

Hojas técnicas

Mecánica de fluidos: Circulación de aire por conductos I

Para ventilar un espacio, un recinto o una máquina, ya sea impulsando aire o bien extrayéndole, es muy corriente tener que conectar el ventilador/extractor por medio de un conducto, una tubería, de mayor o menor longitud y de una u otra forma o sección.

El fluir del aire por tal conducto absorbe energía del ventilador que lo impulsa/extrae debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso. La rentabilidad de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida.

En la Fig. 1 hemos representado una canalización en la que un ventilador V trabaja haciendo circular un caudal Q de aire. Esta conducción tiene la entrada cortada a «ras», los cambios de sección «cuadrados», bruscos, y un obstáculo "O" atravesado con su forma natural. Debajo se ha representado una gráfica de las presiones totales Pt que van produciéndose a lo largo como pérdidas de carga y que debe vencer el ventilador. Las zonas sin sombreadir indican los espacios «vacíos» de aire y la aparición de torbellinos en el flujo.

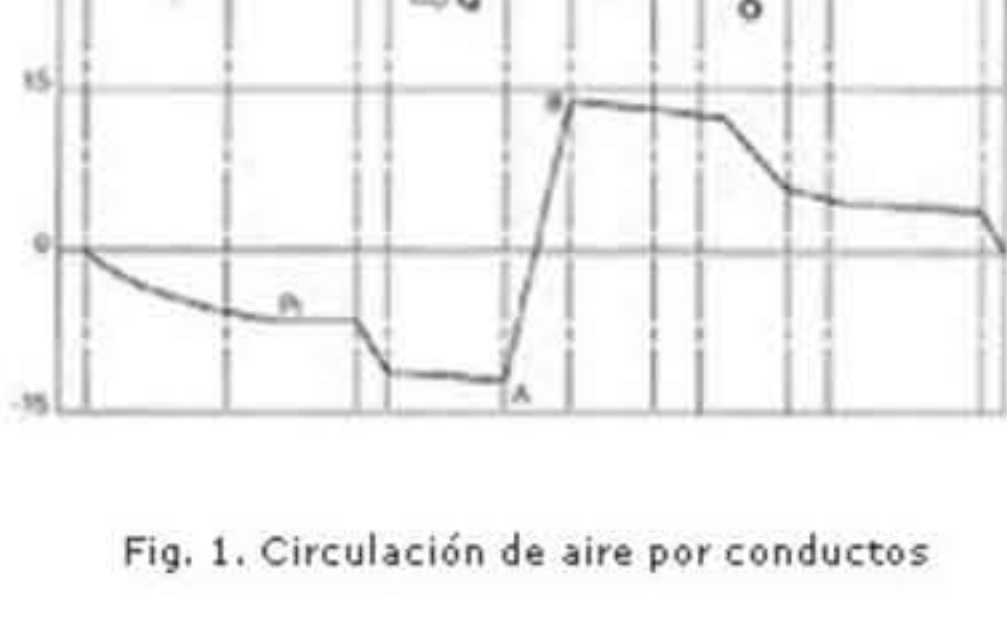


Fig. 1. Circulación de aire por conductos

La misma canalización, Fig. 2, con una embocadura de entrada acampanada, los cambios de sección cónicos y un carenado del obstáculo atravesado, presenta una gráfica de presión mucho más rebajada. De uno a otro supuesto se ha calculado que la presión Pt necesaria, para el mismo caudal Q, pasa de 27 mm c.d.a. a 16 mm, esto es, un 40% menos.

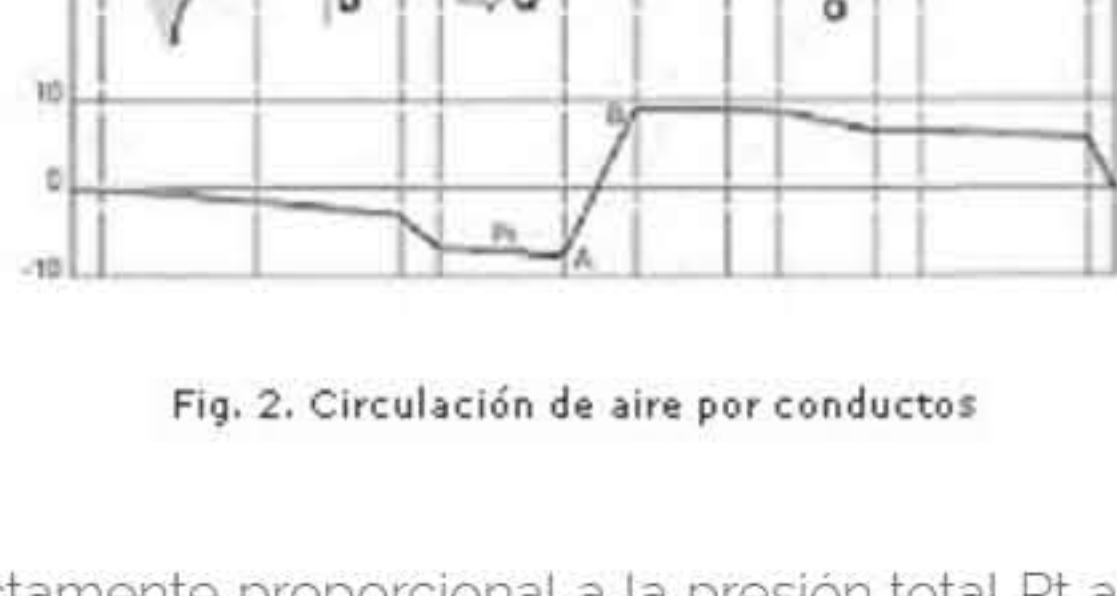


Fig. 2. Circulación de aire por conductos

Como el consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión total Pt a que trabaja, podemos constatar que, de no cuidar el diseño de una canalización, puede darse el caso, como el expuesto, de gastar un 68% más de energía del necesario.

1. Flujo laminar y turbulento

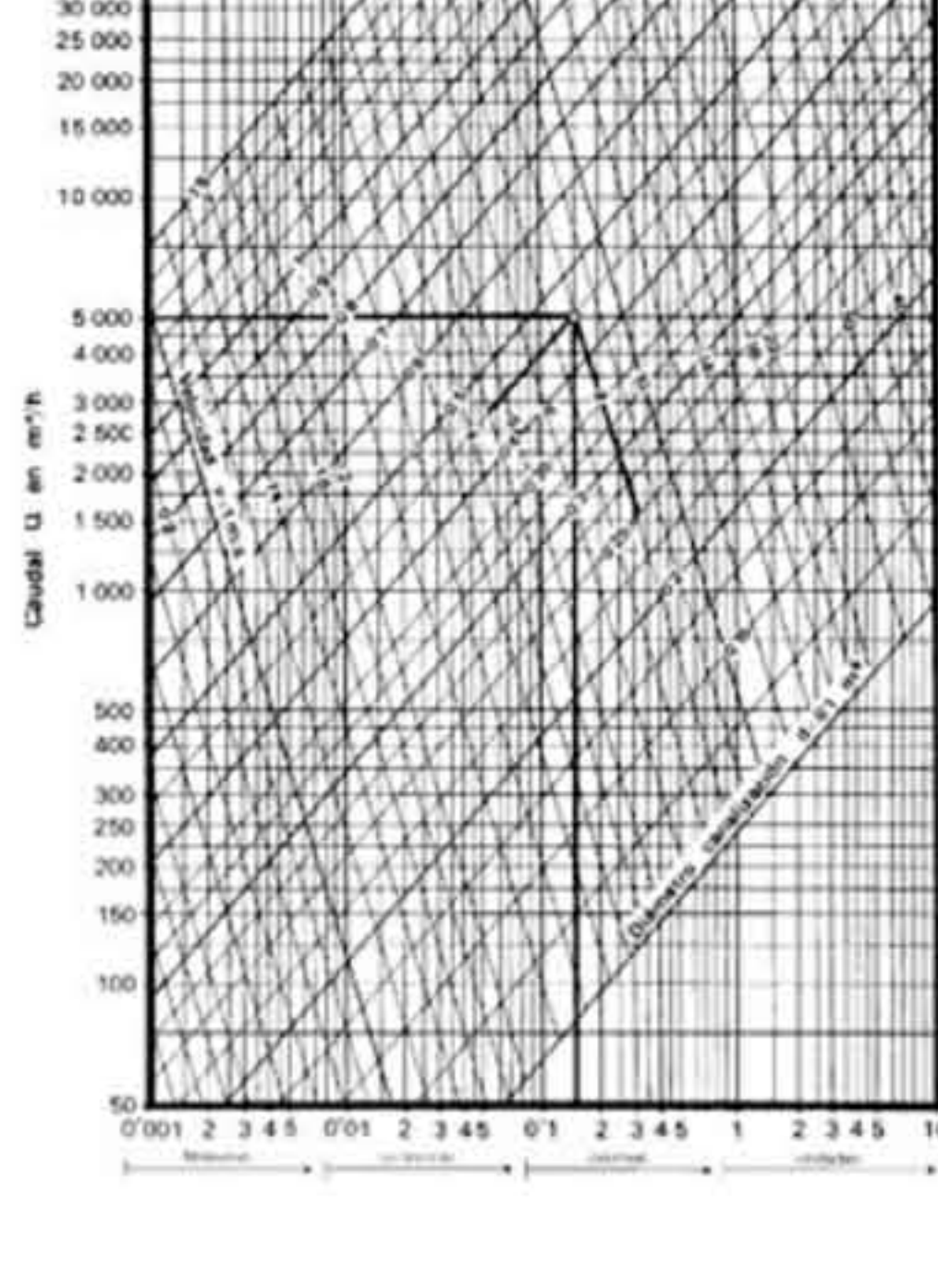
El flujo del aire se llama laminar cuando su trayectoria es uniforme, los filetes son paralelos y bien definidos, como se pone de manifiesto con trazadores sinópticos.

El flujo es turbulento cuando la trayectoria de las partículas del fluido son irregulares, constantemente cambiantes con la aparición y desaparición de innumerables torbellinos. Calculando un número, llamado de Reynolds, que comprende la densidad del fluido, el diámetro del conducto, la velocidad y la viscosidad, puede conocerse qué régimen tendremos dentro de un conducto. Por debajo de 2.100 será laminar y, por encima de 4.000, manifiestamente turbulento. En ingeniería de ventilación, por razones de economía en la sección de las instalaciones, los regímenes de los flujos de aire siempre son turbulentos.

2. Pérdida de carga en tramos rectos

A la presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto, que es la que determina el gasto de energía del ventilador, se llama pérdida de carga. Se calcula por la fórmula de Darcy que contempla la longitud de la conducción, el llamado diámetro hidráulico, la velocidad y densidad del aire y el coeficiente de frotamiento que, éste, a su vez, depende del número de Reynolds, de rugosidad de las paredes, de las dimensiones y la disposición del mismo. Calcular la pérdida de carga con estas fórmulas resulta engorroso y, con todo, sólo lleva a resultados aproximados ya que tanto la viscosidad, como la densidad y la rugosidad pueden variar entre márgenes muy amplios. De ahí que la forma práctica de hacerlo es recurriendo a nomogramas confeccionados, a base de todo el bagaje técnico expuesto y son válidos para conducciones con la rugosidad corriente en materiales habitualmente usados.

El nomograma de la Fig. 3 muestra uno de ellos para secciones circulares y un coeficiente de fricción l = 0,02 (plancha de hierro galvanizada o tubos de fibrocemento). Para otros coeficientes de fricción puede corregirse el resultado multiplicándolo por los coeficientes de la Fig. 4.



Pérdida de carga, en mm c.d.a. de Presión Total por metro de longitud del conducto.

Ejemplo de lectura:

Un caudal de 5.000 m³/h circula por un conducto de 0.45 m de Ø a una velocidad de 8 m/s con una pérdida de carga de 0.15 mm por metro.

Fig. 3. Conductos circulares rectilíneos. Pérdida de carga por rozamiento de aire

3. Conductos rectangulares

Si la sección del conducto no es circular, caso frecuente en instalaciones de ventilación en donde se presentan formas rectangulares o cuadradas, es necesario determinar antes la sección circular equivalente, esto es, aquella que presenta la misma pérdida de carga que la rectangular considerada. Puede luego usarse el nomograma de la Fig. 3. El diámetro equivalente puede calcularse por la fórmula de Huebscher:

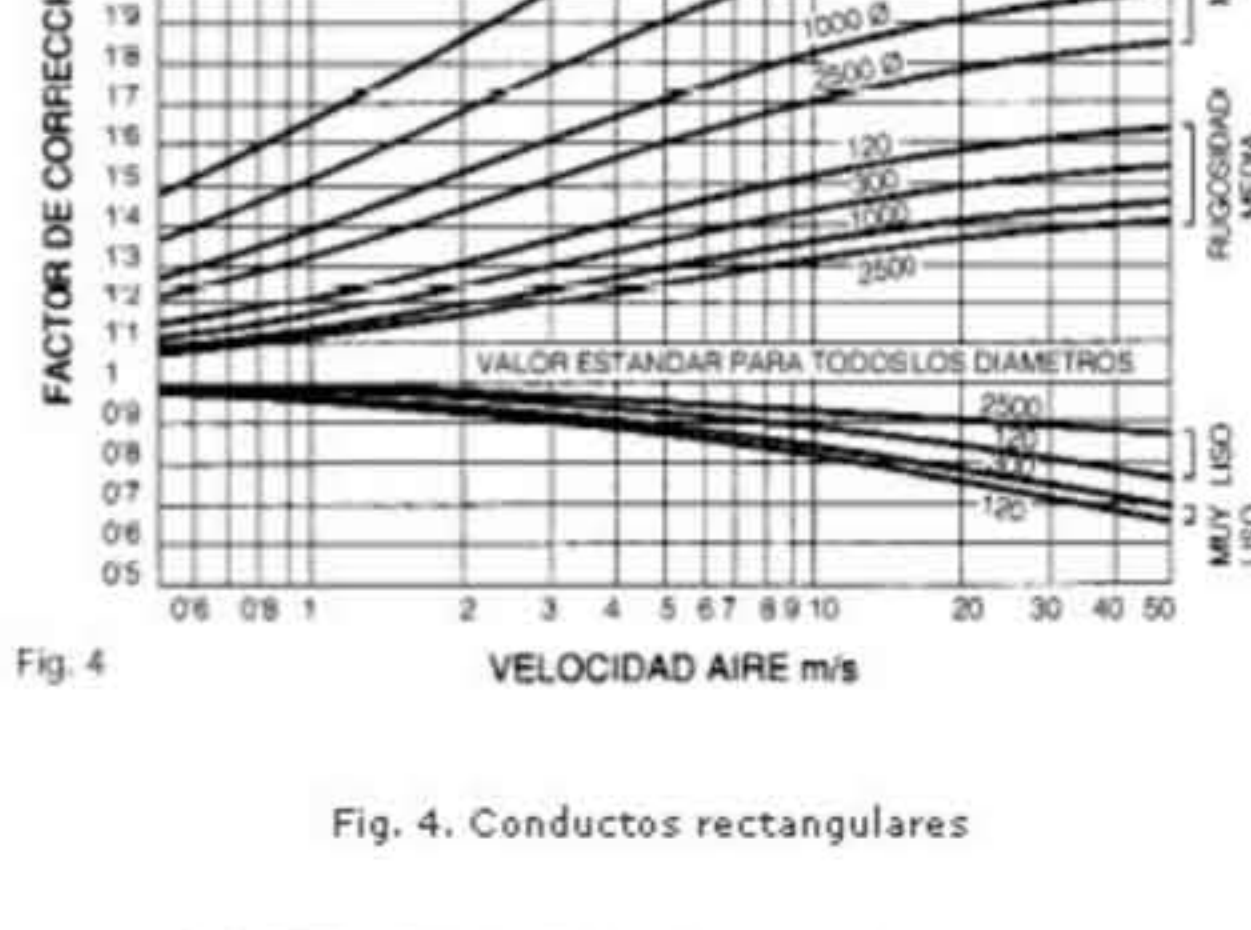
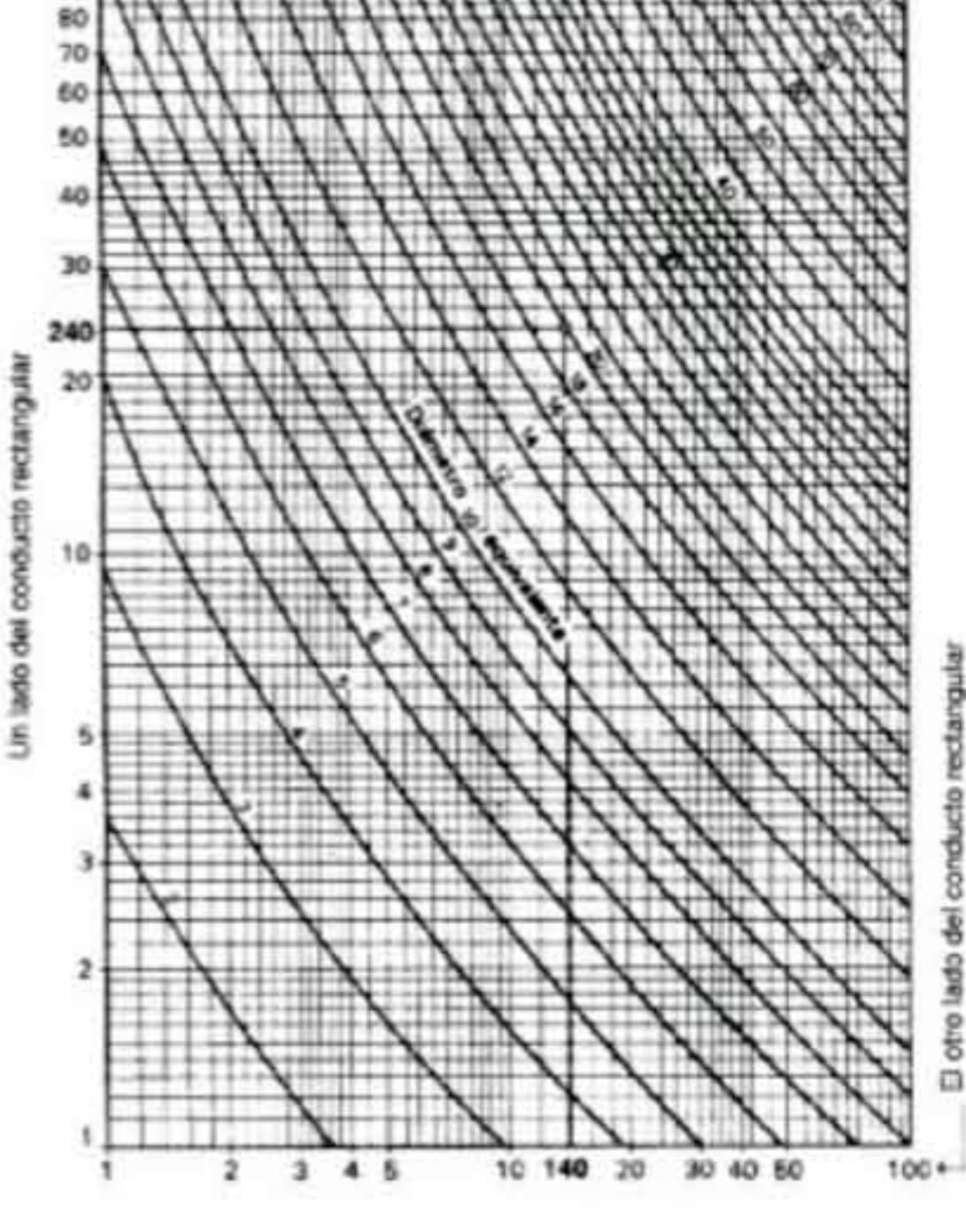


Fig. 4. Conductos rectangulares



Ejemplo: Un conducto de 240x140 mm tiene un diámetro equivalente de 200 mm Ø.

Fig. 5. Conductos rectangulares

4. Accidentes en las conducciones

Las canalizaciones de aire no siempre se componen de tramos rectilíneos sino que a menudo se presentan accidentes en su trayectoria que obligan al uso de codos, desviaciones, entradas, salidas, obstáculos, etc. Todos los cuales ofrecen resistencia al paso del aire provocando pérdidas de carga. Para conocer la resistencia total de un sistema de conductos será necesario calcular las pérdidas de cada uno de tales accidentes y sumarlos a las de los tramos rectos.

Existen diversos métodos para calcular la pérdida de carga debida a los accidentes de una canalización, siendo el más usado en los manuales especializados, con muchos datos experimentales que permiten, con unas sencillas operaciones, determinar su valor, el siguiente:

5. Método del coeficiente «n»

Se basa este método en calcular la pérdida de carga, en unidades de presión total Pt, de un elemento de la conducción en función de la presión dinámica Pd del aire que circula y de unos coeficientes «n» de proporcionalidad, determinados experimentalmente, para cada uno según su forma y dimensiones. La fórmula usada es:

$$Pérdida\ de\ carga\ Pt = n \times Pd \text{ [mm c.d.a.]}$$

De esta forma calcularemos uno a uno los accidentes de la conducción que, sumados a los de los tramos rectos, tendremos la pérdida de carga total del sistema de conducción.

6. Ejemplo del coeficiente «n»

ólo a guisa de ejemplo reproducimos sendas gráficas correspondientes a los coeficientes «n» de codos en ángulo recto de sección circular y rectangular, Figs. 6 y 7, con algunas variantes de construcción de los primeros.

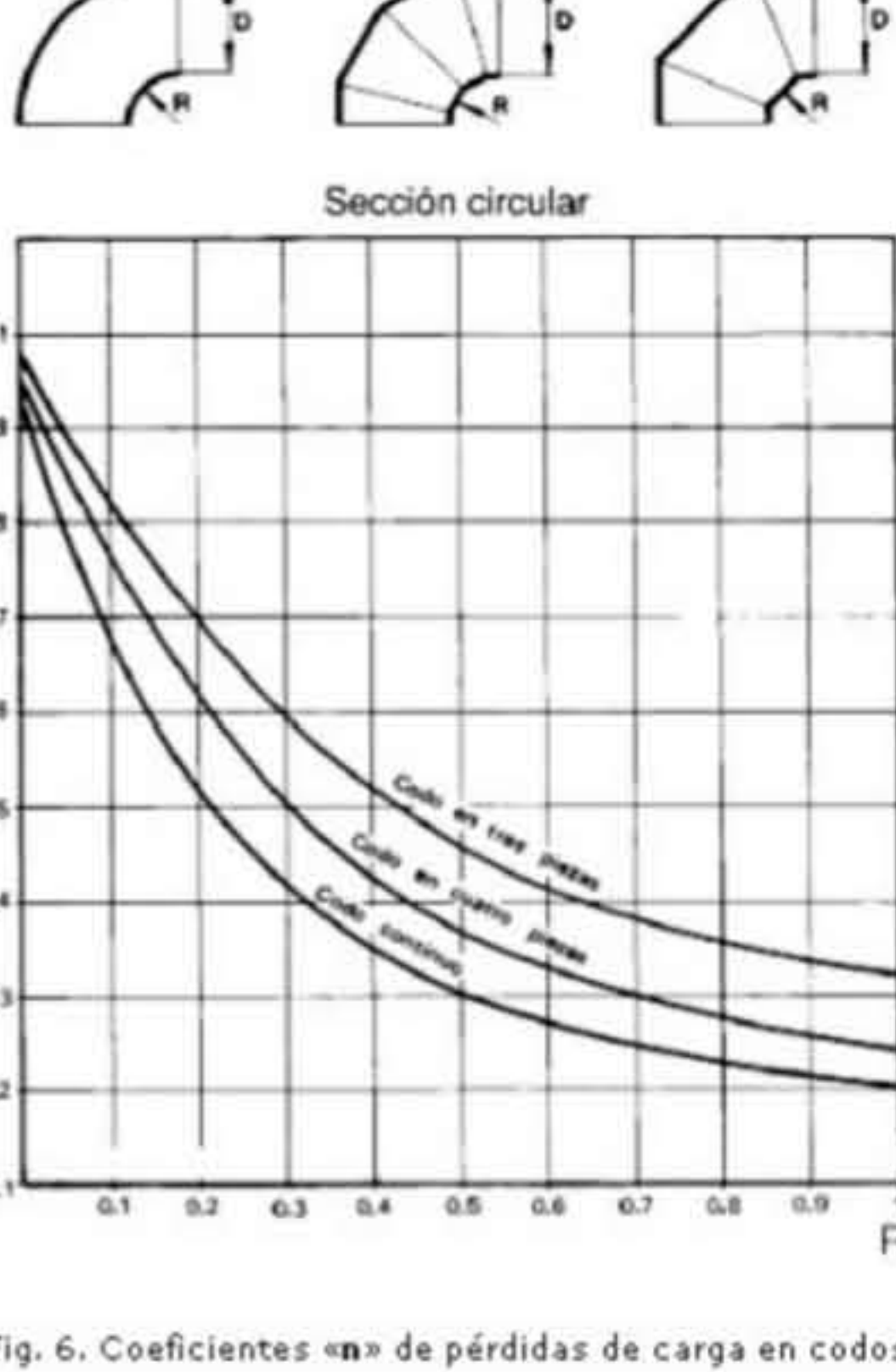


Fig. 6. Coeficientes «n» de pérdidas de carga en codos

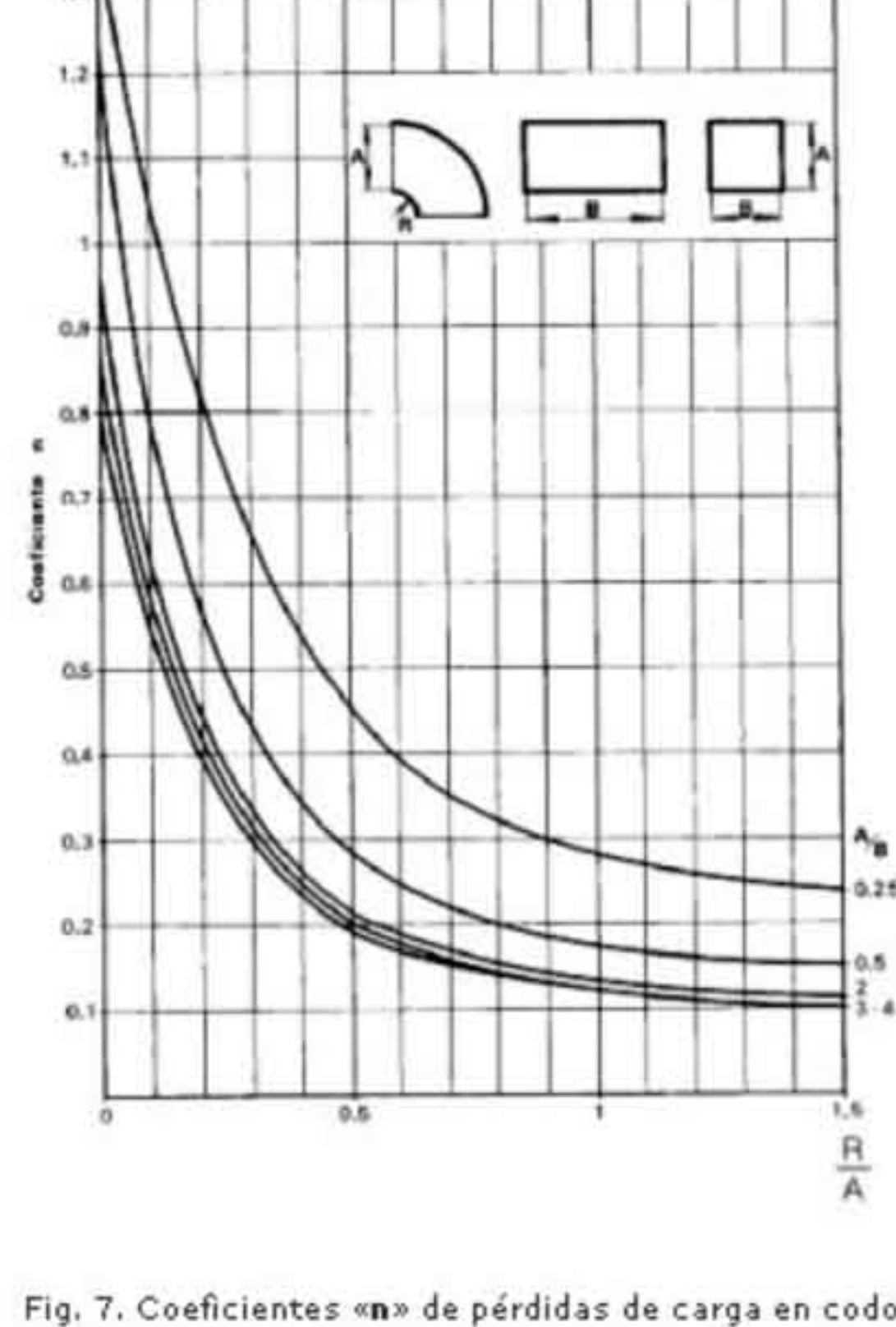


Fig. 7. Coeficientes «n» de pérdidas de carga en codos

En la próxima Hoja Técnica proporcionaremos muchos otros casos de accidentes con los datos sobre los coeficientes «n» correspondientes, sin pretender agotar el tema. Existen manuales especializados en los que podrán encontrarse muchos otros casos.

7. Características del sistema de conducción

Cuando se hayan calculado las pérdidas de carga totales de un sistema de canalización con todos sus accidentes, S Pt = P tramos rectos + P codos + P desviaciones + P descargas + P etc. para un caudal dado Q1, pueden calcularse las pérdidas por otro caudal distinto Q2 mediante la fórmula:

$$Pt2 = Pt1 \frac{Q2^2}{Q1^2}$$

O sea, que las pérdidas son proporcionales al cuadrado de los caudales que circulan: Pt = K Q²

Calculada K para un caudal concreto, podemos dibujar la gráfica presión (pérdidas) - caudal para todos los valores del caudal. Esta gráfica, Fig. 8, reviste la forma de una parábola y se la llama Curva Característica del Sistema.

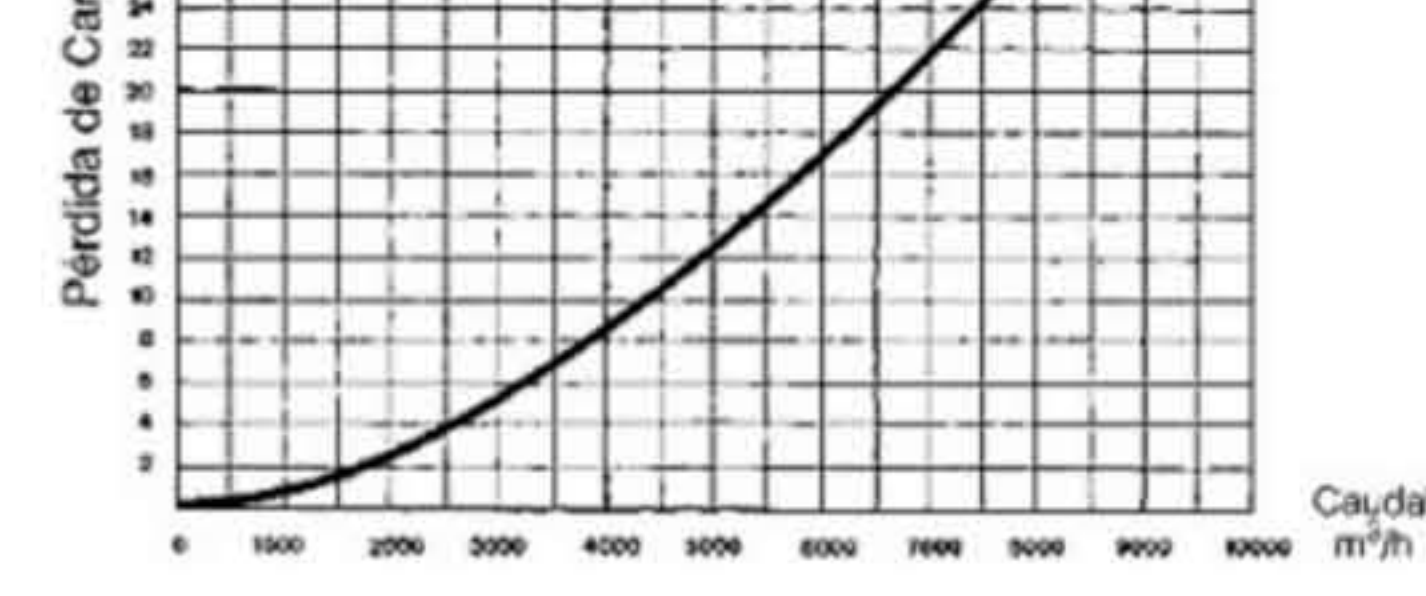


Fig. 8. Curva Característica del Sistema