

DIMENSIONAMIENTO DE SOPORTES ESBELTOS DE SECCION CONSTANTE DE HORMIGÓN ARMADO EN ESTADO LIMITE ULTIMO DE AGOTAMIENTO O INESTABILIDAD. METODO DE LAS CURVATURAS DE REFERENCIA*

Hugo Corres Peiretti
Dr. Ingeniero de Caminos
IETcc — ATEP

Director de tesis:

Francisco Morán Cabré
Dr. Ingeniero de Caminos
IETcc

451-7

EL estudio del comportamiento de estructuras esbeltas de hormigón armado implica grandes complicaciones debido a que se trata de un fenómeno altamente no lineal. Existe por un lado una no linealidad geométrica, debida a la influencia no despreciable de las deformaciones sobre los esfuerzos y, por otro, una no linealidad física, debido a la respuesta no lineal del hormigón armado.

Un análisis «exacto» de este tipo de estructuras comporta la utilización de métodos iterativos que requieren el uso de potentes ordenadores. Por otra parte, de esta forma sólo se puede abordar la comprobación de tales estructuras para lo que es necesario conocer además

* Esta tesis fue presentada, en noviembre de 1980, en la E.T.S.I.C.C.P. defendida y aprobada con la calificación sobresaliente «cum laude» el 25 de marzo de 1981.

de las dimensiones geométricas de las secciones —tal como ocurre en un análisis elástico lineal de primer orden— las cuantías y disposición de armaduras de las mismas.

Tal grado de dificultad ha dado origen al uso de procedimientos simplificados, válidos para la mayor parte de las estructuras. En este sentido, el método más ampliamente difundido, tanto para piezas aisladas como para pórticos, es el tratamiento de los elementos esbeltos a través de una pieza biarticulada equivalente, de sección constante (soporte equivalente).

El origen de esta tesis está vinculado a los trabajos realizados por el autor sobre soportes equivalentes con motivo del grupo ad-doc sobre pandeo, creado por la Comisión Permanente del Hormigón para la redacción de una propuesta de nuevo articulado de pandeo para la Instrucción EH-80.

Las conclusiones principales de estos trabajos pueden sintetizarse como sigue:

- 1.—No existían en la bibliografía métodos de dimensionamiento directo para soportes equivalentes. La cuantía estricta, resultado de un dimensionamiento directo, constituye un dato del análisis de un elemento esbelto debido a las no linealidades citadas.
- 2.—Los métodos de comprobación —dada la definición completa de la sección transversal, geometría y armaduras— son los procedimientos que más se han desarrollado y permiten una representación adecuada del fenómeno con suficiente precisión. Presentan el inconveniente importante que son de laboriosa utilización, lo que obliga al uso de ordenadores.
- 3.—En las normativas de los distintos países se presentan métodos de dimensionamiento indirecto que conducen al dimensionamiento en flexión compuesta con esfuerzos de primer orden aumentados con objeto de tener en cuenta los efectos de la esbeltez. Estos procedimientos constituyen simplificaciones más o menos groseras que conducen, en general, a un

sobredimensionamiento y en algunos casos a resultados inseguros.

A la luz de estas conclusiones, los trabajos realizados se enfocaron a conseguir un método de dimensionamiento directo para este tipo de elementos.

En esta tesis, tras exponerse en forma crítica y esquemática el estado actual del dimensionamiento de soportes esbeltos de hormigón armado, se presenta un método de dimensionamiento directo para soportes equivalentes que se ha bautizado con el nombre de **Método de las Curvaturas de Referencia (MCR)**.

Las características principales del método propuesto pueden sintetizarse como sigue:

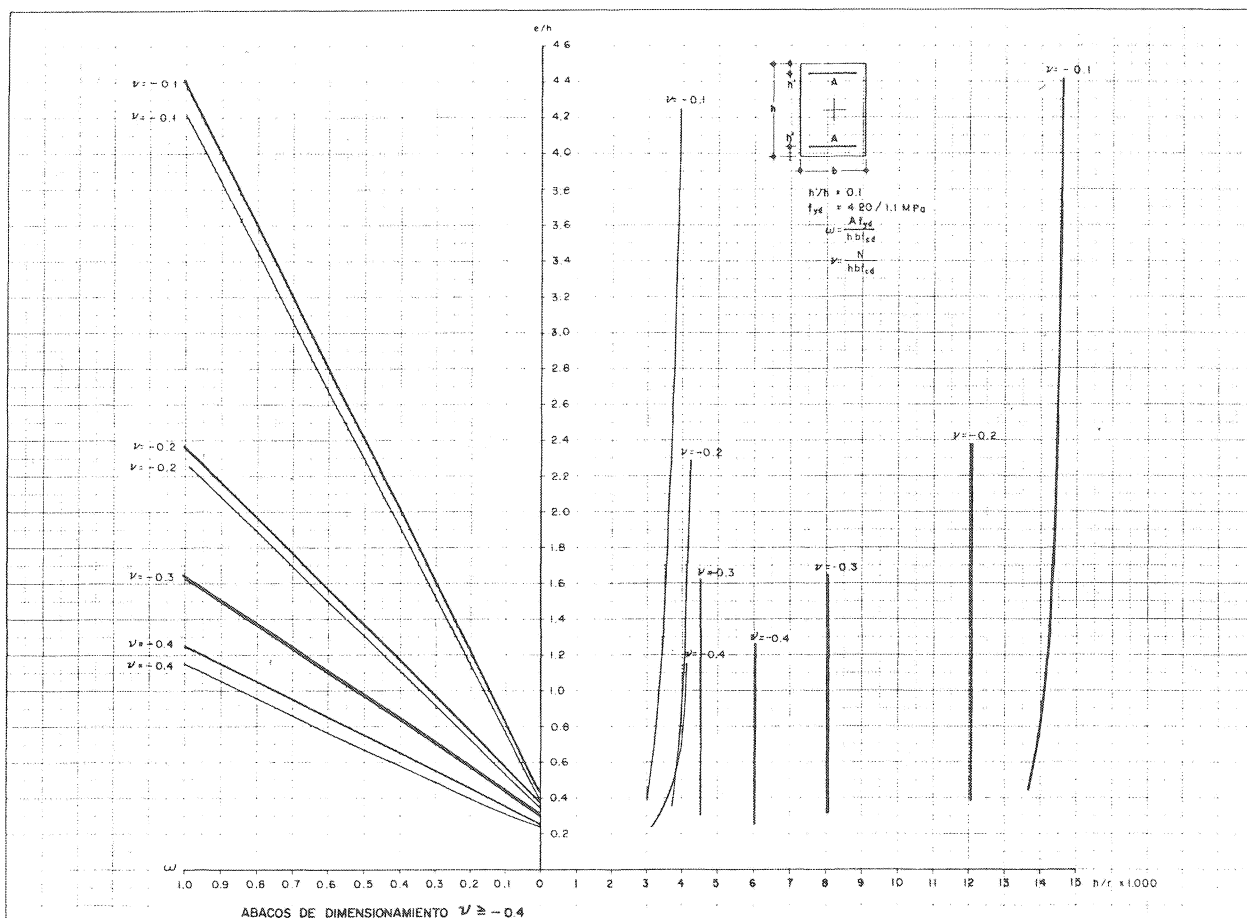
1. **Generalidad:** El MCR constituye un método de dimensionamiento directo completamente general. Es válido para soportes con sección transversal de forma cualquiera y con distintas distribuciones de armadura así como para distintas calidades de hormigón y acero.

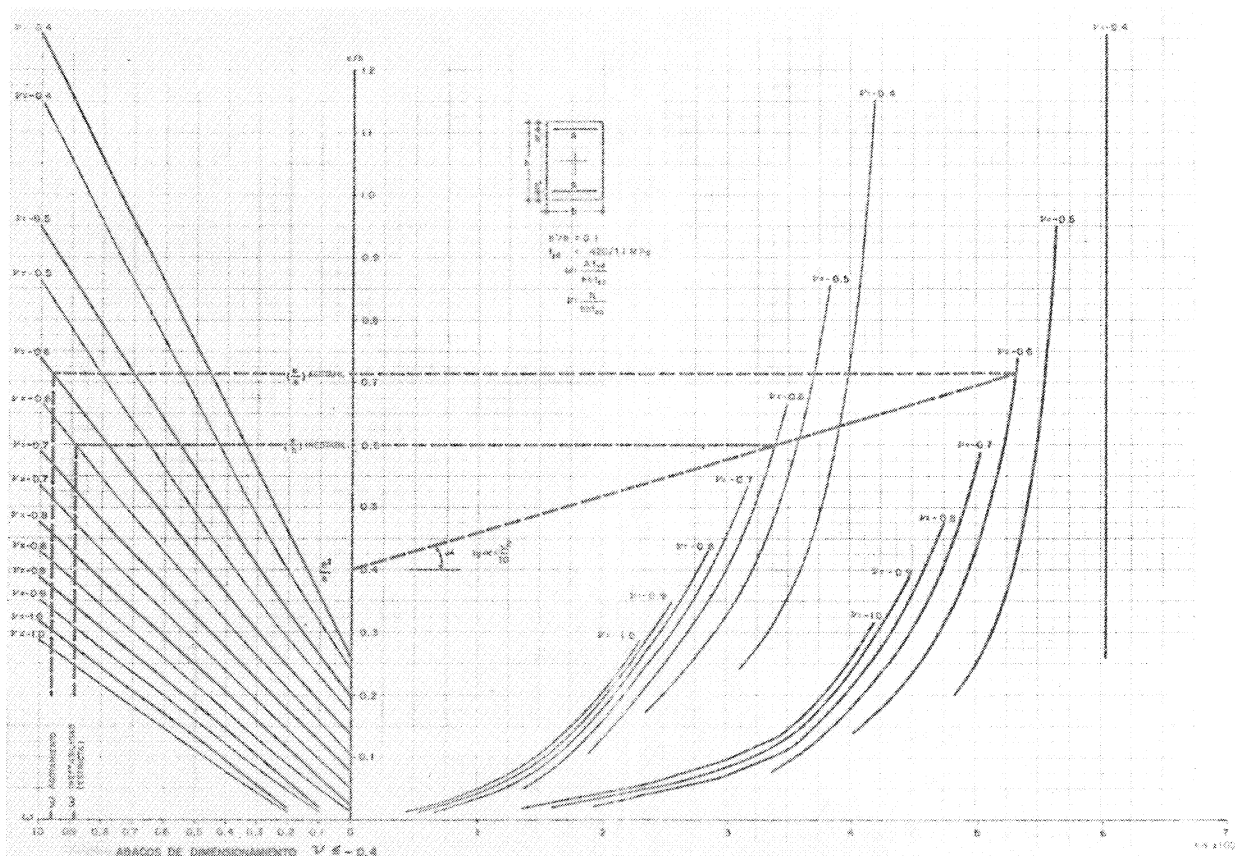
2.—**Continuidad:** El MCR permite el dimensionamiento tanto de soportes cortos como esbeltos de forma continua, teniendo en cuenta adecuadamente los dos tipos de estados límites últimos que se presentan en soportes, estado límite último de agotamiento e inestabilidad.

3.—**Precisión:** Los resultados obtenidos con el MCR son de precisión comparable con los resultados de los métodos de comprobación más difundidos —Método de la Columna Modelo (MCM), Método de la Deformada Senoidal (MDS)—.

4.—**Facilidad de uso:** El uso práctico del MCR es sencillo ya que constituye un método directo (contrariamente a los de comprobación que son iterativos) y puede ser implementado gráficamente o con fórmulas.

5.—**Representación del fenómeno físico:** El uso del MCR permite reconocer, para cada soporte a dimensionar, el estado límite último que se produce en el soporte pudiéndose,





de esta forma, conocer la magnitud y el significado de los efectos producidos por la esbeltez.

En la tesis se presentan dos formas prácticas de utilización del MCR:

En primer lugar, Abacos de Dimensionamiento del tipo mostrado en la figura. Se explica detalladamente la forma de construcción de los mismos y se presenta una colección para soportes de sección rectangular con distintas distribuciones de armadura. Por último se muestra un exhaustivo estudio de la precisión de los ábacos, comparándolos con los métodos de comprobación MCM y MDS.

En segundo término se presenta una fórmula de Dimensionamiento Directo deducida del MCR.

$$\omega = \alpha_1 + \alpha_2 \left(\frac{e/h + \beta_1 \beta}{1 - \beta_2 \beta} \right); \beta = \lambda^2 10^{-4}$$

Como puede verse, la fórmula propuesta es extremadamente sencilla y da la cuantía

de armadura estricta de la sección transversal del soporte analizado en función de la excentricidad de primer orden en las articulaciones e/h , la esbeltez geométrica λ y unos coeficientes α y β que se presentan en forma de tablas para cada tipo de sección en función de axil específico v

De la misma forma que para los Abacos de Dimensionamiento, se presentan los resultados de un estudio similar sobre la precisión de la fórmula propuesta.

Como resultados secundarios existe un estudio detallado de diagramas momento-curvatura para secciones de hormigón armado, así como una propuesta de procedimiento para la obtención de diagramas de interacción de soportes esbeltos utilizando métodos de comprobación.

El MCR ha sido presentado en la Comisión III del CEB «Buckling and Instability» y será publicado en un próximo boletín del CEB (n.º 154).

En forma más detallada se encuentran actualmente en prensa una serie de artículos que publicará la revista **Hormigón y Acero**, del IETcc.