

Estudio Experimental del Comportamiento Aerodinámico del Vehículo Prototipo Allscape

J. Palencia

Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, jpalenci@usb.ve

N. García

Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, ngarcia@usb.ve

P. Calderón

Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 01-33650@usb.ve

G. Ferrero

Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

RESUMEN

El proyecto consiste en el estudio aerodinámico del modelo ALLSCAPE. Este concepto diseñado por Gustavo Ferrero, egresado de nuestra casa de estudios, merecedor del 3er lugar en el IV Concurso Internacional de diseño de Peugeot P.L.E.A.S.E. Innovate 2007. Se utilizarán herramientas experimentales de mecánica de fluidos para conocer el comportamiento aerodinámico de este futuro prototipo de la Peugeot. La metodología se basó en estudios de la carrocería propuesta en un túnel de viento subsónico con una sección transversal de 0,45x0,45 m y rango de velocidades desde 5m/s hasta 35m/s. Se realizó un estudio de similitud tanto geométrico como dinámico, lo que condujo a la fabricación de un modelo a escala 1:12. Así mismo se utilizó un suelo artificial para simular el efecto suelo, en este se varió la separación del modelo al suelo.

De esta manera se reportaran los coeficientes de resistencia al avance C_D , coeficiente de sustentación C_L y el patrón de flujo alrededor del modelo. Se sugerirán cambios al prototipo para mejorar su comportamiento aerodinámico. Para los estudios experimentales contamos con el túnel de viento existente en el laboratorio de Mecánica de Fluidos de la universidad Simón Bolívar de Caracas Venezuela.

Palabras claves: Aerodinámica Automotriz, visualización de flujo.

ABSTRACT

The project consists of the aerodynamic study of model ALLSCAPE. This concept designed by Gustavo Ferrero, former student of our university, deserving 3er place at IV International concourse of design Peugeot P.L.E.A.S.E. Innovate 2007. Experimental tools of fluid mechanic will be used to know the aerodynamic behavior of this future Peugeot prototype. The methodology propose was based on studies of the body in a subsonic wind tunnel with a cross-sectional section of 0,45x0,45 m and rank of speeds from 5m/s to 35m/s. A similarity study was made -geometric and dynamic- which result in a 1:12 scale model. Also an artificial ground was used to in order to create the ground effect -in this varied the separation between the model and the ground.

Drag coefficients C_D , lift coefficient C_L and the flow pattern around the model were reported. Changes in the prototype will be suggested to improve their aerodynamic behavior. For the experimental studies we counted with a wind tunnel in the Fluid Mechanics laboratory of Simón Bolivar University from Caracas-Venezuela.

Keywords: Automotive aerodynamics, flow visualization.

1. INTRODUCCION

El “Peugeot Concours Design” es una iniciativa de la compañía para atraer entusiastas del diseño automotriz en un evento de índole creativo. La cuarta edición se realizó entre el año 2006 y comienzos del 2007. Consistió en la propuesta de un vehículo concepto regulado por los organizadores (Concurso de diseño Peugeot 2007). Según palabras de éstos: “la competencia le da una oportunidad al talento del mañana de expresarse hoy”.

En ésta edición se recibieron más de cuatro mil propuestas de todo el mundo. Se eligieron los treinta mejores diseños en una primera etapa, que luego se redujeron a diez, y después a siete finalistas con tres grandes ganadores.

El tercer lugar lo mereció un venezolano, Gustavo Ferrero. Arquitecto egresado de la Universidad Simón Bolívar, quien diseñó el vehículo que bautizó ALLSCAPE. Según el lema feel the wind (siente el viento), su propuesta se caracterizó por un carro compacto de curvas no pronunciadas, con especial énfasis al disfrute del manejo del vehículo como forma de aventurarse en terrenos abiertos (Peugeot Allscape 2008). Entre sus principales atributos de encuentran los llantas de bajo perfil, frenos de disco eléctricos e independientes, y la posibilidad de remover el parabrisas del carro según los deseos del conductor de “sentir el viento”.

En ciertas ocasiones las propuestas innovadoras pasan del papel a la construcción de maquetas en tamaño real para su exposición en eventos sociales importantes, como ferias automotrices. Estas ferias son oportunidades para las casas constructoras de presentar diseños e ideas originales puestas en práctica en sus nuevos modelos.

Siendo el Allscape merecedor de un lugar privilegiado en una competencia como la descrita, y existiendo las posibilidades de su materialización, se hace necesario un estudio aerodinámico previo que prediga su comportamiento en condiciones de funcionamiento. Esto ayudará a comprender las bondades de la propuesta, y contribuirá con el proceso de fabricación del Allscape real, o de un modelo derivado de él.

2. METODOLOGIA.

2.1 OBJETIVOS.

Realizar un estudio aerodinámico del comportamiento de un vehículo prototipo conocido como Peugeot Allscape, a través del ensayo en túnel de viento de un modelo a escala.

2.2 ALCANCES

Esta investigación se realizó en un período de duración de catorce (12) semanas, en las instalaciones de los laboratorios de Mecánica de Fluidos y de Conversión de Energía Mecánica de la Universidad Simón Bolívar de Caracas – Venezuela.

2.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Fundamentalmente esta investigación corresponde a un proyecto de tipo explicativo (experimental) (Hernández, et al, 1991).

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 TÚNEL DE VIENTO

El túnel de viento utilizado para los estudios es un túnel de viento de ciclo abierto subsónico, con máximas velocidades entre los 30 y 35 m/seg, con una sección de pruebas de longitud de 120 cm y un área transversal de 45 cm de lado (ver Fig. 1). Posee una balanza de tres componentes que permite la medición de fuerzas en dirección vertical y horizontal (sustentación y arrastre), además del torque (momento) presentado sobre el modelo a causa del flujo de aire. Esta equipado con ventanas de plexiglas en la parte superior y laterales, que permiten la observación del modelo durante los ensayos.

3.2 ESTUDIO DE SIMILITUD

El estudio experimental se llevo a cabo en el túnel de viento del laboratorio de fluidos de la USB. el mismo es un túnel de viento subsónico, de ciclo abierto, con velocidades máximas entre los 30 y 35 m/s. la geometría y dimensiones internas en la sección de trabajo son 45x45 cm de lado y esta provisto de ventanas removibles de plexiglas para observación de los ensayos y para hacer las mediciones de fuerzas el túnel dispone de una balanza

de tres componentes. Se simularon las condiciones reales a través de la utilización de un plano elevado de aluminio para estudiar el efecto suelo sobre el modelo, el plano es lo suficientemente largo y ancho para evitar que los efectos de borde afecten en las mediciones experimentales, las dimensiones de este suelo artificial son 27 cm de ancho, 60 cm de largo, 19 cm de altura respecto a la base del túnel.

Para garantizar la similitud geométrica entre el modelo y el prototipo, las dimensiones del modelo están limitadas por el menor margen de error dentro del ensayo experimental, adicionalmente a la zona óptima de trabajo del túnel de viento, la vista superior del modelo está limitada por la longitud de lámina de aluminio con la cual se estudiará el efecto suelo. el área transversal del túnel de viento está limitada a una zona de trabajo en donde la diferencia de velocidad que experimenta el viento debido a la capa límite originada por las paredes del túnel no excede el 0.25%, en esta zona de trabajo se establece que el porcentaje de la relación entre el área frontal del modelo y la sección transversal del túnel debe ser menor al 7.5%, esto quiere decir que se utilizara una escala 1:12 entre el prototipo y el modelo en el túnel de viento (García 2006)

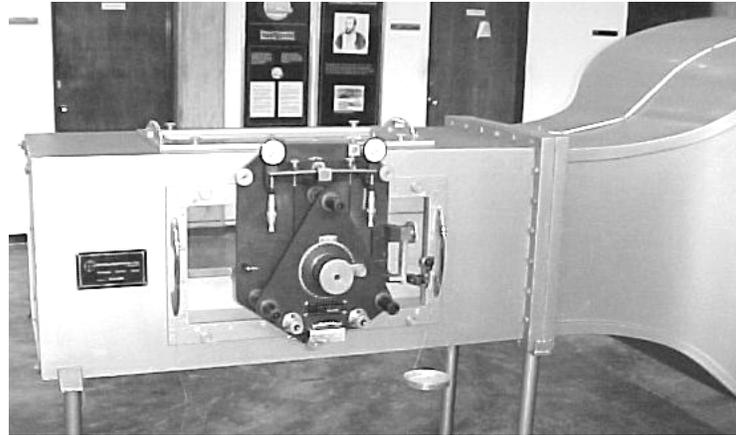


Figura 1. Túnel de viento

Debido a las características del flujo de aire (ρ densidad, μ viscosidad dinámica) y los rangos de velocidad en los cuales se trabaja en este tipo de ensayos, lo adecuado sería realizar el estudio de similitud dinámica haciendo uso del Número de Reynolds (Re). Sin embargo, observando la definición de dicho número adimensional, se obtendría que la velocidad a la que se tendría que someter el modelo es el factor de escala multiplicado por la velocidad que queremos simular. Esto da lugar a velocidades de gran magnitud, imposibles de alcanzar en el túnel de viento. Por otro lado, hay cierta justificación para no igualar los números de Reynolds en estudios con modelos. El coeficiente de arrastre es básicamente constante e independiente del Número de Reynolds, a partir de aproximadamente $Re=10e3$ (White, 2002), condición demostrada en una simulación numérica del mismo prototipo a escala 1:1] (García 2006). En el caso a estudiar los Números de Reynolds superan los valores de $4*10e5$. De esta forma en la similitud dinámica se hizo uso del Número de Mach, garantizando que los efectos de compresibilidad del fluido son comparables entre el modelo y el prototipo (flujo incompresible). Otro factor influyente en este tipo de ensayos es el bloqueo del flujo debido a las paredes del túnel, que con una relación entre el área frontal del modelo y el área transversal de la sección de pruebas del túnel menor al 7,5%, el error acarreado será menor. Se seleccionó un factor de escala de 7, con lo que se logra una relación de áreas de 7,315%. Con dicha escala el modelo posee una longitud de 420mm, un ancho de 190mm, una altura de 150mm y un área frontal de aproximadamente 0.014m². Este efecto de bloqueo sobrestima los valores de los coeficientes aerodinámicos, y para ello existe un factor de corrección (FC), que relaciona el área del modelo (A_m) y la sección transversal del túnel de viento (A_t), obteniendo un $FC=0.964$ (Atramiz, 2004).

3.3 MONTAJE EXPERIMENTAL

El túnel de viento utilizado está diseñado para estudiar perfiles de alas y no modelos automotrices, como es el caso. Por ello, se debió realizar el diseño del modelo con un agarre a la balanza similar al de un perfil de ala. El objetivo primordial del modelo es que tuviese la más precisa similitud geométrica. La construcción fue realizada en diversos materiales: poliuretano, masilla plástica, láminas de PVC, aluminio, anime, entre otros. El agarre a la

balanza del túnel de viento posee un sistema de tubo pitot, para la medición de la velocidad del flujo de aire (Atramis, 2004)

Suelo Artificial. Para la simulación de la pista se construyó un suelo artificial que cumplió con las siguientes características: dimensiones de ancho y largo suficientes para que el efecto en sus bordes no afectara el flujo alrededor del modelo, capacidad de hacer mediciones de efecto suelo, adaptación de altura, totalmente plano, fácil de adaptar en el túnel de viento, acabado liso y un comportamiento estable frente al flujo de aire. En la Fig. 3 se puede observar el montaje final en la sección de pruebas del túnel de viento. (Atramis, 2004)

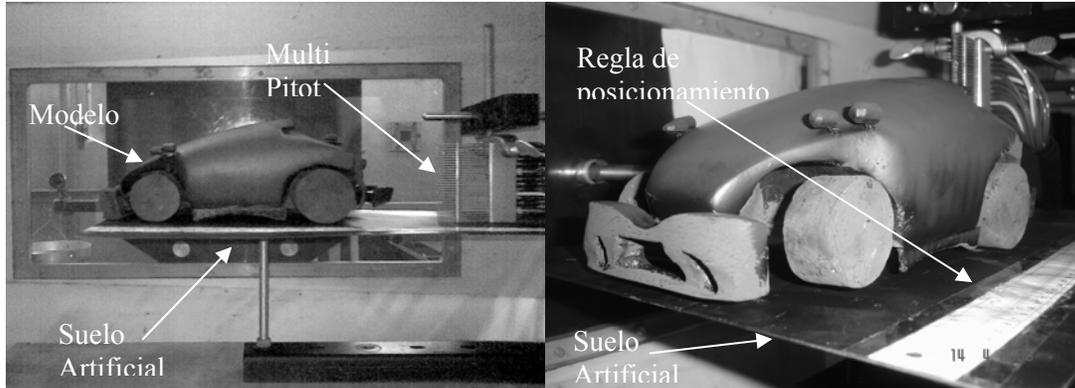


Figura 2. Arreglo experimental, a la izquierda vista lateral del montaje, al derecha foto en perspectiva.

4. RESULTADOS

Los resultados presentados corresponden a la experimentación sobre un modelo escala 1:12 del prototipo Allscape. En el grafico 1, se reportan los coeficientes de sustentación y arrastre para Números de Reynolds de 300000, 414000 y 500000 y bajo dos condiciones de arreglo experimental. La primera sin el suelo artificial y la segunda con el suelo artificial; en la misma se vario la altura entre el piso artificial (h) a valores 1, 2 y 3 mm.

Se realizaron mediciones de presión dinámica y estática de la estela del modelo, en dirección vertical y horizontal sobre la línea media del modelo, a partir del parachoques trasero a distancias de 0, 5 y 10 cm.

En los graficos 2, 3 y 4, se reportan los valores de presión dinámica, velocidad y presión estatica medidos en dirección vertical como se muestra en la figura anexa al grafico 2.

En los graficos 5, 6 y 7, se reportan los valores de presión dinámica, velocidad y presión estatica medidos en dirección vertical como se muestra en la figura anexa al grafico 5.

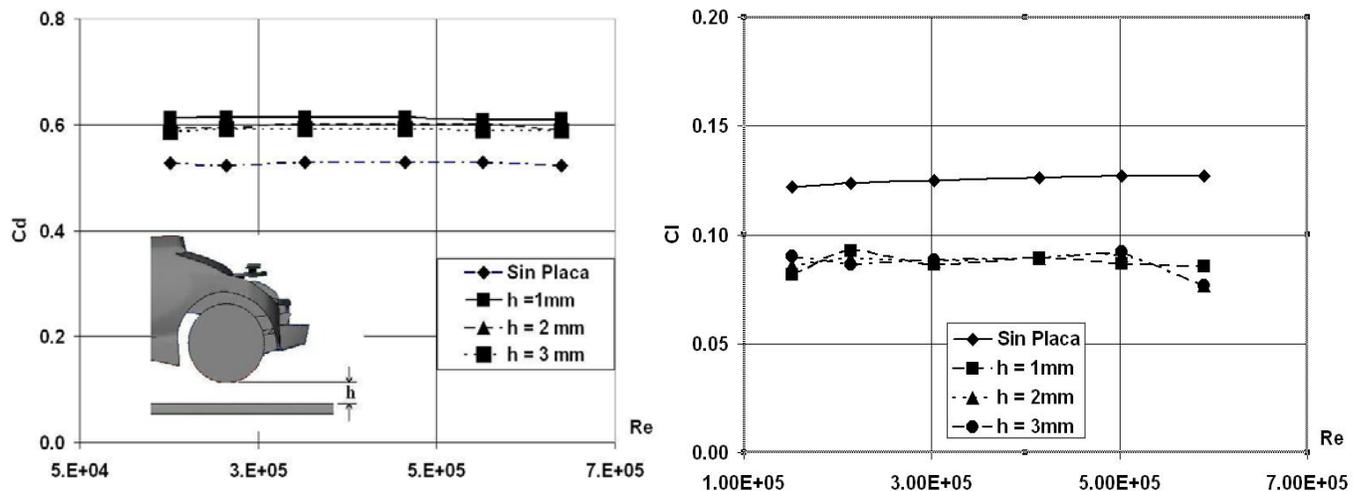


Gráfico 1. A la izquierda coeficiente de arrastre (C_d) contra Reynolds (Re), a la derecha y del coeficiente de sustentación (C_l) vs Reynolds (Re), para varias configuraciones del arreglo experimental: Sin Placa, Con la placa a 1 mm, a 2mm y a 3mm entre el caucho y la placa.

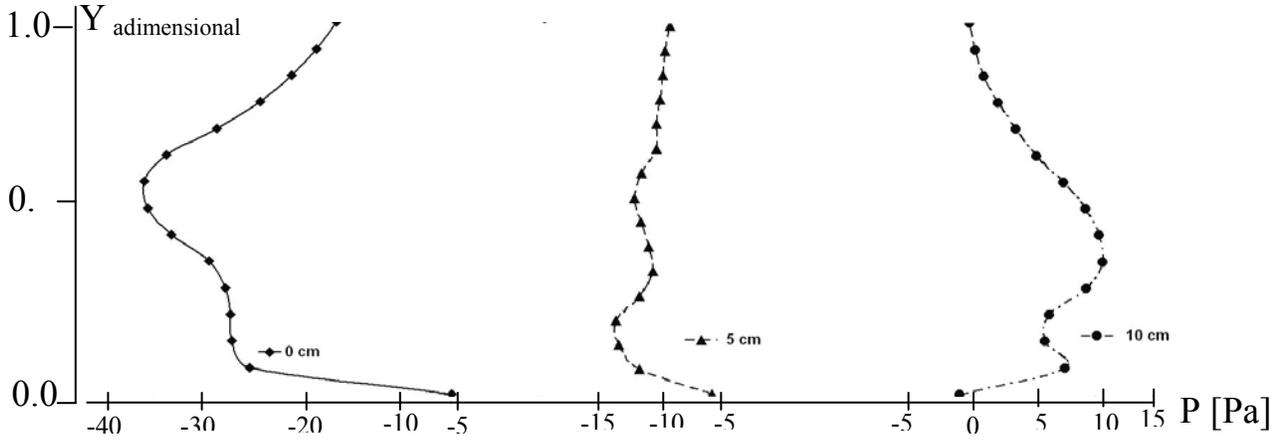
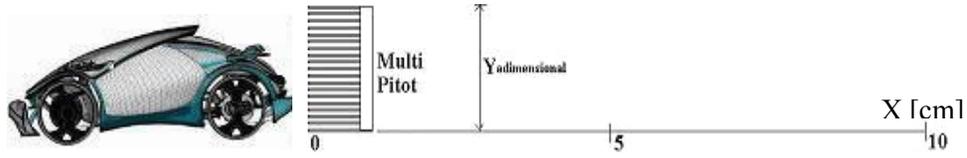


Grafico 2. Perfil de presión dinámica en la estela a 0, 5 y 10cm detras del parachoques trasero del modelo, a una velocidad de 60km/h (16.67 m/s).

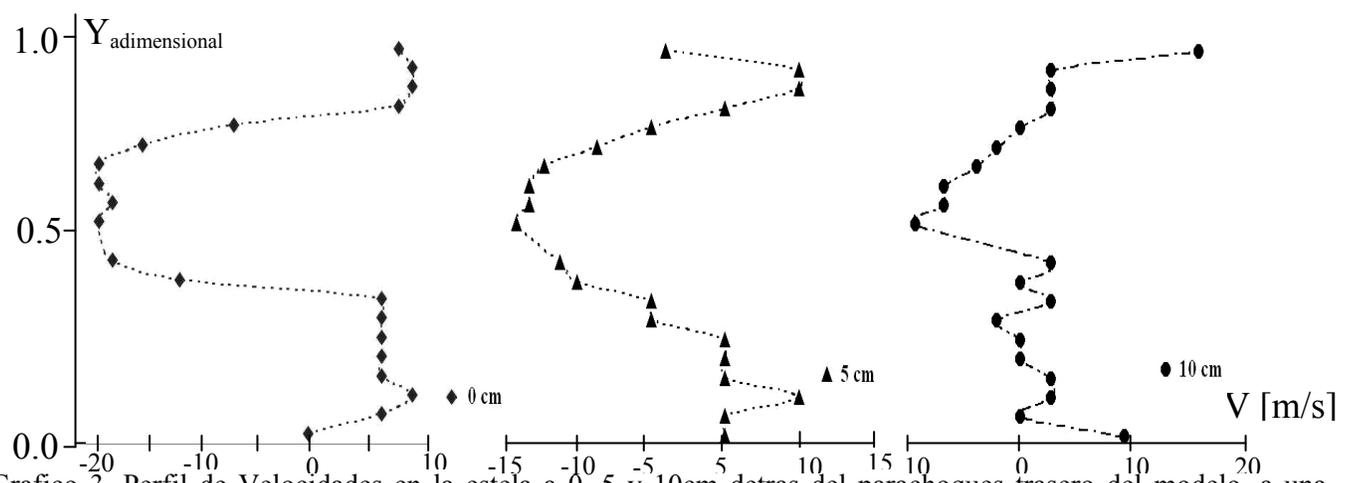


Grafico 3. Perfil de Velocidades en la estela a 0, 5 y 10cm detras del parachoques trasero del modelo, a una velocidad de 60km/h (16.67 m/s).

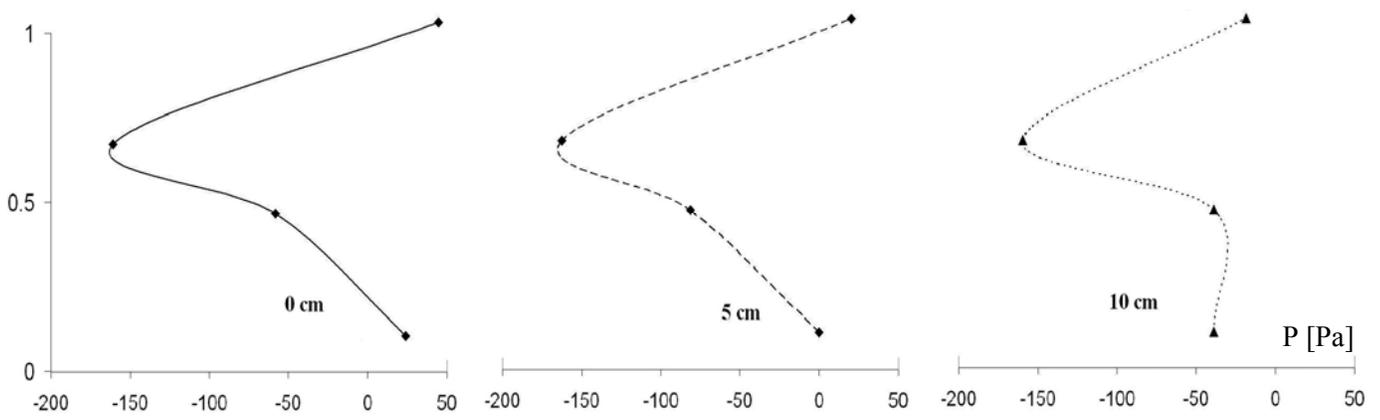


Grafico 4. Perfil de presión estática en la estela a 0, 5 y 10cm detras del parachoques trasero del modelo, a una velocidad de 60km/h (16.67 m/s).

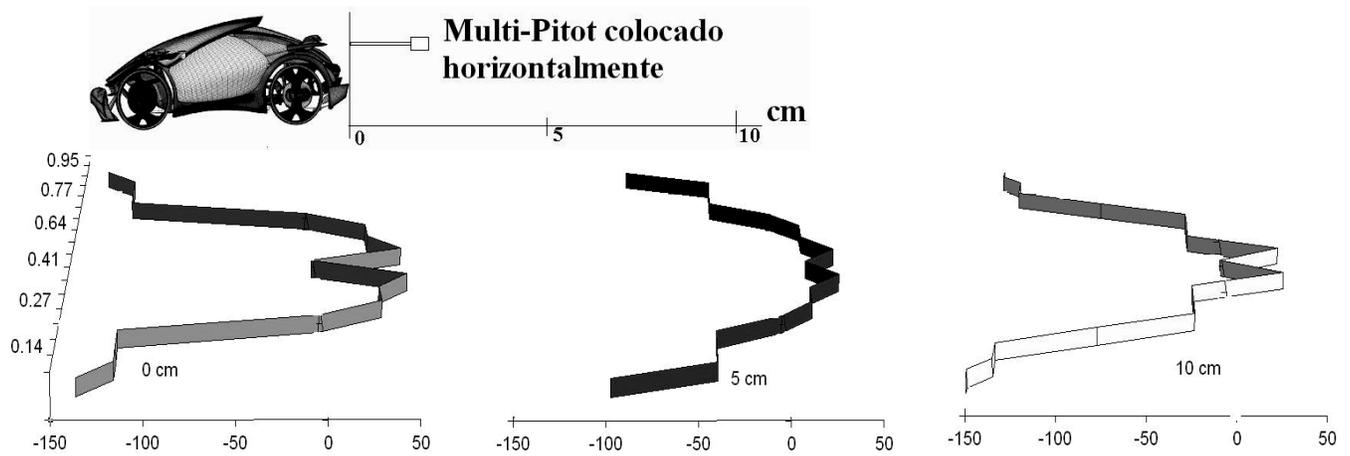


Grafico 5. Perfil de presión dinámica en la estela a 0, 5 y 10cm detrás del parachoques trasero del modelo, a una velocidad de 60km/h (16.67 m/s).

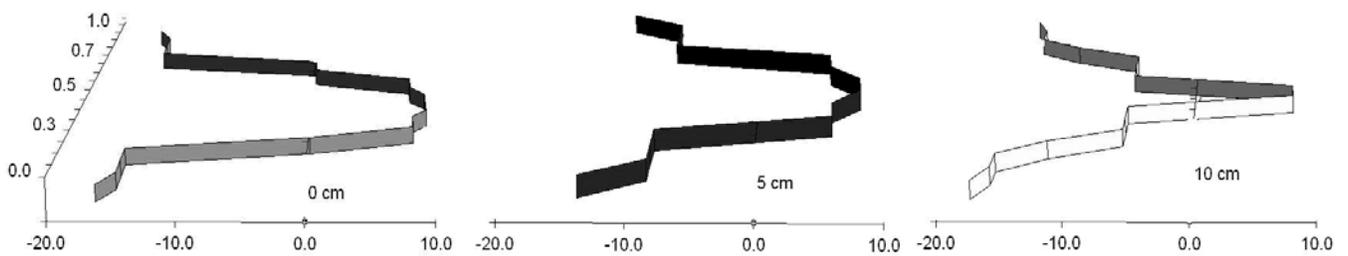


Grafico 6. Perfil de Velocidades en la estela a 0, 5 y 10cm detrás del parachoques trasero del modelo, a una velocidad de 60km/h (16.67 m/s).

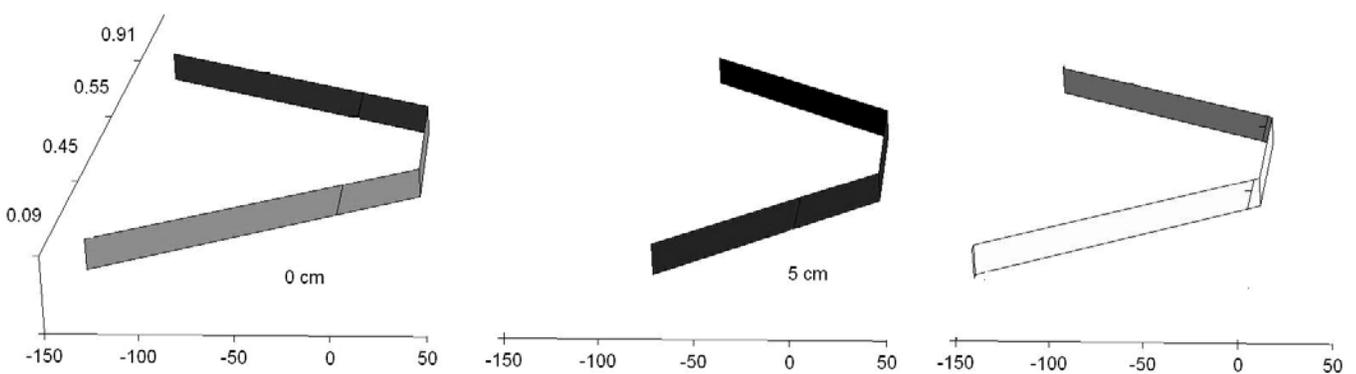


Grafico 7. Perfil de presión estática en la estela a 0, 5 y 10cm detrás del parachoques trasero del modelo, a una velocidad de 60km/h (16.67 m/s).

VISUALIZACION.

Después de obtener los coeficientes aerodinámicos del modelo, se le realizó un estudio de visualización para notar puntos donde se le pudiesen realizar mejoras potenciales de la aerodinámica. Se utilizaron dos métodos: El de los filamentos y El de aceite. Utilizando el método de filamentos se observó el comportamiento del flujo de aire alrededor del modelo. En la figura 3 se muestra el comportamiento de los filamentos a una velocidad de 60 km/h (16.67 m/s).

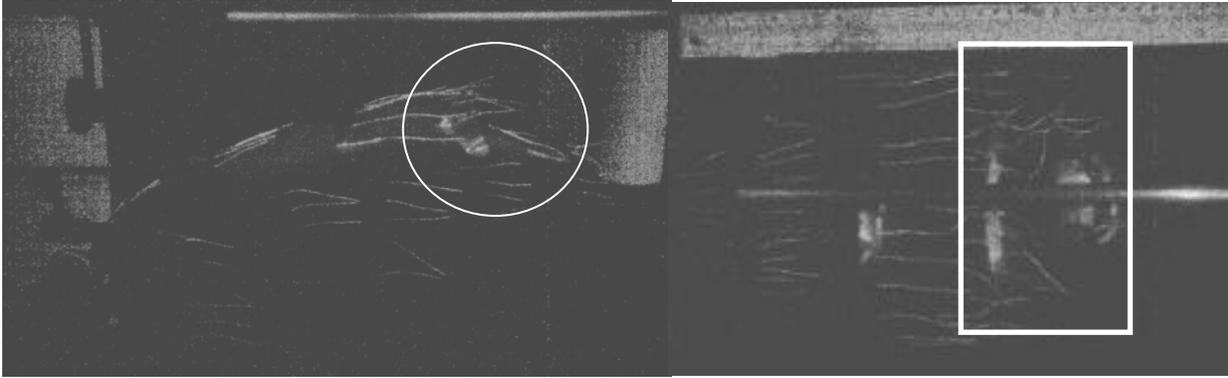


Figura 3. Visualización con filamentos y luz negra, a la izquierda vista lateral, a la derecha vista superior.

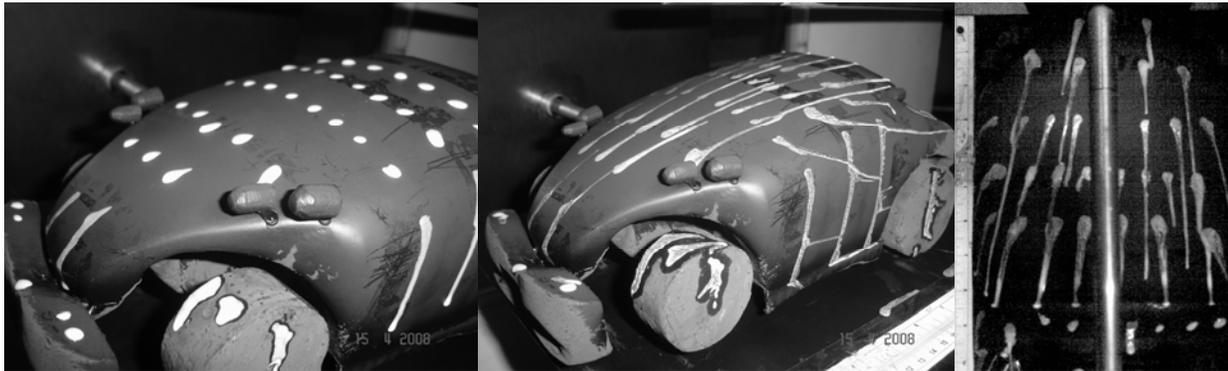


Figura 4. Visualización con aceite y talco. A la izquierda colocación de gotas de aceite, en el centro luego de mantener velocidad de 60 km/h, a la derecha vista superior.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El presente trabajo no pretende estudiar completamente este modelo, debido a que esta en fase de diseño. Solo plantea hacer un estudio de sensibilidad de las distintas partes del modelo, como el parabrisas, a fin de proponer posibles cambios.

En el gráfico 1, se determina la importancia del uso del suelo artificial para resultados más ajustados a las condiciones reales. También nos muestra la poca interferencia que la capa límite tiene sobre los coeficientes de arrastre y sustentación.

Los gráficos 2 y 3 evalúan la presión dinámica y la velocidad en tres posiciones detrás del modelo, se puede observar el gran vacío producido por esta estela, el cual es reforzado por los resultados de la presión estática reportada en el gráfico 4.

El gráfico de presión dinámica en la estela, medida horizontalmente revela la posible presencia de un torbellino en la parte trasera del modelo (ver gráfico 5), en la parte central de los perfiles de velocidad reportados en ese gráfico, se ve como son mayores y casi con un mismo valor para las posiciones 0 y 10 cm, mientras que para la posición de 5 cm es menor.

En la figura 3 puede verse como el flujo de aire abandona tangencialmente el parabrisas y además lo hace de manera turbulenta.

La figura 4, nos muestra el poco flujo presente en la parte trasera del modelo, puede observarse como las gotas de aceite y talco que estaban detrás del parabrisas no sufrieron ningún cambio a pesar de haberse alcanzado 60 km/h.

CONCLUSIONES

Se reporta un coeficiente de arrastre experimental aproximadamente de 0.7 y un coeficiente de sustentación prácticamente nulo. Los valores de coeficiente de arrastre reportados por la bibliografía (Katz, 1995), (Guillespie, 1997) están en el orden de 0.50 a 0.80, bastante parecido a lo obtenido en la simulación experimental.

Las visualizaciones con luz negra y de flujo de aceite sobre la superficie del vehículo corroboran el comportamiento turbulento de la estela.

Deben realizarse mejoras al flujo de aire sobre y alrededor del vehículo con miras a disminuir el Coeficiente de arrastre y la aerodinámica del modelo.

Deben realizarse correcciones a la geometría del parabrisas y la parte trasera del modelo para mejorar su comportamiento fluidodinámico.

REFERENCIAS

- Atramiz, Eliana. (2004). Tesis de Grado “Estudio experimental de la aerodinámica de un carro tipo fórmula”. Universidad Simón Bolívar, Enero
- <http://www.peugeot-concours-design.com/es/home/>, (2007) Concurso de diseño Peugeot 2007. Fecha de consulta dic 2007. Fecha de última actualización: no reportada
- http://www.peugeot-concours-design.com/projets/projet27_/descriptif.htm, (2008) Ficha descriptiva Peugeot Allscape. Fecha de Consulta: enero 2008, fecha de última actualización: no reportada.
- García, N. (2006) Design of Chassis and Aerodynamic Improvements of a Solar Energy Powered Vehicle, *Proceedings of SAE Brazil 2006. Sao Paulo 2006.*
- Guillespie T. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Society of Automotive Engineers, Inc. 2004.
- Katz, Joseph, 1995, “Race Car Aerodynamics: Designing for speed”. Robert Bentley Automotive Publishers, E.E.U.U., pp 73-74, 81-84 .
- White, F. Fluids Dynamics, Editorial McGraw Hill , año 2002.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.