

ENSAYOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO MAGNUS SOBRE DIFERENTES CUERPOS CILÍNDRICOS

S. Pezzotti ^a, V. Nadal Mora ^a, Ángel Sanz Andrés ^b

^aUIDET-GTA-GIAI – Dto. de Aeronáutica - Facultad de Ingeniería – UNLP
Calle 116 e/ 47 y 48 - (1900). La Plata - Provincia de Buenos Aires – Argentina.

^bInstituto Universitario de Microgravedad Ignacio Da Riva – ETSI Aeronáuticos – UPM
Madrid - España

Email: santiago.pezzotti@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

La presente publicación presenta el desarrollo de diferentes ensayos experimentales con el fin de poder determinar las características aerodinámicas asociadas al Efecto Magnus en cuerpos no cilíndricos circulares. Se realiza la descripción del banco y los equipos utilizados para los ensayos, los modelos, la metodología y los resultados de los ensayos realizados. Se presentan la sustentación y resistencia aerodinámica de los modelos para diferentes velocidades de rotación y de la corriente de aire.

Palabras clave: Efecto Magnus, estudio experimental, túnel aerodinámico.

INTRODUCCIÓN

Se denomina efecto Magnus al fenómeno físico en el cual un cuerpo en rotación inmerso en una corriente de aire experimenta una fuerza de sustentación, fuerza esta perpendicular al plano determinado por el eje de rotación y la dirección de la corriente libre del fluido; además de la fuerza de resistencia, en la dirección de la corriente libre. Esta fuerza de sustentación o efecto Magnus puede tener un efecto importante en el movimiento de un cuerpo en rotación que se desplaza en un fluido. Es el causante de la desviación de la trayectoria de proyectiles que rotan sobre su eje longitudinal (para lograr mayor estabilidad), hecho que motivó los estudios de Magnus [1]. También es posible observarlo en las trayectorias de pelotas de tenis, golf, fútbol y otros deportes.

Diversos investigadores han desarrollado investigaciones referidas a esta temática [2, 3, 4, 5, 6].

Existen múltiples potenciales aplicaciones del estudio propuesto, como cohetes o lanzadores espaciales, proyectiles aéreos (antigranizo, bélicos, etc.), sondas atmosféricas, objetos arrastrados por el viento en tornados o vendavales, y su movimiento y trayectoria, el vuelo del balasto en las inmediaciones de las vías del tren de alta velocidad, la propulsión de buques, sistemas de hipersustentación en perfiles alares, etc.

En la presente publicación se muestran los resultados de los ensayos de medición de sustentación y resistencia aerodinámica en distintos modelos de cuerpos a diferentes velocidades de rotación y de la corriente de aire. Para tal fin se diseñó, se instrumentó y se calibró un nuevo túnel aerodinámico para este tipo de ensayos. Así mismo se diseñaron y construyeron modelos de diferente sección mediante mecanizado en CNC. Se obtuvieron resultados y se concluyó acerca de los mismos.

METODOLOGÍA

Siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 19004 se construyó un túnel de viento de sección rectangular (200 x 200 mm) para la medición de sustentación y resistencia aerodinámica sobre diferentes cilindros en rotación embestidos por una corriente de aire. El mismo se equipó con una balanza de un eje montada en una bancada que permite la rotación de la misma a 90°, a fin de permitir la medición de las dos fuerzas mencionadas, sin necesidad de desmontar las piezas. La balanza está asociada a un motor de corriente continua que permite el giro del cuerpo a ensayar.

Así mismo el túnel fue caracterizado para conocer el perfil de velocidades en la sección de pruebas y a partir de ello se le instaló un sistema fijo de Pitot-Estática con el fin de conocer la velocidad de la

corriente libre. Cabe destacar que dicha velocidad puede regularse a partir del control, mediante un variador, de la velocidad de rotación del Soplador.

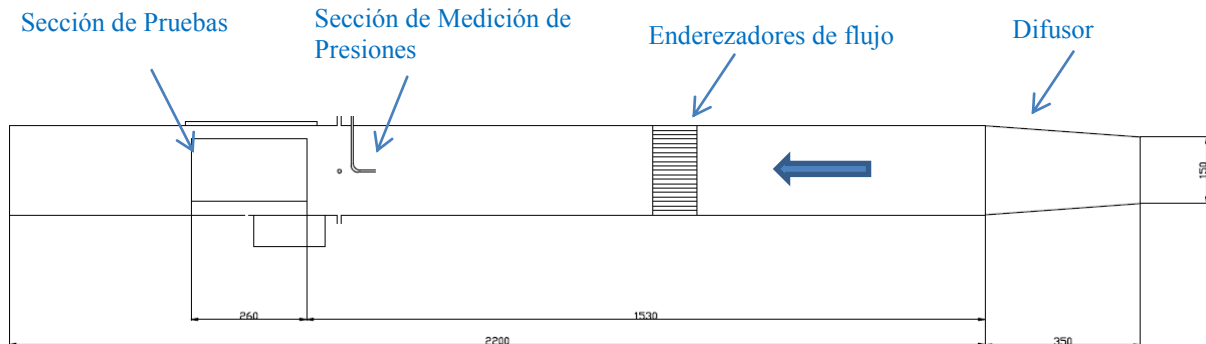


Figura 1. Esquema del banco de ensayo

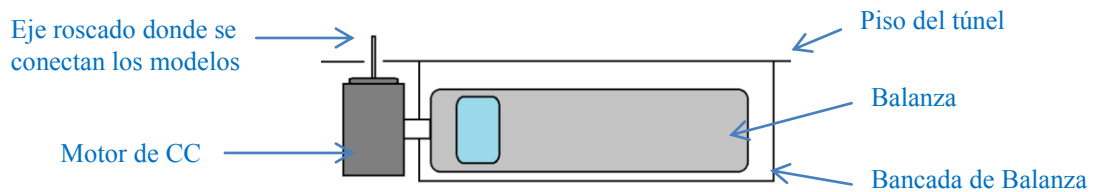
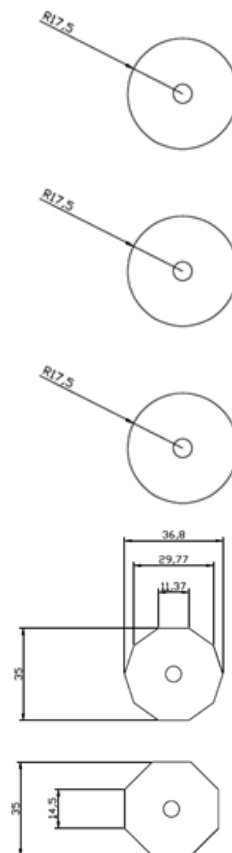


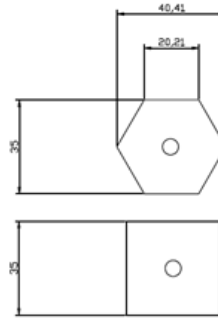
Figura 2. Esquema del conjunto bancada, balanza, motor

Los cuerpos a ensayar fueron mecanizados mediante un centro CNC para obtener un correcto balanceo. Los modelos diseñados tienen un largo de 180 mm y poseen diferentes secciones y rugosidades (las dimensiones están indicadas en mm):

- Circular (liso)
- Circular (rugosidad media) recubierto con lija de esmeril fino
- Circular (rugosidad grande) recubierto con lija de esmeril grueso
- Decágono
- Octógono



- Hexágono
- Cuadrado



ENSAYOS

Los tipos de ensayos que se realizaron para cada cuerpo son:

- Sustentación vs Velocidad de la Corriente libre a RPM constantes.
- Resistencia vs Velocidad de la Corriente libre a RPM constantes.

Para cada velocidad de giro del modelo, se realizó un barrido de velocidad de la corriente libre de:

Velocidad de Giro del modelo para ensayo de Sustentación / Resistencia [RPM]
0
1940
2310
2520
2725

Velocidad corriente libre [m/s]
0
5
8
10
11

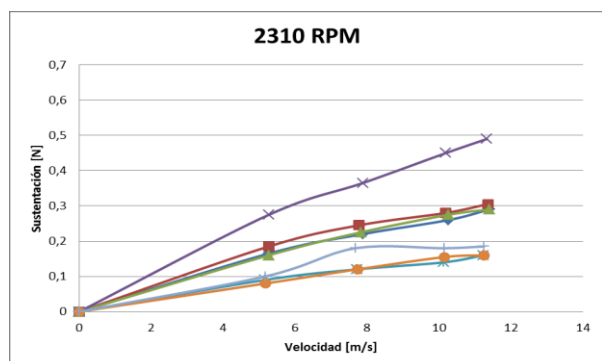
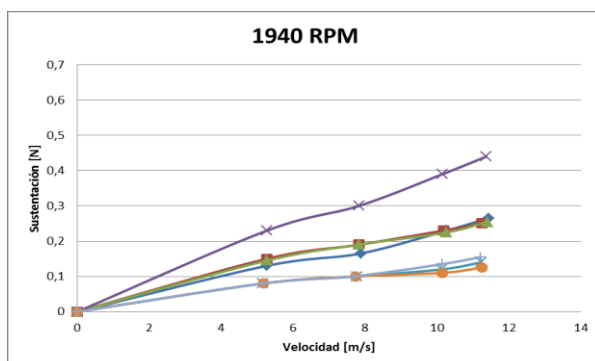
Cabe destacar que el caso de 0 RPM sólo se analizó para los ensayos de Resistencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se detallan algunos de los resultados de manera gráfica:

- Sustentación vs Velocidad de la Corriente libre a RPM constantes
- Resistencia vs Velocidad de la Corriente libre a RPM constantes
- Adimensionalización de los resultados de Sustentación para cada cuerpo
- Adimensionalización de los resultados de Resistencia para cada cuerpo
- Adimensionalización de los resultados de Sustentación para cada RPM
- Adimensionalización de los resultados de Resistencia para cada RPM

Ensayo de Sustentación / Resistencia Vs Velocidad de la Corriente Libre a RPM constantes



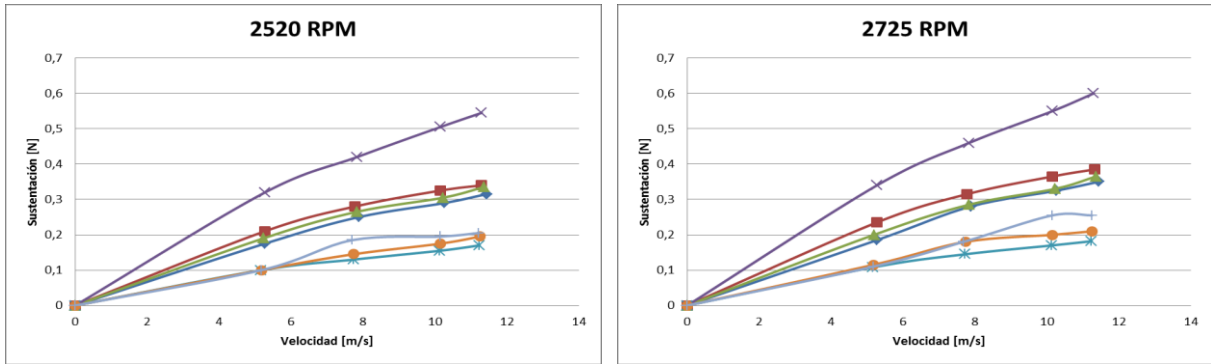


Figura 3. Ensayos de Sustentación vs Velocidad de la Corriente Libre a RPM constantes

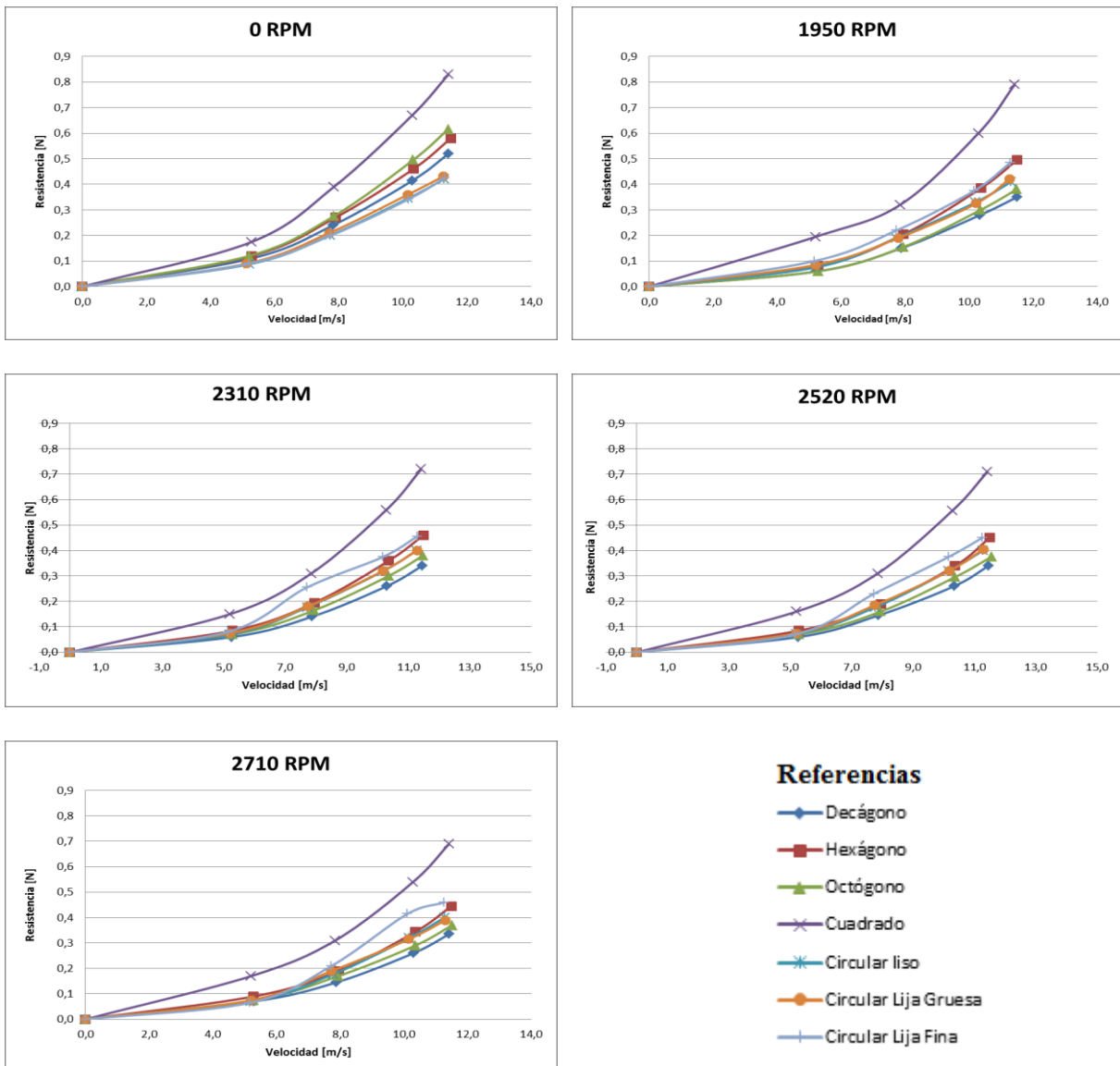


Figura 4. Ensayos de Resistencia vs Velocidad de la Corriente Libre a RPM constantes

Adimensionalización de los resultados de Sustentación y Resistencia para cada cuerpo

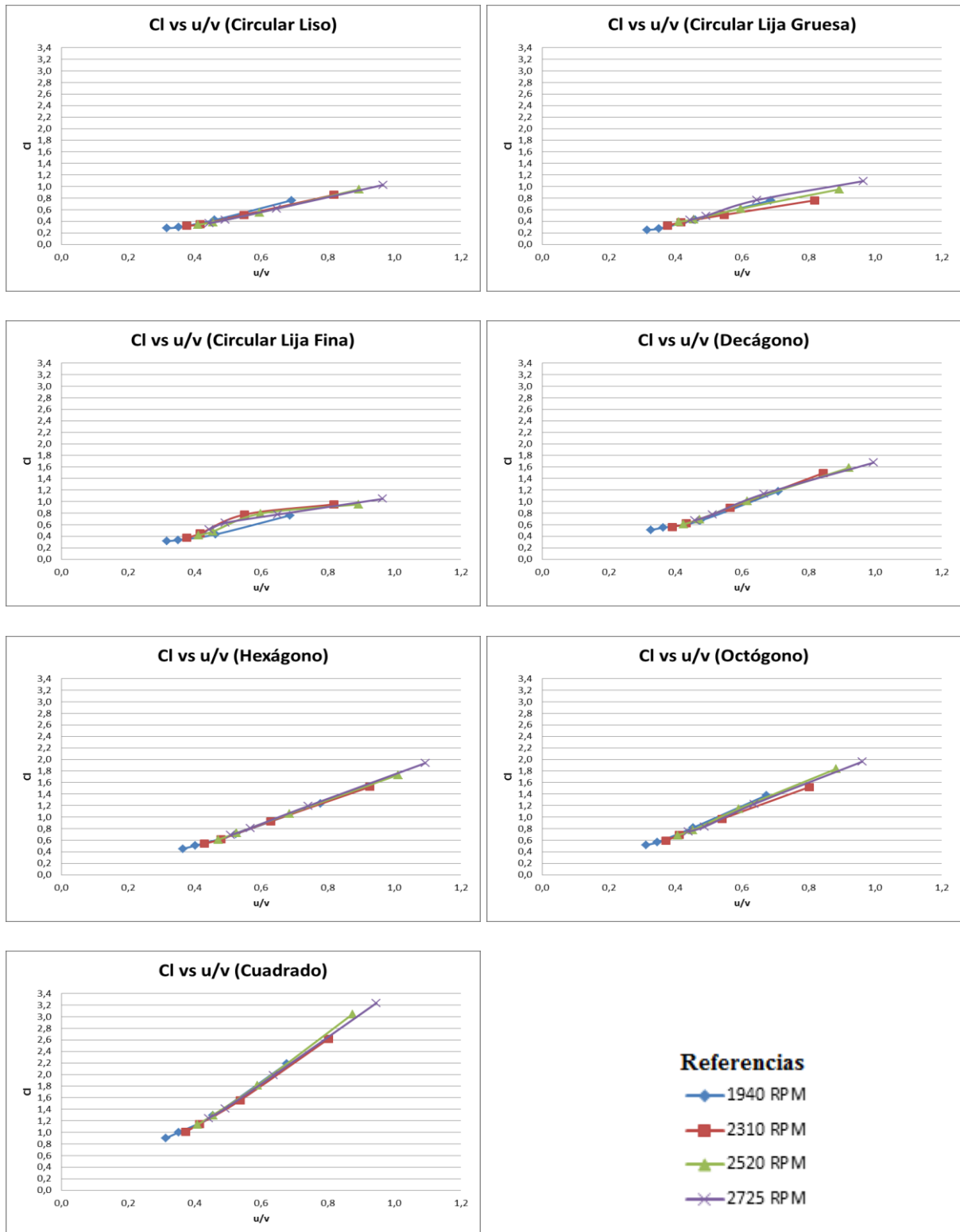


Figura 5. Cl vs u/v para cada cuerpo

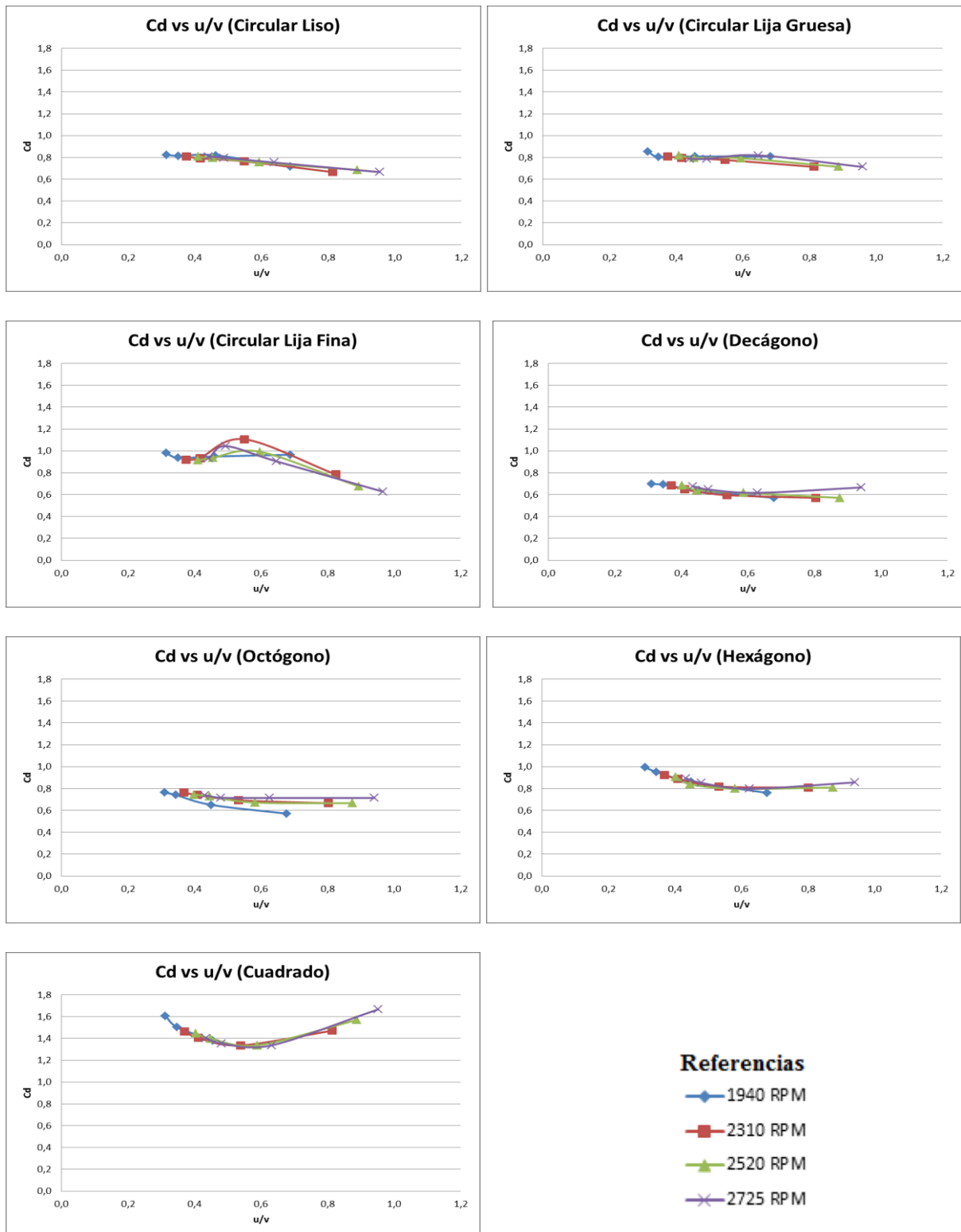


Figura 6. Cd vs u/v para cada cuerpo

Adimensionalización de los resultados de Sustentación / Resistencia para cada RPM

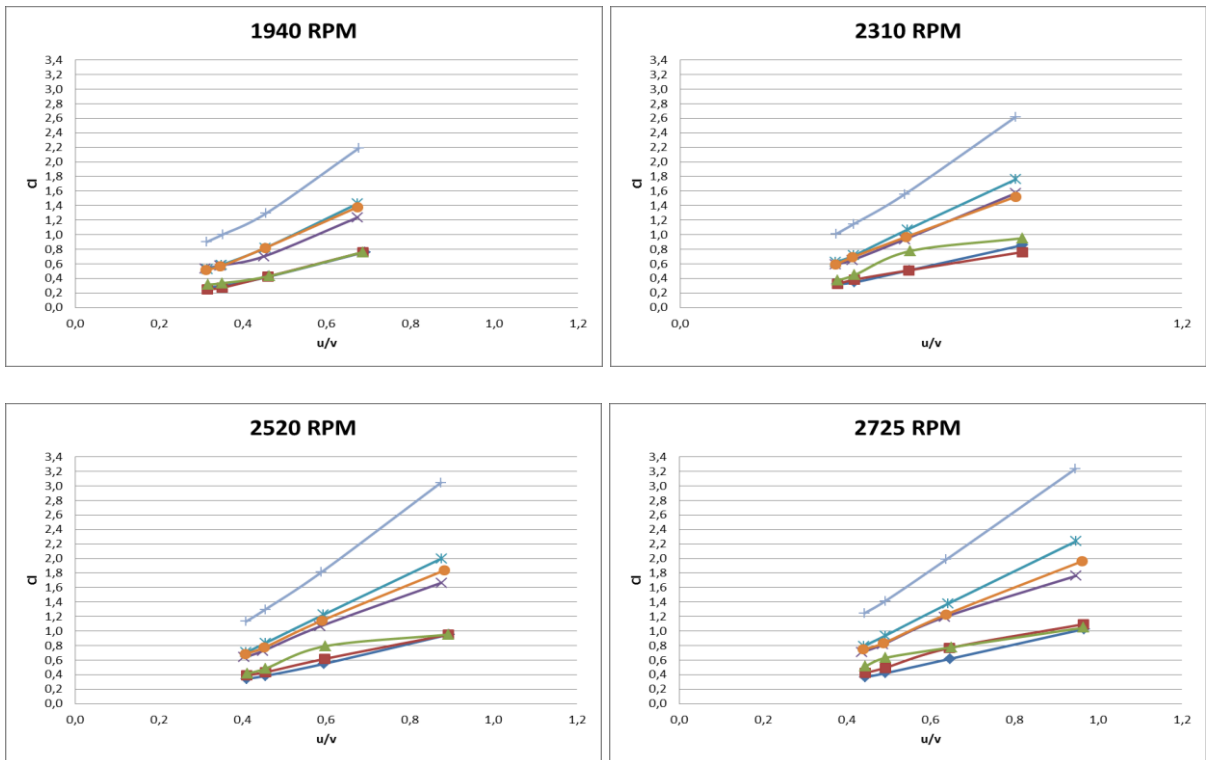
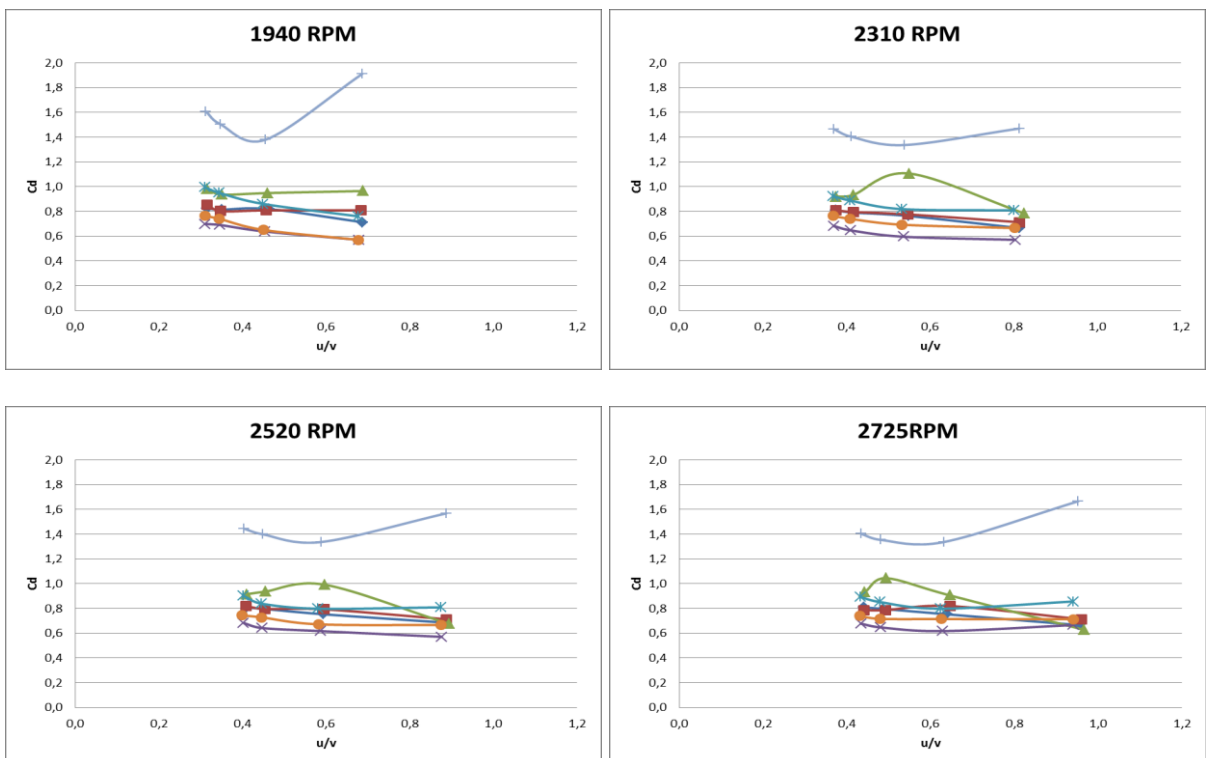


Figura 7. C_l vs u/v para RPM



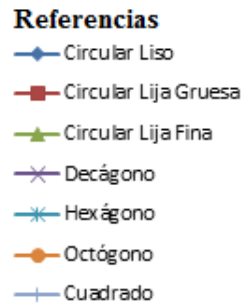


Figura 8. Cd vs u/v para RPM

Cabe destacar que los resultados no fueron corregidos por efectos de bloqueo del túnel de viento, puesto que en esta instancia el objetivo es comparar el desempeño de diferentes cuerpos ensayados en condiciones similares. Cabe señalar que estos resultados se corregirán por bloqueo, para permitir su comparación con los resultados de otros estudios.

CONCLUSIONES

Puede observarse que:

- Como es de esperar, la sustentación y resistencia aumentan con la velocidad de la corriente y con la velocidad de giro de los modelos.
- Las mayores fuerzas se observan para el modelo cuadrado y las menores para los modelos circulares. Se ve, entonces, que hay una relación directa entre la cantidad de caras de los cuerpos y la sustentación y resistencia; a mayor cantidad de caras, menor sustentación y resistencia.
- Respecto al comportamiento del coeficiente de sustentación, C_l , se ve que aumenta con la relación u/v ; a mayor velocidad de la corriente, mayor C_l . Se ve también el mismo comportamiento mencionado para la sustentación con el número de aristas de los modelos.
- Respecto al comportamiento del coeficiente de resistencia, C_d , se ve en la mayoría de los casos que no presenta variación importante con la relación u/v . El mayor C_d se observa para el modelo de sección cuadrada, que da valores mucho mayores que el resto de los modelos.
- Se puede intuir que los altos valores de sustentación para los cuerpos no-circulares se deben a los efectos aerodinámicos de las aristas. A mayor cantidad de caras, más se tiende al cuerpo circular y por ende los valores de sustentación y resistencia se aproximan a este.

REFERENCIAS

1. Betz, A., “The Magnus effect - the principle of the Flettner rotor”, Report NACA TM 310, 1925.
2. Miller, C., “Wind Tunnel Measurement of the Surface Pressure Distribution on a Spinning Magnus Rotor”, Journal of Aircraft, Vol. 16, No. 12, 1979.
3. Badalamenti, C. and Prince, S., “The Effects of Endplates on a Rotating Cylinder in Cross Flow”, 26th AIAA Applied Aerodynamics Conference, Honolulu, Hawaii, Aug. 2008.
4. Morton, J. B., Jacobson, D., Saunders, S., “Experimental Investigation of the Boundary Layer on a Rotating Cylinders”, AIAA Journal, Vol. 14, No. 10, 1976.
5. Kano, Ichiro and Yagita, Miki, “Flow Around a Rotating Circular Cylinder Near a Moving plane Wall”, JSME Journal, Serie B, Vol. 45, No. 2, 2002.
6. Barlow, J. B. and Domanski, M. J., “Lift on Stationary and Rotating Spheres Under Varying Flow and Surface Conditions”, AIAA Journal, Vol. 46, No. 8, 2008.