

# Aclaración a las observaciones acerca del artículo:

## "Comentarios Sobre el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes"

Por: Gabriel García Moreno \*

En lo que sigue replicaremos las "observaciones" de Pérez et al (12), siguiendo estrictamente el mismo orden que ellos emplearon.

### 1. ESTUDIO DEL RIESGO SISMICO.

Pérez et al pretenden demostrar que el estudio del riesgo sísmico en Colombia, basado en el modelo de la "Línea Fuente" no es arbitrario, y para demostrarlo citan a varios autores que han contribuido "para la elaboración de los mapas de zonificación sísmica de los Estados Unidos". (Resaltado nuestro). Estamos de acuerdo: para los Estados Unidos, cuya zona sísmica más notoria es California, los americanos Der Kiureghian y M.S. Ang, desarrollaron el modelo de la línea fuente basado en la "evidencia experimental" de que la mayoría de los terremotos de magnitud mayor a 6,0, en escala Richter, proceden de foco superficial: menos de 40 km. de profundidad, es decir, proceden de la corteza, y por consiguiente se pueden correlacionar con fallas geológicas, como el sistema de fallas de San Andrés, en California, las cuales se encuentran abundantemente instrumentadas.

Por el contrario, en Colombia, la mayor parte de los terremotos son de "foco profundo", más de 60 km de profundidad (1), es decir, tienen su origen en el manto (1), (2). Pennington utilizó esta hipótesis y supuso en consecuencia fuente puntual. Además, las fallas estructurales en Colombia datan de la "orogenia del Mioceño" (3), no son activas, y no están instrumentadas. Como lo afirma Pérez et al.: "Las fuentes principales de incertidumbre a las cuales el modelo (de la línea fuente) es más sensible son la longitud de ruptura asignada a la falla y la función de atenuación con la distancia". (paréntesis nuestro). Se deduce que ellos supusieron, sin evidencia experimental, estos parámetros, que son los más importantes en el modelo de la Línea Fuerte.

En el caso del riesgo sísmico deducido por este método para Medellín, se es mucho más irrealista: no se tienen en cuenta los grandes plutones que encierran a Medellín, provenientes de la orogenia del cretáceo tardío. (Véase el mapa de Irving (3)).

### 2. EL CODIGO COLOMBIANO DA ESFUERZOS CORTANTES EN LA BASE DEL ORDEN DEL 50% MAS ALTOS QUE LOS DEL UBC.

Los autores citados quieren demostrar que esto es incorrecto, y proponen un ejemplo: "Un edificio *aparticado*, (sic) destinado a vivienda, de 4 pisos con cubierta en placa, de altura total 10,0 m, localizado en la ciudad de Medellín, sobre suelo firme".

Para ello calcularon el coeficiente sísmico por el código Colombiano y encontraron:  $C_s = 0,094$ .

Enseguida calculan el mismo edificio, supuesto construido con "marcos dúctiles", por medio de la aplicación del U.B.C-79, pero cambiando "algo" las condiciones:

- "suponen que el edificio tiene un "nivel de detallado" (sic) "intermedio", y que por lo tanto K, coeficiente de fuerza lateral ya no vale 0,67, como estipula el U.B.C. sino 1,00; es decir, de entrada ya aumentan el coeficiente sísmico en  $1,00/0,67 = 1,493$ , o sea 49,3% de incremento, aduciendo una "recomendación" de la ANSI.
- Como este incremento "probablemente" sea muy bajo, suponen que el edificio que tiene un período natural de vibración de aproximadamente 0,4 seg. se construye en un suelo con período  $T_s = 0,5$  seg., es decir, que está en "resonancia" con el edificio (combinación más desfavorable para  $S: T = T_s$ ).

Aún así apenas lograron que el coeficiente sísmico del UBC diera 0,109, un 15,96% más alto que el del código.

\* Profesor Emérito de la Universidad Nacional.

Si en lugar de haber "supuesto"  $K = 1,0$  hubieran utilizado el valor que da el UBC para edificios "construidos con marcos dúctiles estructurales":  $K = 0,67$  hubieran obtenido:

$$ZIKCS \times 1,4 = 0,109 \times 0,67 = 0,073$$

lo cual confirma nuestra conclusión: "El Código Colombiano da 28,77% más alto que el UBC", para el ejemplo propuesto, aún suponiendo condiciones desfavorables del suelo. En el curso de Hormigón III, que dictamos en la Facultad Nacional de Minas, hemos estudiado casos en que se obtienen incrementos hasta de cerca de 200% del Código Colombiano sobre el UBC.

En la interpretación que hace la P.C.A (4), de la Norma ANSI, siempre utiliza  $K = 0,67$  para "moment-resisting frames", y  $K = 0,8$  para los casos en que además de marcos dúctiles, se tenga un "frame-shear wall structural system", aclarando: "The requirements relating to the use of  $K = 0,8$  for dual systems are that the moment resisting space frame be capable of resisting at least 25% of the prescribed seismic forces and the individual elements satisfy the requirements of ACI Appendix A for special ductile moment-resisting frames and structural walls". Si estas condiciones se requieren para subir  $K$  de 0,67 a 0,8 ¿cuáles son las que se requerirán para usar  $K = 1,0$ ? : ¡Pantallas puras!

### 3. BASES Y CRITERIOS DE LOS EFECTOS DE ESBELTEZ.

Después de un largo "INTROITO", innecesario por no venir al caso, Pérez et al dicen en el numeral 3.4.8 "Es inexacto afirmar como lo hace García (50) que "el cálculo del índice de estabilidad  $Q$  alarga el proceso de diseño, indebidamente, para estructuras pequeñas, edificios de 5 pisos o menos", ya que la información requerida para la determinación de  $Q$  corresponde a un análisis de fuerzas y desplazamientos de primer orden, cuyo cálculo es imprescindible en cualquier tipo de edificios". Pero no dicen que por el método del ACI no es imprescindible el cálculo de las deformaciones laterales. Ergo no es imprescindible el cálculo del coeficiente de estabilidad. Es una recomendación, tal como lo dijimos en nuestro artículo. Ergo, NO ES INEXACTO AFIRMAR LO QUE GARCIA AFIRMA.

En el numeral 3.4.9 dicen que "Existe un error conceptual en la afirmación de García que dice "No puede alegarse la mayor precisión de la fórmula (4) sobre la (2), pues aunque esto fuera cierto, la obligatoriedad de las (1) y (3) le resta precisión al proceso y el factor  $K$ , del ACI, le da un grado de incertidumbre inusitado". En-

seguida dicen que las "cargas críticas" sólo intervienen en las ecuaciones (1) y (3).

O sea que, si hay incertidumbre en la  $K$  las (1) y (3) se afectan, no así la (2). Pero las (1) y (3) también intervienen en el proceso y en el numeral 3.2, ponen en boca de Mc Gregor los siguientes conceptos acerca de  $K$ : "This and other evidence suggests that the traditional effective length factor solution is inadequate for the design of columns in frames". ¡Que es exactamente lo que hemos dicho! El código colombiano recomienda para el cálculo de inestabilidad elástica un proceso largo y engorroso, y y debido al  $K$  obligatorio, no es más preciso que el método del ACI, que, obviamente, es más expedito.

### 4. METODO DEL GDE.

En el numeral 4.1 se hace un comentario que no aporta nada al tema en controversia. Habría sí una tremenda inexactitud si se quiere sugerir que el GDE se basa en el método de Ritter, o de los puntos fijos.

El GDE se deriva (5) directamente de las ecs. de Wilson-Bendixen - Maney, y como en todo sistema estructural elástico, en él subyacen las ecuaciones de Berthot-Claepeyron (6), y el método de Ritter. Así lo hemos demostrado en el libro. Creemos que eso no le quita valor, ni un ápice, al método. Este numeral, 4.1, muestra que todo el conocimiento que Pérez et al tienen del GDE, deriva de conceptos superficiales, y esto se confirma en el numeral 4.3, en donde se refieren al primer artículo divulgativo que hicimos del método en 1981 (7).

En él, efectivamente se hace mención, de cómo el factor  $\delta$ , utilizado para calcular las cargas críticas de los pilares, se puede utilizar para calcular el desplazamiento lateral, con buena aproximación. Para un piso el método es excelente. Para más de dos pisos el método necesita la incorporación de la "condición de cortante cero" (Zero Shear Condition) (7), (8), (9).

Posteriormente publicamos, también en el Journal del ACI (10), de Enero-Febrero de 1983, otro artículo, en el cual ya se hace explícitamente mención de esta condición y se incorpora definitivamente al cálculo de desplazamientos laterales. Todos estos nuevos procedimientos fueron exitosamente utilizados en el Trabajo de Grado de Carlos Eduardo Orozco (11). Se puede verificar que si se "flexibilizan" las rigideces del marco del ejemplo, dividiéndolas por 1,95, factor éste obtenido de la tabla I de la referencia (9), se obtiene:

$$\Delta_1 CD = 0,01045 \times 1,95 = 0,0204 \text{ m}$$

valor que difiere en un 5% del valor exacto 0,0194, que hemos obtenido por métodos matriciales. El cambio verificado en las rigideces, al proceder a "flexibilizar" la estructura, afecta a los GDE en cifras muy pequeñas, del orden de  $1 \times 10^{-5}$ , y por lo tanto los valores δ, prácticamente no cambian, hecho que nos asegura la bondad de los valores de las cargas críticas calculadas con este factor. Como, se ve, de lo anterior, se deduce que Pérez et al, se quedaron en 1981, por lo menos en lo que al GDE concierne, y no poseen elementos de juicio para discutir su aplicabilidad. ¡AHORA SI NOS EXPLICA-MOS POR QUE SE HA IGNORADO NUESTRO TRABAJO EN EL CASO DEL CODIGO COLOMBIANO!

## 5. COMENTARIO FINAL.

Como se puede leer textualmente: "Quienes elaboraron sus textos (los del código)\* iniciales fueron especialmente cuidadosos en estudiar las observaciones hechas por quienes participaron\*\* en dicha discusión". Desgraciadamente, parece que los que participaron en la discusión fueron los mismos quienes elaboraron los textos. En todo caso... ¡bien pocos!... si nos atenemos a la lista que encabeza la publicación.

Nótese que no participó sino una sola Universidad...

## REFERENCIAS

- 1) A. Sarria. "INGENIERIA SISMICA". U. de los Andes 1982.
- 2) W.D. Pennington. "LA SUBDUCCION DE LA CUENCA

\* aclaración nuestra.

\*\* resaltado nuestro.

ORIENTAL DE PANAMA Y LA SISMOTECTONICA DEL NOROESTE DE SUR AMERICA. Investigaciones Geofísicas sobre las Estructuras Océano-Continentales del Occidente Colombiano. Editado por J. Rafael Goberna, S.J. Instituto Geofísico U. Javeriana. Bogotá. 1981.

- 3) E.M. Irving. "LA EVOLUCION ESTRUCTURAL DE LOS ANDES MAS SEPTENTRIONALES DE COLOMBIA". U.S. Geological Survey. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. Boletín Geológico. Vol. XIX, No. 2. 1971.
- 4) "NOTES ON A.C.I. 318-83". Building Code Requirements for Reinforced Concrete with Design Applications. Portland Cement Association, P.C.A. Fourth Edition Revised 1984.
- 5) Gabriel García Moreno "LA DISTRIBUCION DE MOMENTOS POR EL METODO DEL GRADO DE EMPOTRAMIENTO". G. García Moreno, Calle 35A No. 65D-22. Medellín. Colombia. 1981, 158 p.
- 6) S.P. Timoshenko. "HISTORY OF STRENGTH OF MATERIALS" Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 1953. 452 p.
- 7) G. García. "ELASTIC LATERAL INSTABILITY OF COLUMNS STUDIED BY THE DEGREE OF FIXITY METHOD (P - Δ EFFECT)". ACI Jnl - Sept. - Oct. 1981, pp. 358-368.
- 8) E. Lightfoot. "MOMENT DISTRIBUTION" John Wiley and Sons. New-York. 1961, pp. 110-112.
- 9) G. García "ANALISIS MODAL DE ESTRUCTURAS PLANAS RETICULARES, POR MEDIO DEL GRADO DE EMPOTRAMIENTO" Dyna, revista de la Fac. Nal. de Minas, No. 103 Mayo 1984, pp. 17-21.
- 10) G. García. "RAPID EVALUATION FOR BENDING MOMENTS IN A RETICULATED PLANE FRAME". ACI Jnl. Jan - Feb. 1983, pp. 40-48.
- 11) C.E. Orozco "PROGRAMACION DEL METODO DEL GRADO DE EMPOTRAMIENTO EN CALCULADORAS ELECTRONICAS Y MINICOMPUTADORAS". Tesis de Grado, dirigida por G. García. Fac. de Minas, Medellín 1983.
- 12) PEREZ A., A, MUÑOZ D., J., PEREZ V., F.J., "Observaciones al artículo: Comentarios sobre el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes", DYNA. Medellín. No. 105, May. 1985.

## BIBLIOTECA DE LA FACULTAD NACIONAL DE MINAS

La Biblioteca de la Facultad, pone a disposición de la comunidad ingenieril del país y de las empresas interesadas, algunos de sus SERVICIOS ESPECIALES, a saber:

- Compilación de bibliografías sobre un tema determinado.
- Fotocopias de tablas de contenido de revistas y de libros existentes en su colección, asimismo de sus artículos y sus capítulos.
- Compra de fotocopias de documentos en el exterior y que no existan en nuestro país.

CONSULTE NUESTRAS TARIFAS Y CANCELE LOS SERVICIOS UNA VEZ LE HAYAN SIDO PRESTADOS  
TELEFONO: 234 45 03

HORARIO: LUNES A VIERNES DE 8 - 12; 2 - 6 P.M.