



**JORNADAS DE DESARROLLO E INNOVACION**  
OCTUBRE 2000

**Seguridad**

**Precompetitivo**

**Desarrollo Tecnológico**

# Optimización del diseño en discos de freno para vehículos de competición.

Martinez Krahmer, D.; Maceira, G; Paredes, A.; Elvira G.

## 1º Parte: Análisis de Mecánica de los Fluidos

### INTRODUCCION:

La capacidad de disipar calor de un disco de freno con canales de ventilación, depende de la geometría de los canales, ya que según esta sea, puede favorecer o entorpecer el flujo de aire desde el diámetro interior  $d1$  del disco, al diámetro exterior  $d2$ .

La finalidad de este trabajo consiste en establecer un método gráfico-numérico que permita, dados unos datos primarios del diseño del disco ( Los diámetros  $d1$  y  $d2$ ), obtener un canal con una geometría adecuada que favorezca la circulación del aire en la dirección indicada.

### DESARROLLO:

Para realizar este estudio, se partió de la "Teoría de los hilos de corriente de una dimensión" y de las ecuaciones que rigen la circulación del fluido (Bernoulli para corrientes relativas y continuidad a través de los canales).

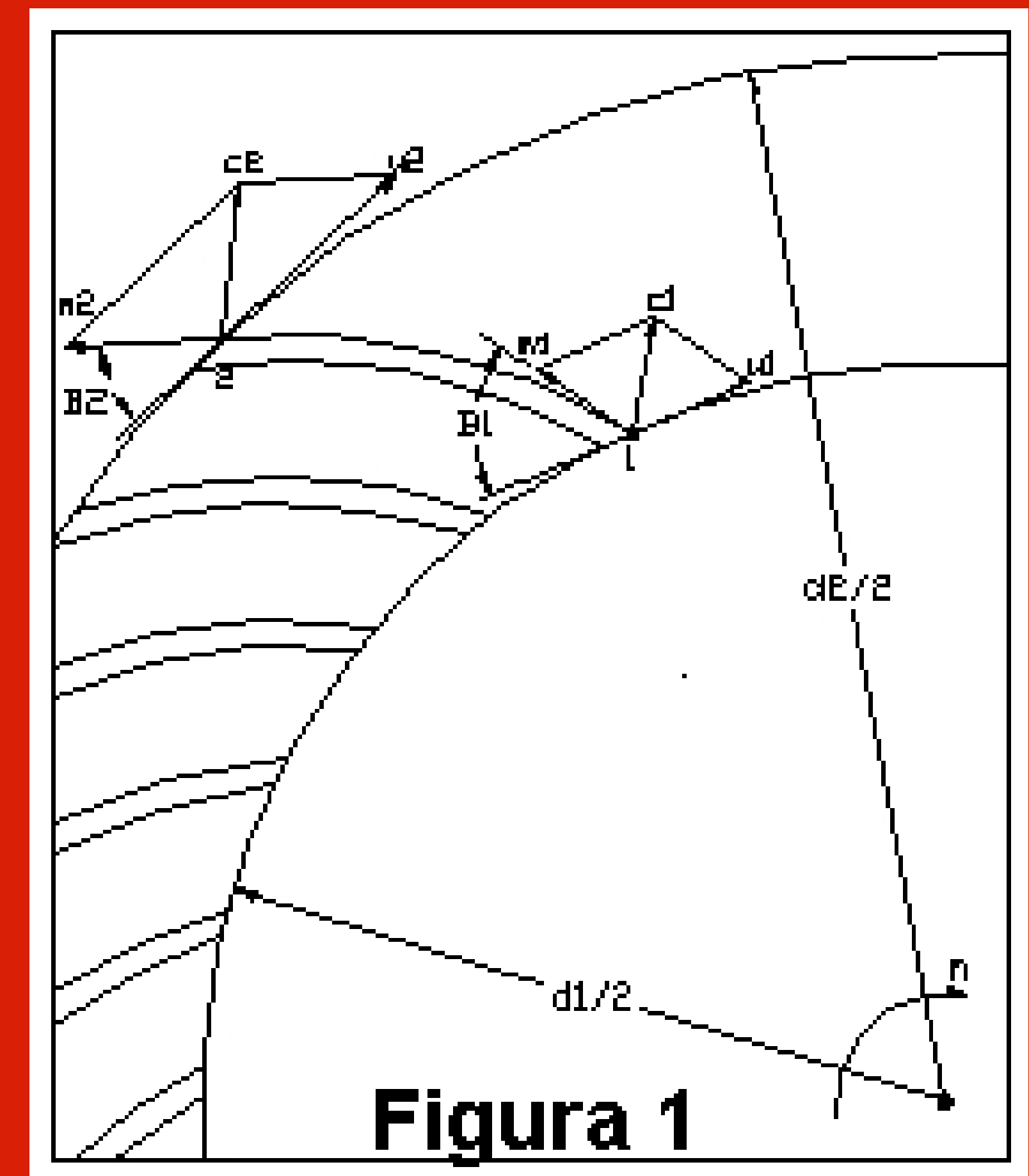
Se designa como estado con subíndice 1 a aquel con que el fluido ingresa al canal y con subíndice 2 a aquel con que sale del mismo.

Para facilitar la circulación del aire y como resultado de la forma de los canales (figura 1), se debe producir una caída de presión desde la entrada ( $p1$ ) hacia la salida ( $p2$ ) del disco. Este efecto se logra según sea el ángulo del álabe a la entrada (1), en combinación con el ángulo del álabe a la salida (2). Mediante un método gráfico-numérico que con datos que se obtienen de un CAD y se ingresan a una planilla de cálculo, se determinó un  $\beta$  máximo para que se verifique sea  $p1 > p2$ ; observando que el valor de  $\beta$  máximo es muy poco sensible a los cambios de  $d1$ . Teniendo en cuenta consideraciones respecto del diseño de los alabes y la influencia de la velocidad del automóvil podemos decir que: Definida una geometría  $d1$  y  $d2$  cualesquiera, toda vez que el  $\beta$  de diseño sea menor que el  $\beta$  máximo, estaremos en condiciones de asegurar  $p1 > p2$ .

Se analizó también como varía la forma del canal, cuando se alteran los ángulos 1 y 2, con el objeto de lograr  $p1 > p2$ , de donde se observa:

A medida que aumenta el ángulo 1, el canal se hace cada vez más ancho y su longitud disminuye. A medida que aumenta 2, aumenta la diferencia de presión  $p1 - p2$ .

Estas conclusiones suponen que los alabes son infinitamente delgados; el espesor origina una disminución de las secciones libres para el flujo; en consecuencia, los alabes reales constituyen para la corriente de aire un estrechamiento en la entrada y un ensanchamiento a la salida del mismo, modificando las velocidades a la entrada y a la salida (estado1). Como resultado de aceptar el hecho que el disco posee un número finito de alabes 'z', conjuntamente con la influencia del espesor de los alabes se propone una geometría contenida en la tabla adjunta que cumple la totalidad de las pautas propuestas y explicadas.



Parámetro	Denominación	Valor
.d1 (mm)	Diámetro a la entrada del flujo	250
.d2 (mm)	Diámetro a la salida del flujo	330
.b1 y b2 (mm)	Anchos del canal a la entrada y salida	19
$\beta_0$ (°)	Angulo del alabe antes de entrar	60
$\beta_3$ (°)	Angulo del alabe después de salir	15
.zop	Número óptimo de alabes	27
.t1 (mm)	Separación de alabes a la entrada	29.1
.t2 (mm)	Separación de alabes a la salida	38.4
.s1 y s2 (mm)	Espesor promedio del alabe	4
$\beta'1$ (°)	Angulo corregido a la entrada	56.16
$\beta'2$ máx. (°)	Angulo máximo a la salida	11.14
$\beta'1$ diseño (°)	Angulo a la entrada de diseño	56
$\beta'2$ diseño (°)	Angulo a la salida de diseño	10
$\delta p$ (kg/m <sup>2</sup> )	Salto de presión	2.7

## 2º Parte: Análisis de su Evolución Térmica

### INTRODUCCIÓN

El mejoramiento del diseño de este componente mecánico requiere, fundamentalmente, el análisis de:

- 1.- Geometría del canal de ventilación (Análisis de los fluidos).
- 2.- Disipación del calor generado durante el frenado.
- 3.- Tensiones térmicas y mecánicas.
- 4.- Peso

En este trabajo se aborda el análisis de la evolución térmica del freno a partir del ingreso de calor originado por la fricción de las pastillas de freno. En base a las características del aire circulante (evaluado en 1ª parte: ANALISIS DE MECANICA DE LOS FLUIDOS) se definieron las propiedades convectivas del componente. Se simuló un patrón de frenado para conocer las temperaturas alcanzadas en los mismos. Con estos resultados y en una tercera etapa se evaluará las tensiones de naturaleza térmica que se desarrollan en el freno.

### ANÁLISIS TERMICO: (Simulación Computacional)

Una severa distorsión térmica en un freno puede comprometer su comportamiento (desgaste prematuro, fisuración y vibraciones). En base a la geometría obtenida en la 1ª parte, se avanzó en conocer la evolución térmica del conjunto mediante simulación computacional (Método de los Elementos Finitos), mediante el programa COSMOS/M. En las figuras 2 y 3 se observan el freno (parcial) y la malla de elementos finitos analizada. Como estado de carga se propuso el calor generado durante sucesivas frenadas. Para esto, se aplicaron cuatro ciclos de calor (3 seg. c/u) cada 12 segundos, en las superficies expuestas a la acción de las pastillas de freno. El flujo calórico aplicado fue de  $1.0E6 \text{ Watt/m}^2$  y se partió de una configuración térmica inicial de  $25^\circ\text{C}$ . (Valvano T.et al).

En las figuras 4 y 5 se puede ver la distribución de temperaturas en el componente para el instante de tiempo 60 seg. Para conocer la evolución en el tiempo de la temperatura en 4 puntos característicos del conjunto se representó su historia en el gráfico adjunto. Las tres primeras curvas de mayor temperatura alcanzada corresponden a 3 puntos de igual coordenada radial. La primera y segunda corresponden a puntos localizados en el disco interior y exterior respectivamente y la siguiente corresponde a un punto medio del alabe propiamente dicho. La cuarta curva describe lo sucedido en un punto alejado de la zona de alabes. Con estos valores de temperaturas se realizará, en una etapa posterior, la evaluación de deformaciones y esfuerzos de origen térmico para así determinar si comprometen la integridad estructural y buen funcionamiento del conjunto.

