

Influencia de los Parámetros Geométricos de un Tenedor de Bicicleta en su Desempeño Aerodinámico

Influence of the Geometric Parameters of a Bicycle Fork in its Aerodynamic Performance

Héctor Roa-Vargas¹, Oscar Ochoa-Álvarez², Jesus Ramírez-Pastran³

Grupo de Estudios y Aplicaciones en Ingeniería Mecánica (GEAMEC), Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia

¹hectorroa@usantotomas.edu.co

²oscarochoa@usantotomas.edu.co

³jesus.ramirez@usantotomas.edu.co

Resumen

En este trabajo, se presentan los resultados de un estudio numérico para determinar la influencia de algunos parámetros geométricos sobre los coeficientes de arrastre y sustentación en dos geometrías comerciales de tenedores de bicicletas de ruta. El modelo computacional fue validado mediante un proceso de comparación de los coeficientes de arrastre y sustentación obtenidos contra datos existentes en la literatura para un caso canónico i.e., flujo alrededor de un cilindro. El modelo computacional base propuesto logró predecir valores de coeficientes de arrastre y sustentación con un porcentaje de error por debajo del 5.07%. Los resultados obtenidos en el proceso de validación confirman que el modelo computacional base es capaz de predecir el patrón de vórtices de von Kármán esperado. Este modelo computacional fue utilizado para predecir el comportamiento del flujo a través de las geometrías de tenedor seleccionadas. Para ambas geometrías se presentan valores de coeficientes de arrastre, sustentación y modos de oscilación de este último. A partir de los resultados obtenidos se propone una nueva geometría para el tenedor de la bicicleta.

Palabras clave: arrastre, sustentación, dinámica de fluidos computacional, bicicleta.

Abstract

In this paper we present the results of a numerical study to determine the influence of some geometrical parameters on the drag and lift coefficients for two commercial geometries of road bicycle forks. The computational model was validated by a comparison of the drag and lift coefficients obtained with it against available data in the literature for a canonical case i.e., flow around a cylinder. The proposed base computational model was able to predict values of drag and lift coefficients with errors values under 5.07%. The results obtained from the validation process confirm that the base computational model proposed predicts the expected von Kármán vortex pattern. This model was used to predict the flow behavior through the selected fork geometries. For both geometries, values of drag and sustentation coefficients, as well as modes of oscillation are presented. From the results obtained, a new geometry for the bicycle's fork is proposed.

Keywords: drag, lift, computational fluid dynamics, bicycle.

1. Introducción

En el proceso de diseño de bicicletas de competición de ruta es necesario cuantificar e interpretar las fuerzas que se oponen al movimiento del deportista por efecto del aire que lo rodea, es decir, fuerzas de arrastre y sustentación. Esto puede llevarse a cabo mediante el

modelamiento del comportamiento aerodinámico en cada uno de los componentes de la bicicleta, permitiendo tener así, una mejor comprensión del efecto de estas fuerzas sobre el rendimiento del deportista, así como la relación existente entre la geometría de la bicicleta y las fuerzas de arrastre y sustentación. Por medio de este análisis es posible estudiar y evaluar cambios geométricos que

permitan generar mejoras en el rendimiento aerodinámico del ciclista.

Por medio de estudios experimentales realizados en túnel de viento, diversos investigadores han podido determinar que el arrastre está ligado al ángulo de incidencia del viento con respecto al ciclista, y que la mayor parte del arrastre presente es generado por el cuerpo del mismo. Al igual, es posible reducir hasta en un 38% la energía requerida por el deportista cuando este se encuentra viajando en grupo, esto representa un mejor desempeño aerodinámico [1].

Con el fin de comprender el comportamiento del flujo alrededor del deportista, sin hacer uso del túnel de viento, se han implementado metodologías de caracterización de fluidos por medio de las herramientas de mecánica de fluidos computacional (CFD)[2]. Los estudios consultados permiten evidenciar que el coeficiente de arrastre depende del ángulo de incidencia, además las variaciones encontradas en el coeficiente de sustentación muestran un efecto importante en la estabilidad del ciclista [3].

Otros autores sugieren que el estudio, comparación y optimización de secciones separadas de la bicicleta presentan como resultado la reducción de la cantidad de energía empleada por el deportista[4]. Particularmente, la configuración de las ruedas es responsable del 10% al 15% del arrastre, por lo tanto, la reducción de este se torna un factor determinante en las competencias [5].

Aun cuando en otros países este tipo de estudios ya es utilizado para el diseño de estos componentes [4]. En Colombia, de acuerdo con las fuentes consultadas, se encuentra un vacío en el conocimiento referente al tema, lo cual representa una desventaja desde el punto de vista competitivo e industrial en el país.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el presente trabajo se enfoca en caracterizar la influencia de los parámetros geométricos del tenedor de una bicicleta de competición de ruta, y como estos influyen en su desempeño aerodinámico, específicamente los coeficientes de arrastre y sustentación. La situación física a modelar fue simplificada con la finalidad de disminuir el requerimiento computacional. Para esto se usó el flujo alrededor de un cilindro [6] como caso base para generar el modelo computacional objeto de este artículo.

2. Metodología

2.1. Ecuaciones gobernantes

El proceso físico al cual se le realiza la simulación comprende un tenedor sólido rígido, el cual se desplaza inmerso en un flujo, que para el caso analizado en este estudio es aire, el cual se considera como un fluido incompresible ya que el número de Mach de su velocidad relativa es inferior a 0.3. Por lo anterior, es posible simplificar las ecuaciones de Navier Stokes de continuidad y momentum en un plano bidimensional. La velocidad relativa del fluido que ha sido asignada es de 20 km/h, que en conjunto con la longitud característica dan un número de Reynolds de 13501. Esto implica que el régimen en el que se encuentra el fluido presenta características turbulentas, dichas perturbaciones en el fluido generan la denominada calle de vórtices de von Karman[7]. Estas vorticidades producen inestabilidad en el flujo sobre la superficie de la geometría, y por lo tanto vibraciones en esta.

2.1.1. Coeficiente de arrastre

El arrastre es el componente de la fuerza que se opone al movimiento de un objeto al interior de un fluido debido a la fricción que el fluido ejerce sobre el objeto. Este tiende a cambiar respecto a variables del fluido y del objeto, como lo son velocidad, densidad, viscosidad y rugosidad superficial.

$$C_d = \frac{2F_d}{\rho * A * u^2} \quad (1)$$

Donde C_d es el coeficiente de arrastre, A el área transversal con respecto a la dirección del flujo, ρ la densidad del fluido y u la velocidad.

2.1.2. Coeficiente de sustentación

La sustentación es la componente de la fuerza perpendicular a la dirección de velocidad de entrada. Esta fuerza es proporcional a la geometría del objeto, al ángulo de ataque, la velocidad del fluido y al área de sustentación A .

$$C_l = \frac{2F_l}{\rho * A * u^2} \quad (2)$$

2.1.3. Ecuaciones de Navier Stokes

A continuación, se muestran las ecuaciones que permiten modelar la continuidad y la conservación de la cantidad de movimiento lineal.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \quad (4)$$

La ecuación (3) corresponde a la continuidad de flujo de fluido y la ecuación (4) corresponde a la conservación de movimiento lineal, dichas ecuaciones están planteadas en función de los campos instantáneos de velocidad, de esta forma se logra la obtención directa de una caracterización de los campos de velocidad e indirecta del campo de presión de flujo[9].

$$u_i = U_i + \dot{u}_i \quad (5)$$

La ecuación (5) muestra la descomposición de Reynolds la cual se usa para separar el comportamiento del valor promedio de las fluctuaciones de una propiedad en particular. Esta descomposición permite representar matemáticamente la turbulencia como fluctuaciones en las ecuaciones de Navier Stokes [10].

Para lograr dicha separación se toma un factor (U_i) que corresponde al promedio de conjunto de las componentes de los campos de velocidad, y u_i hace referencia a las fluctuaciones instantáneas de las mismas componentes.

2.2. Validación del modelo computacional

A continuación, se muestran los modelos computacionales que se utilizaron para la resolución numérica de la situación física caracterizada anteriormente en las ecuaciones (3) y (4). Se describe el caso canónico a usar para lograr verificar el modelo numérico utilizado.

2.2.1. Caso canónico

El flujo alrededor de un cilindro bidimensional se encuentra determinado por características fluidocinéticas ampliamente estudiadas; para este caso se utilizó un cilindro rígido inmerso en un dominio donde se utiliza aire como fluido de trabajo y se modela como incompresible. Este cilindro contará con los ejes coordenados en el centro, la velocidad del flujo es de 20 km/h, la densidad del fluido es constante, la temperatura del fluido es al ambiente (20°C), y la presión del mismo es equivalente a una atmósfera, todo lo anterior descrito

cual utilizara el solucionador PISO, (*Pressure Implicit with Splitting of Operators*), el cual es un método eficiente para analizar problemas transitorios, permitiendo prescribir las condiciones de frontera, resolver la ecuación simplificada de momento, calcular y corregir flujos másicos en las caras de las celdas, resolver la ecuación de presión, actualizar las condiciones de frontera, y adelantar el paso de tiempo para dar comienzo desde el paso número uno[11].

2.2.3. Modelo de turbulencia

El modelo de turbulencia a utilizar será Delayed Detached Eddy Simulation (DDES), este representa la combinación entre dos modelos de turbulencia los cuales son LES (*Large Eddy Simulation*) y RANS (*Reynolds Average Navier Stokes*), para un modelo bidimensional, en donde la parte LES se utiliza para dar solución a turbulencias de gran escala, mientras la parte RANS, es utilizada para dar solución a turbulencias de menor escala.

2.3. Dominio de validación

Las dimensiones de este dominio se dieron como resultado del análisis de los resultados de las simulaciones exitosas, comparadas con la evidencia literaria existente frente al caso planteado[12]. El dominio se secciona para lograr un enmallado adecuado, partiendo del dominio utilizado por Nicolas Kanaris, Xavier Albets, Dimokratis Grigoriadis, y Stavros Kassinos [6]. Las dimensiones y secciones resultantes para el dominio se muestran también en la Figura 1.

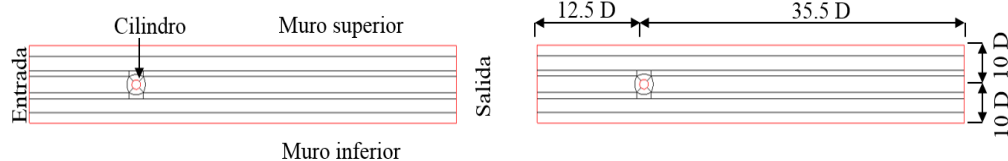


Figura 1. Fronteras computacionales y dimensiones modelo de validación. Fuente: elaboración propia.

en un fenómeno transitorio. El diámetro del cilindro es la longitud característica del mismo, y para este caso se establece de tal forma que en conjunto con la velocidad y la viscosidad se obtenga un número de Reynolds de 13501.

2.2.2. Esquema numérico

Las ecuaciones que modelan el comportamiento del fluido, representan un grado elevado de complejidad; para dar solución a las mismas de forma analítica, se empleará la técnica de dinámica de fluidos computacional, esta herramienta es ANSYS FLUENT, la

2.3.1. Discretización del dominio de validación

Las mallas utilizadas en este trabajo fueron desarrolladas utilizando la aplicación de ANSYS Mesh, sin embargo, con el fin de tener mejores resultados se realizaron refinamientos locales haciendo subdivisiones del dominio, denominando este método como malla por bloques [13], para realizar el refinamiento cercano a la pared del cilindro y así obtener la mayor cantidad de información de la capa límite.

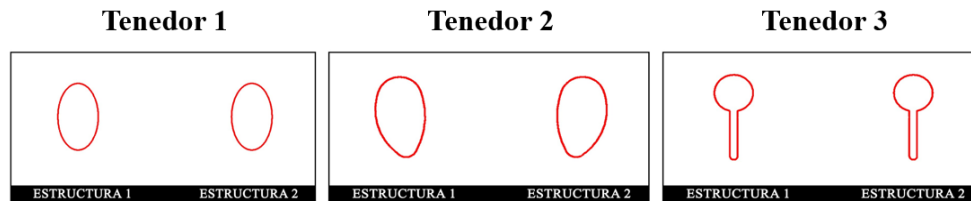


Figura 2. Corte transversal tenedor 1,2 y 3. Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Condiciones de Frontera

Las características usadas para las simulaciones que validaron el modelo a utilizar se presentan descritas por fronteras en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de frontera modelo de validación.

Nombre	Velocidad (m/s)	Presión (kPa)
Entrada	5.55	
Salida	$\nabla u \cdot \hat{n} = 0$	0 (man)
Cilindro	0	$\nabla p \cdot \hat{n} = 0$
Muro superior	Simetría	Simetría
Muro inferior	Simetría	Simetría

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Estudio de Independencia de Malla

En la Tabla 2 se puede observar la variación porcentual del coeficiente de arrastre, entre los valores de C_d reportados por la literatura, los cuales han sido obtenidos experimentalmente [12], y los obtenidos por las simulaciones realizadas por el autor. Este análisis está ligado a la cantidad de elementos usados por simulación, en donde con una cantidad de 718.556 nodos se alcanzó un error cercano al 5%, lo cual es aceptable para el modelo de turbulencia implementado, además establece que el modelo está validado correctamente.

Tabla 2. Estudio de independencia de malla.

Número de elementos	y^+	Cl	C_d	Error
152163	80% <5	0.35	1.61	40.84%
300521	55% <2.5	0.14	1.01	12.08%
718556	25.5% <2.5	0.42	1.08	5.07%

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 también se reportan el y^+ que hace referencia al porcentaje de elementos cercanos, a la pared del cilindro que se encuentran en la capa viscosa, en donde los esfuerzos viscosos predominan siguiendo la ley de la pared [14].

3. Resultados

3.1. Geometrías de Tenedores

Para la elección de los tenedores utilizados en las simulaciones, se tuvo en cuenta la fecha de comercialización y por disponibilidad física para medición. Para comprender con claridad la situación en la que se encuentra el tenedor de la bicicleta, se realizará un corte transversal a la mitad de la altura del mismo, teniendo con esto un modelo bidimensional compuesto por dos zonas semi ovaladas inmersas en un dominio rectangular.

3.1.1. Geometría 1

La primera geometría seleccionada corresponde a la horquilla comercializada en la década de los 70s del siglo pasado, por la empresa francesa Vitus con referencia 979. Esta se denominará para este estudio como tenedor 1, y se puede observar en la Figura 2.

3.1.2. Geometría 2

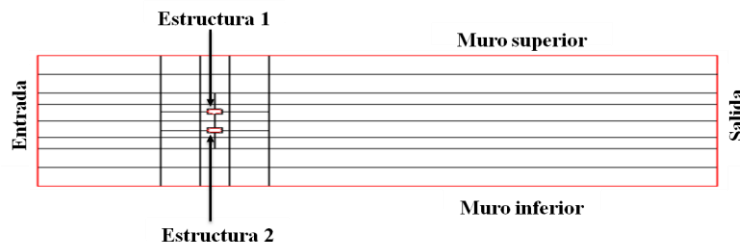


Figura 3. Fronteras computacionales. Fuente: elaboración propia.

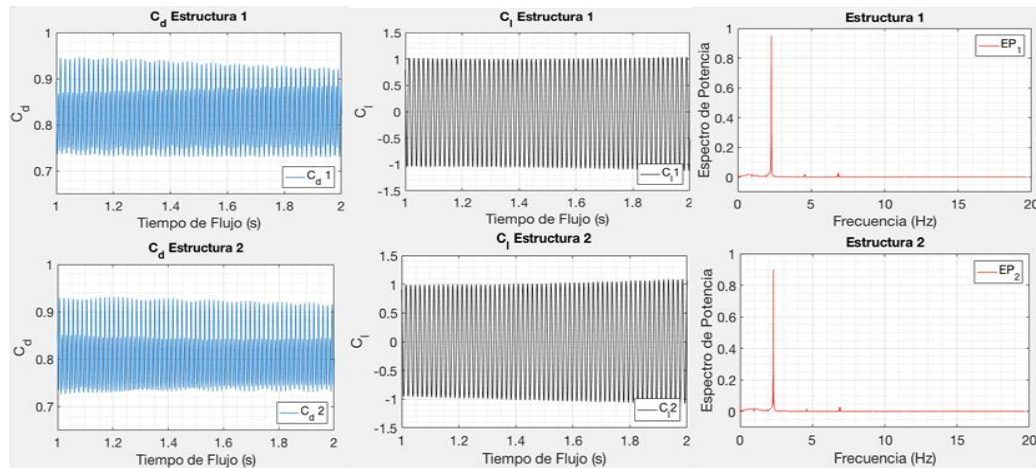


Figura 4. Comportamiento de los coeficientes de arrastre y sustentación para las estructuras 1 y 2 en la geometría tenedor 1. En la columna más a la derecha se observan los espectros de frecuencia. Fuente: elaboración propia.

La segunda geometría seleccionada corresponde a la horquilla lanzada al mercado por la empresa colombiana GW, con referencia 606249, la cual se comercializó 30 años más tarde que la geometría del tenedor 1. Esta se nombrará como tenedor 2, la cual se puede observar en la Figura 2.

3.1.3. Geometría 3

La tercera y última geometría analizada en este estudio, es una propuesta por el autor, inspirada en un perfil aerodinámico simétrico, simplificado para facilitar su fabricación. Esta está conformada por dos tubos frontales, los cuales serán la espina dorsal del mismo, y por dos deflectores colocados en la salida del flujo, la cual se puede observar en la Figura 2.

3.1.4. Condiciones de Frontera

Las características usadas para las simulaciones que validaron el modelo a utilizar se presentan descritas por fronteras en la Figura 3 y en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones de frontera modelo de tenedores.

Nombre	Velocidad (m/s)	Presión (kPa)
Entrada	5.55	
Salida	$\nabla u \cdot \hat{n} = 0$	0 (man)
Estructura 1	0	$\nabla p \cdot \hat{n} = 0$
Estructura 2	0	$\nabla p \cdot \hat{n} = 0$
Muro superior	Simetría	Simetría
Muro inferior	Simetría	Simetría

Fuente: elaboración propia.

3.2. Estudio independencia de malla tenedor 1

En la Tabla 4 se muestran los resultados cuantitativos de la simulación del tenedor 1, teniendo en cuenta el número

de elementos y porcentaje de error del coeficiente de arrastre. Así mismo, en la Tabla 4 se reportan los valores arrojados por el y^+ , los cuales sustentan las buenas prácticas de simulación.

Tabla 4. Resultados tenedor 1.

Número de elementos	y^+	Cl	Cd	Error Cd
252996	13%<9	0.5049	0.6716	
452618	10%<7.4	0,3314	0,2785	59%
994021	10%<5	0,2888	0,3930	41%

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4 se pueden observar los comportamientos correspondientes a la simulación del tenedor 1, estructuras 1 y 2, en los parámetros de coeficiente de arrastre y sustentación versus el tiempo de flujo. En la columna más a la derecha de la Figura 4 se presentan los espectros de frecuencia del comportamiento del coeficiente de sustentación.

3.3. Estudio independencia de malla tenedor 2

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de la simulación del tenedor 2, teniendo en cuenta el número de elementos y porcentaje de error del coeficiente de arrastre. Además se reportan los datos concernientes a la ley de la pared y^+ .

En la Figura 5 se pueden observar los comportamientos correspondientes a los coeficiente de arrastre y sustentación versus el tiempo de flujo, para las estructuras 1 y 2 del tenedor 2. En la columna más a la derecha de la Figura 5 se presentan los espectros de

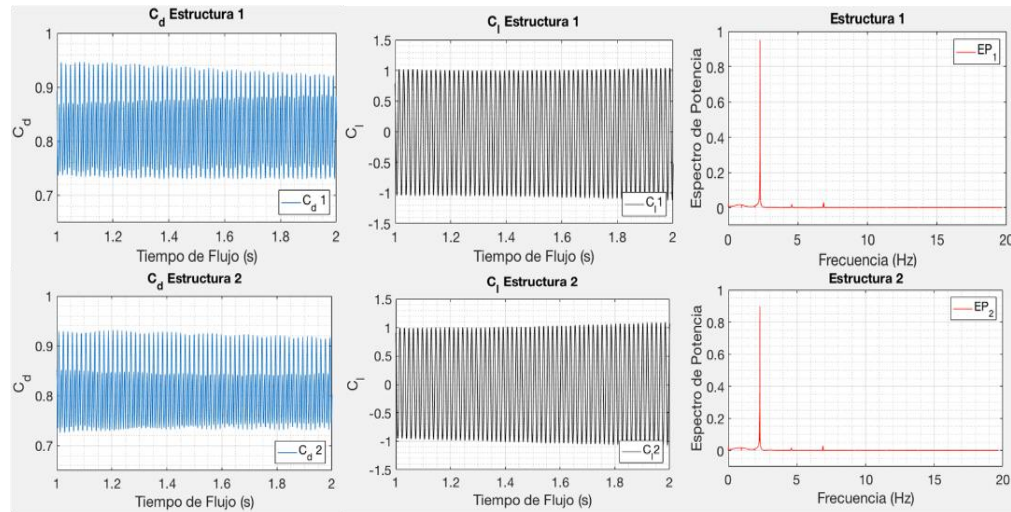


Figura 5. Comportamiento de los coeficientes de arrastre y sustentación para las estructuras 1 y 2 en la geometría tenedor 2. En la derecha se observan los espectros de frecuencia. Fuente: elaboración propia.

frecuencia del comportamiento del coeficiente de sustentación.

Tabla 5. Resultados tenedor 2.

Número de elementos	y^+	Cl	Cd	Error Cd
269293	22%<5	1.4619	0.8619	
452618	26%<5	1.0422	0.8305	3.6%
994021	32%<5	1.1343	0,8397	1.1%

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 6 se reportan los valores cuantitativos de la simulación del tenedor 3, teniendo como valor de referencia la cantidad de elementos con respecto al porcentaje de error del coeficiente de arrastre, además en la Tabla 6, se reportan los valores arrojados por el y^+ . En la Figura 6 se contempla el comportamiento de los coeficientes de arrastre y sustentación propios de la geometría propuesta para este estudio.

3.4. Estudio independencia de malla tenedor 3

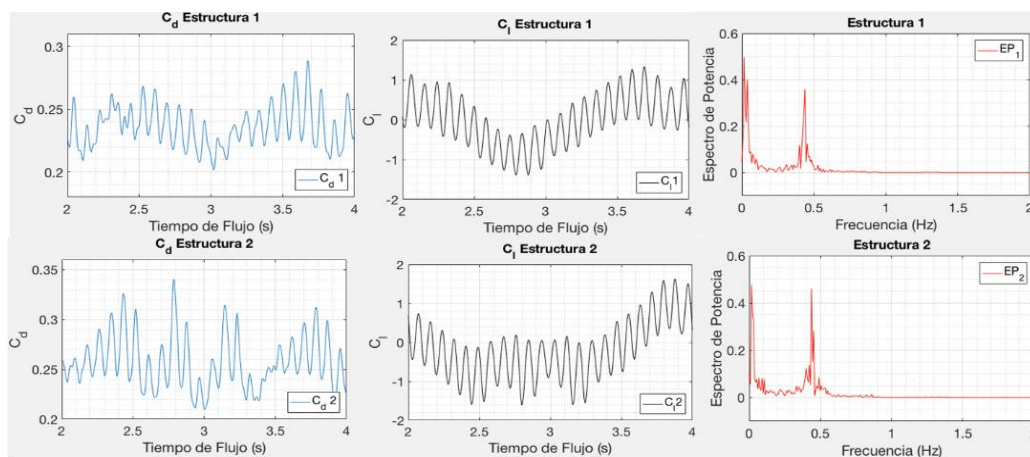


Figura 6. Comportamiento de los coeficientes de arrastre y sustentación para las estructuras 1 y 2 en la geometría tenedor 3. [En la parte inferior se observan los espectros de frecuencia. Fuente: elaboración propia.

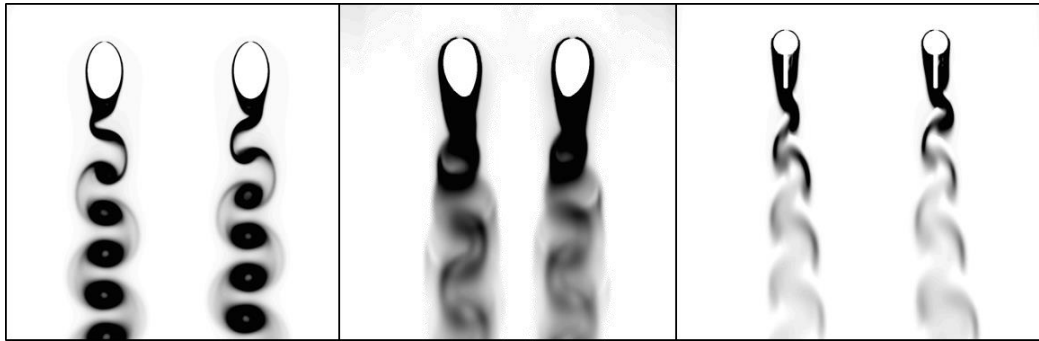


Figura 7. Comportamiento de la Energía Cinética Turbulenta para las geometrías de tenedor 1, 2 y 3. Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Resultados tenedor 3.

Número de elementos	y+	Cl	Cd	Error Cd
243992	23%<9	0.2132	0.2376	
452618	27%<9	0,0495	0,2535	6%
994021	32%<4	0,0555	0,2195	13%

Fuente: elaboración propia.

3.5. Relaciones entre geometría y Cd.

En la Figura 7 se presenta el comportamiento de la energía cinética turbulenta para cada una de las geometrías. Como se puede observar bajo el número de Reynolds presente el flujo de las tres geometrías presenta el comportamiento típico de las calles de vórtices de von Karman. También se observar que en la geometría del

tenedor 1 se presenta mayor frecuencia en la generación de vórtices en comparación con las otras dos geometrías. La geometría propuesta presenta una calle de vórtices de menor amplitud. Los números de Strouhal para las geometrías de los tenedores 1, 2 y 3 son 0.0031, 0.0032 y 0.0126 respectivamente.

En la Figura 8 se presentan tres gráficos, en el de la primera columna a la izquierda se visualiza la relación entre el coeficiente de arrastre y el perímetro de cada una de las geometrías. Seguida a esta se observa la relación entre el coeficiente de arrastre y la razón del perímetro a la longitud de los tenedores, dicha longitud fue medida desde el borde de ataque hasta el borde de fuga. Y, por

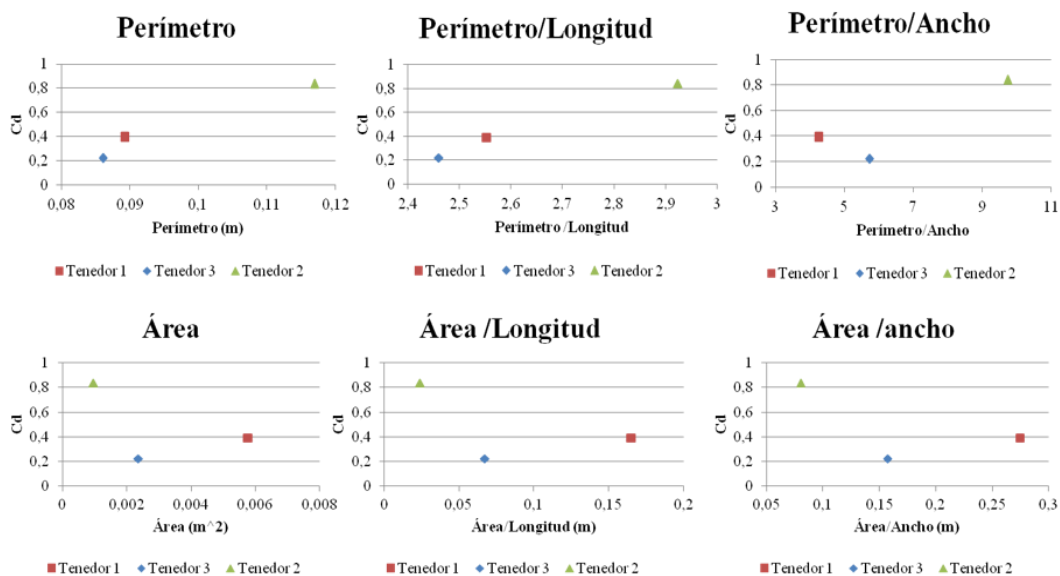


Figura 8. Relaciones geométricas perímetro y área respecto al Cd. Fuente: elaboración propia.

último, la relación entre el coeficiente de arrastre y la razón del perímetro sobre el ancho del perfil.

En la Figura 8 se presentan las gráficas que relacionan el coeficiente de arrastre con parámetros geométricos similares a los explicados anteriormente, sin embargo, en estas se ha relacionado con el área de las geometrías.

4. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se ratifica que el área transversal de los diferentes tenedores de bicicletas presenta una notable influencia en los coeficientes de arrastre.

Analizando los gráficos correspondientes a los espectros de frecuencia de cada una de las geometrías, se observa que en las dos geometrías comerciales se obtiene una componente frecuencial dominante, mientras que en la geometría propuesta se obtienen dos componentes frecuenciales de menor rango. Esto implica una menor cantidad de vórtices generados y consigo mayor estabilidad, como se puede observar en la Figura 7.

A pesar de que la geometría del tenedor 2 se comercializó varias décadas después que la geometría del tenedor 1 se puede observar que el coeficiente de arrastre es mayor.

Se puede observar que el coeficiente de arrastre tiene un comportamiento directamente proporcional al perímetro de cada uno de los tenedores analizados. Observando la Figura 8 se puede notar que en la medida que aumenta el perímetro, aumenta el coeficiente de arrastre. Este mismo comportamiento se presenta al analizar el coeficiente de arrastre contra la relaciones de perímetro/longitud y perímetro/ancho.

La geometría presentada en el tenedor 3 a pesar de tener un área intermedia entre las geometrías del tenedor 1 y 2, genera coeficientes de arrastre inferiores, lo cual podría dar una ventaja mecánica sobre las otras dos. Este mismo comportamiento se presenta al analizar el coeficiente de arrastre contra la relaciones de área/longitud y área/ancho (ver Figura 8).

Otro rasgo notable que se puede observar en las Figura 8, es que el coeficiente de arrastre para la geometría del tenedor 2 es significativamente mayor que el de las otras dos geometrías. Esto era de esperar dado que la geometría del tenedor 2 es asimétrica, mientras que las otras dos geometrías son simétricas.

5. Referencias

[1] M. Belloli, S. Giappino, F. Robustelli, and C.

- Somaschini, "Drafting Effect in Cycling: Investigation by Wind Tunnel Tests," *Procedia Eng.*, vol. 147, pp. 38–43, 2016.
- [2] A. L. Wenden, *Mathematical Modeling for complex fluids and flows*, vol. 3, no. September. Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 1981.
- [3] D. M. Fintelman, H. Hemida, M. Sterling, and F. X. Li, "CFD simulations of the flow around a cyclist subjected to crosswinds," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 144, pp. 31–41, 2015.
- [4] J. Katz, *Introduction to Computational Fluid Dynamics*, vol. M. 2012.
- [5] M. Godo, D. Corson, and S. Legensky, "An Aerodynamic Study of Bicycle Wheel Performance Using CFD," vol. 12065, pp. 1–21, 2013.
- [6] N. Kanaris, X. Albets, D. Grigoriadis, and S. Kassinos, "Three-dimensional numerical simulations of magnetohydrodynamic flow around a confined circular cylinder under low, moderate, and strong magnetic fields," *Phys. Fluids*, vol. 25, no. 7, 2013.
- [7] R. Dqg, "Modelamiento computacional de la calle de vortices de karman por dinamica de vorticidad," *Mecánica Comput.*, vol. 19, no. October, p. 279, 2002.
- [8] P. Goyal, A. Dutta, G. R. Reddy, R. K. Singh, and V. Bhabha, "Numerical Investigation of Strouhal Frequencies of Two Staggered Bluff Bodies," no. ii, pp. 1–6, 2013.
- [9] J. A. R. Pastran, "Investigacion numerica de un flujo incompresible turbulento cargado con particulas solidas suspendidas a traves de un canal con perturbaciones de pared controladas," *Univ. Nac. Colomb.*, p. 225, 2018.
- [10] D. C. Wilcox, "Turbulence Modeling for CFD," *Clim. Chang. 2013 - Phys. Sci. Basis*, vol. 289, no. 9, pp. 1–30, 1995.
- [11] W. K. George, "Lectures in Turbulence for the 21st Century," *Dep. Appl. Mech. Chalmers Univ. Technol. Gothenburg, Sweden*, no. January, p. 303, 2010.
- [12] M. Hill *et al.*, *FUNDAMENTAL OF AERODYNAMICS*, 2nd ed., vol. 2, no. SECOND. M.Hill, 2002.
- [13] J. H. F. M. Peric, *Computational Methods For Fluid Dynamics*, 3rd ed., vol. 6, no. 2. Berlin: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1393.
- [14] O. M. Ochoa Alvarez, "Estudio computacional de la respuesta operacional de un ducto convergente-divergente bajo condiciones de flujo compresible, turbulento," p. 109, 2015.