1.2	2.5	2.1
3	-1.5	-2.5	1.7
4	-1.2	-2.5	2.1

La tabla 1 muestra que la relación entre la fuerzas obtenidas por el procedimiento propuesto y el método de elementos finitos es mayor que 1, esto implica que el procedimiento propuesto está del lado de la seguridad, así mismo se observa que para el caso del edificio de mampostería de 2 niveles y 5 niveles y de marcos de 10 niveles estos factores son en promedio 1.8, 1.2 y 1.9 veces la unidad, respectivamente. Lo anterior indica que el método aproximado es aceptable y proporciona resultados similares a los obtenidos por medio de un análisis muy elaborado como es el método de elementos finitos.

Se debe mencionar que el ancho del puntal y tirante empleado para elaborar la tabla 1 fue 2 veces el ancho del elemento vertical que llega al tablero.

DISEÑO SIMPLIFICADO USANDO GRAFICAS

En esta sección se muestra un procedimiento de diseño sísmico del sistema de piso de vigueta y bovedilla usando graficas de ayuda de diseño; este procedimiento va enfocado a aquellos ingenieros diseñadores que no deseen realizar alguno de los procedimientos de diseño mostrados en los capítulos 5 a 6 del manual ANIVIP.

Los pasos a seguir en el procedimiento de diseño que se propone son los siguientes:

- 1) Entrar en la gráfica correspondiente a la zona sísmica de diseño con el número de niveles de la estructura y encontrar el valor de a_p . La figura 11, muestra las aceleraciones (a_p) que producen las fuerzas máximas de piso en un edificio en función de su número de niveles según el reglamento sísmico de la CFE (1993) y en la figura 12 se muestran las aceleraciones correspondientes según el reglamento sísmico del Distrito Federal (NTCS, 2004). Dichas figuras, se construyeron para una relación de carga en la azotea (W_{AZ}) entre carga en un piso típico (W_{TP}), ambos por unidad de área, igual a 0.75, como se muestra en la Ec. 9, lo que representa una practica común en el diseño cotidiano y se empleó un factor de comportamiento sísmico, Q , igual a 2.

$$\frac{W_{AZ}}{W_{TP}} = 0.75 \tag{9}$$

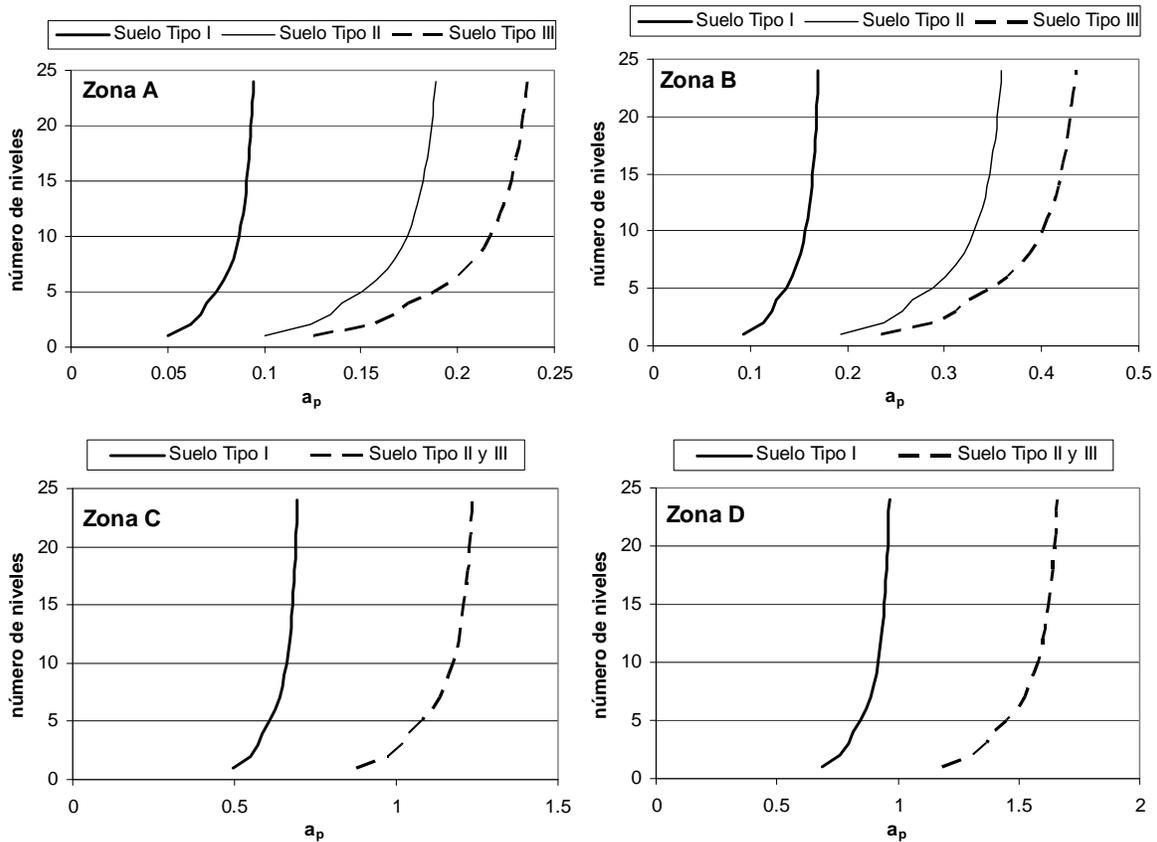


Figura 11 Aceleración que produce la máxima fuerza de piso en la losa (a_p) en función del número de niveles según el reglamento sísmico de la CFE (1993)

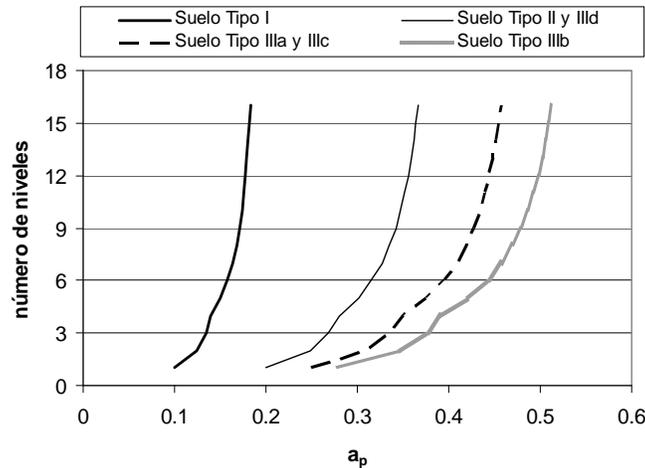


Figura 12 Aceleración que produce la máxima fuerza de piso en la losa (a_p) en función del número de niveles según las normas para el Distrito Federal (NTCS, 2004)

- 2) Con este valor de a_p se procede a calcular la fuerza de tensión máxima para la cual será diseñada la malla, esta fuerza de tensión esta asociada a la componente de tensión principal presente en el tirante del tablero de diseño seleccionado, la que se calcula con la Ec. 10. Las fuerzas T_A y T_B se calculan con las Ec. 5 y 6.

$$f_{(T_A, T_B)_{\max}} = L_A^2 \cdot W_{TP} \cdot a_p / 2 \cdot b \quad (10)$$

La figura 13 muestra la variación de la Ec. 7.10 con respecto al parámetro α para diversos tipos de malla electrosoldada. Para obtener la malla necesaria para resistir las fuerzas sísmicas se ingresa en la figura 13 con el valor de la expresión $L_A^2 \cdot a_p \cdot W_{TP} / 2b$, Ec. 10, y con la relación α del tablero de diseño. La curva inmediatamente superior del punto de intersección indicará el tipo de malla necesaria. Se ha considerado en la figura 13 el factor de resistencia por tensión (F_R) igual a 0.8 (NTCC, 2004).

Para obtener la malla requerida para resistir las fuerzas tensión debido a la fuerza sísmica de piso no se toma en cuenta el espesor del firme, debido a que las tensiones en el concreto se consideran nulas, por lo tanto estas gráficas de diseño se pueden emplear para cualquier espesor del firme.

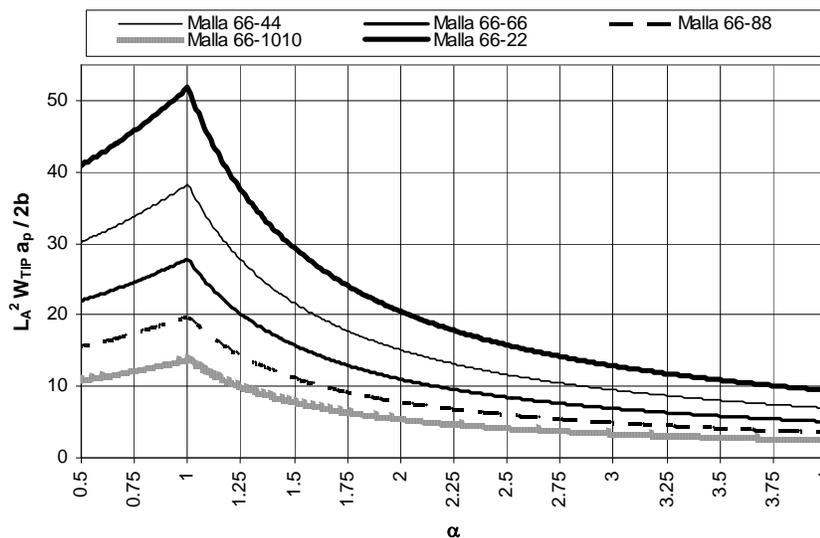


Figura 13 Gráfica para obtener la malla en el firme

EJEMPLO DE APLICACIÓN EMPLEANDO LAS GRÁFICAS:

Se obtendrá la malla de refuerzo en las losas de un edificio de marcos de 10 niveles desplantado en la zona C, suelo tipo I para la zonificación de la C.F.E. (1993). El ancho de las columnas (b) en este edificio se supone que es igual a 0.5m. Se supondrá, que la relación de la carga de la azotea (W_{AZ}) y la carga de un piso típico (W_{TP}) es 0.75 y que este último es igual a 1.0t/m². Se emplearán las figuras 11 y 13. Con el número de niveles, en la figura 11 se obtiene una aceleración (a_p) igual a 0.66, Fig. 14.

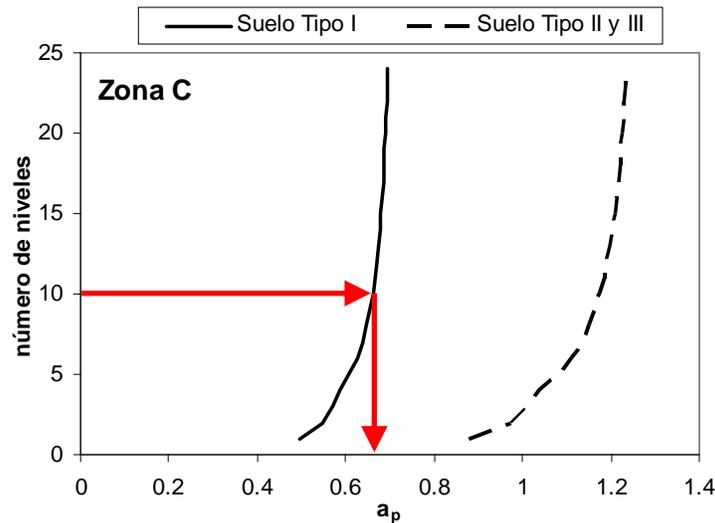


Figura 7.14 Valor de a_p para un edificio de 5 niveles

Las dimensiones del tablero seleccionado son $L_A=6m$ y $L_B=6m$, por lo tanto, el parámetro α será:

$$\alpha = \frac{L_B}{L_A} = \frac{6}{6} = 1 \quad (11)$$

A partir de la expresión 10 se obtiene:

$$L_A^2 \cdot W_{TP} \cdot a_p / 2 \cdot b = \frac{(6m)^2 \cdot 1.0t/m^2 \cdot 0.66}{2 \cdot 0.5m} = 24 \quad (12)$$

Con este valor y el valor de α de la Ec. 11, se ingresa a la figura 13 y se obtiene la malla 6x6-6/6 que corresponde a la curva superior de la intersección, ver Fig. 15

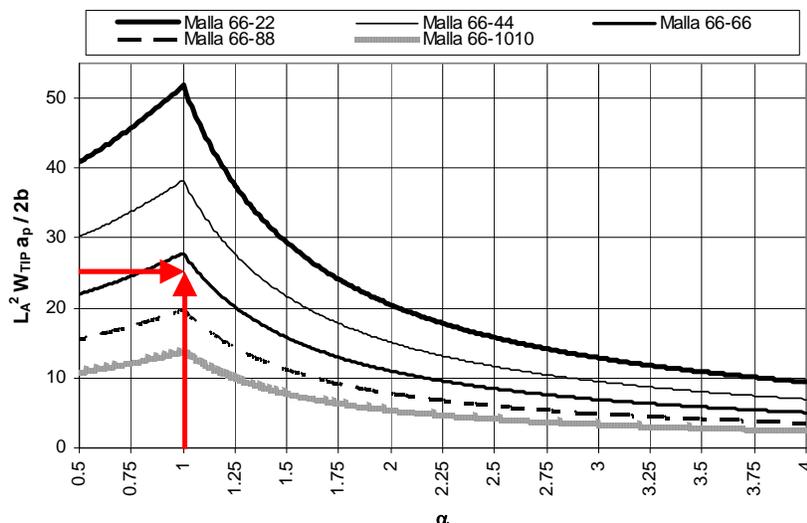


Figura 15 Selección de la malla

REFERENCIAS

ACI Committee 209 (1992) **“Control Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures (ACI 209R-92)”**, American Concrete Institute, USA.

ACI Committee 224 (2001) **“Control of Cracking in Concrete Structures (ACI 224R-01)”**, American Concrete Institute, USA.

ACI Committee 318 (2008) **“Building code requirements for reinforced concrete (ACI 318-02)”**, American Concrete Institute, USA.

ACI Committee 350 (2001) **“Tightness Testing of Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (ACI 350.1R-01)”**, American Concrete Institute, USA.

C.F.E. (1993) **“Manual de diseño de obras civiles. Diseño por sismo”**, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México.

EFHE (2002) **“Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados”**, Ministerio de Fomento, España, 2002.

Firth (2002) **“Manual de proceso constructivo y detalles”**, Firth Industries Peru S.A., Perú, 2002.

Gilbert, R. (1992) **“Shrinkage cracking in fully restrained concrete members”**, ACI Structural Journal, Vol. 89, No. 2, pp 141-149.

MR Ingenieros, 2006, **“Recomendaciones para el control de agrietamiento en losas de concreto reforzado”**, estudio financiado por CAMESA.

Nawy, E. y Blair, K. (1971) **“Further studies in flexural crack control in structural slabs systems”**. En Cracking, Deflection and Ultimate Load of Concrete Slabs Systems (Sp-30). Detroit, American Concrete Institute, USA.

NEHRP 2006, National Earthquake Hazards Reduction Program, <http://www.nehrp.gov/>

NTCC (2004), “**Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto**”, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, México.

NTCE (2004), “**Normas técnicas complementarias sobre criterios y acciones para el diseño y estructural de las edificaciones**”, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, México.

NTCS (2004), “**Normas técnicas complementarias para diseño por sismo**”, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, México.

NZCS (1991), “**Guidelines for the use of structural precast concrete in buildings**”, Report of a Study Group of the New Zealand Concrete Society and the New Zealand National Society for Earthquake Engineering.

PREMEX (2007) “**Manual Técnico de Losas Prefabricadas**”, Presforzados Mexicanos de Tizayuca S.A. de C.V., México.

Rodríguez M. E., Restrepo, J. I., and Blandón, J. J. (2007) “**Seismic Design Force for Rigid Floor Diaphragm in Precast Concrete Buildings Structures**”, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 133, Issue 11, pp. 1604-1615.

SAP2000 (2007) “**SAP 2000 Advanced 11.0.0, Structural Analysis Program**”, Computers and Structures, Inc., California, USA.

