



Title: Direct design process of aerodynamic profiles using the Joukowsky transformation

Authors: ROMERO-GÓMEZ, Gabriel and LÓPEZ-GARZA, Víctor

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2021-01

BCIERMMI Classification (2021): 271021-0001

Pages: 14

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

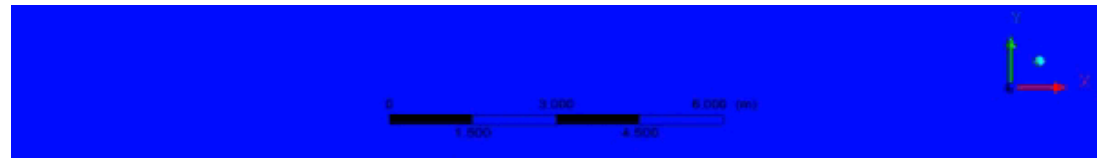
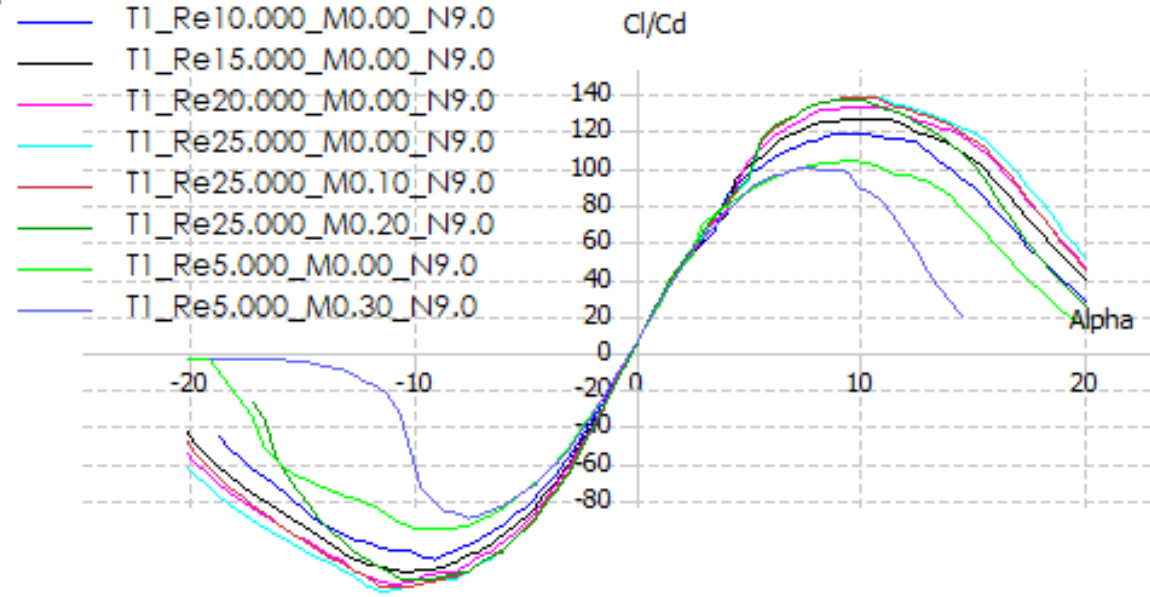
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

La hipótesis es:

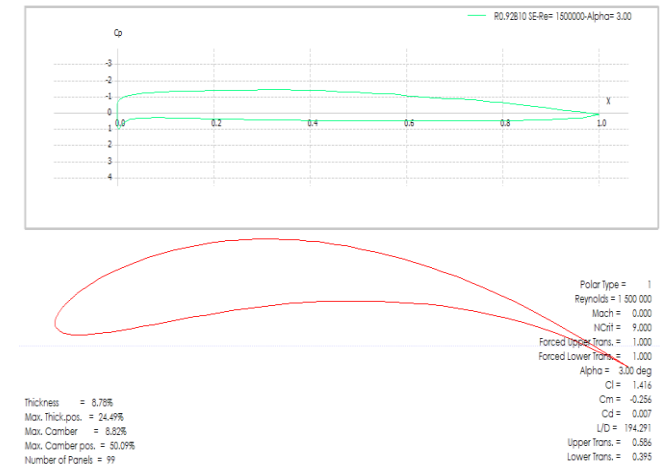
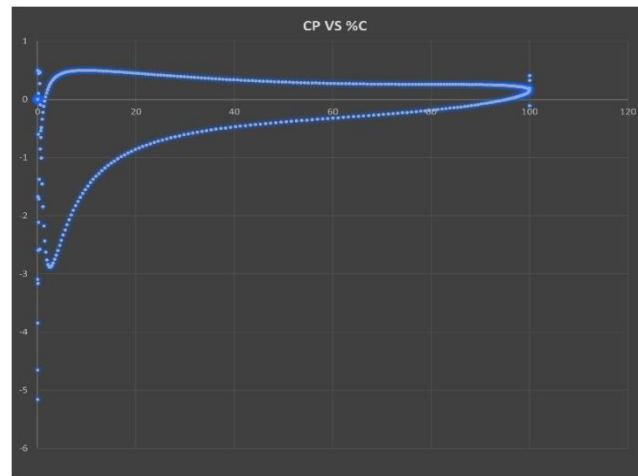
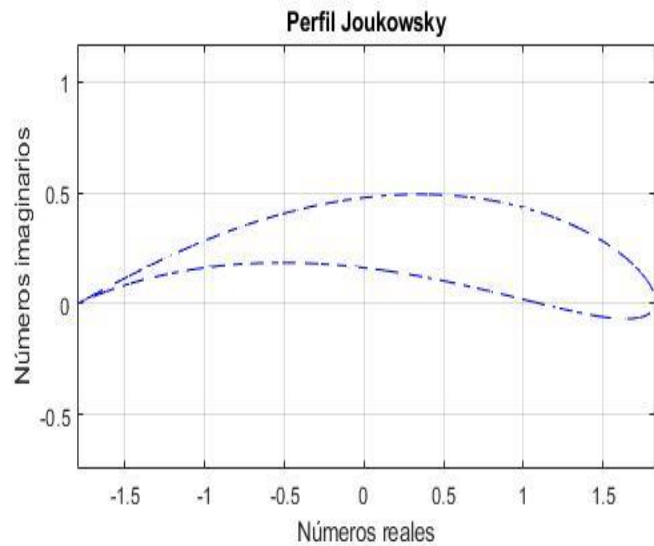
El perfil aerodinámico, perfil de alar, o "*airfoil*" en inglés, es un trazo cuyo contorno es similar a la geometría de gota y arrastre introduciendo en esta una curvatura adecuada en la geometría del perfil aerodinámico. Además, dicha geometría permite al cuerpo que lo posee, generar una distribución de presión tal que es posible diseñar un perfil aerodinámico con pequeñas áreas frontal y superficial, con una sustentación es mayor que la fuerza de resistencia que el perfil genera. una gran fineza aerodinámica, además, de producir un régimen de flujo laminar alrededor de él.

Spline Foil

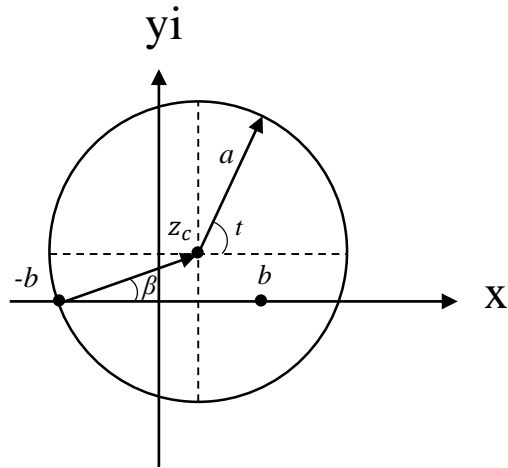


Metodología

1. Se obtuvieron los perfiles aerodinámicos mediante la transformación de Joukowski.
2. Se analizaron los perfiles alares mediante la metodología desarrollada por Theodorsen.
3. Se seleccionaron perfiles aerodinámicos curvos con adecuadas distribuciones de presión.
4. Los perfiles aerodinámicos fueron estudiados en el software Qblade con la integración XFOIL/XFLR5.



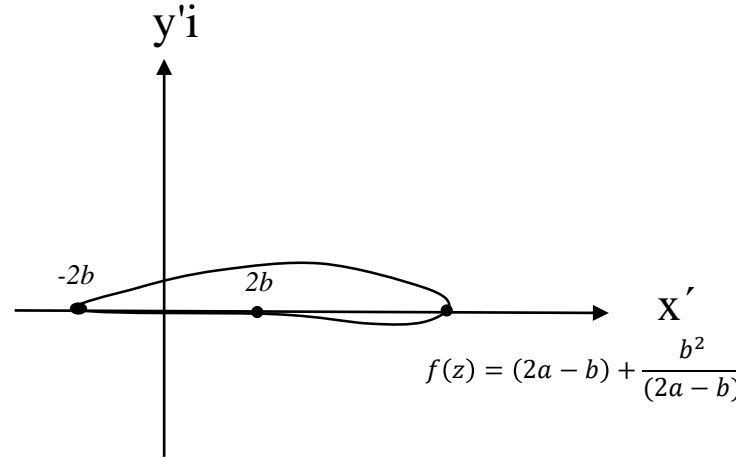
Transformación de Joukowski



$$z = -b + ae^{i\beta} + ae^{it}$$

$$z_c = -b + ae^{i\beta}$$

$f(z)$
 $f^{-1}(z)$



$$f(z) = z' = z + \frac{b^2}{z}$$

$$x' = x \left(1 + \frac{b^2}{x^2 + y^2} \right)$$

$$\beta = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{2h}{C} \right)$$

$$y' = y \left(1 - \frac{b^2}{x^2 + y^2} \right)$$

Teorema de Kutta-Joukowski

$$L = \rho U_\infty \Gamma$$

Ecuación de la circulación

$$\Gamma = 4\pi U_\infty a \operatorname{Sen}(\alpha \pm \beta)$$

Ecuación del coeficiente de sustentación

$$CL = 2\pi \operatorname{Sen}(\alpha \pm \beta)$$

Metodología de Theodorsen

La metodología de Theodorsen propone realizar este proceso a la inversa, ya que se ha demostrado que, si es conocido el campo de flujo potencial complejo mediante de las coordenadas del perfil alar se aplica la transformación conforme alrededor de un cilindro, el campo de flujo puede relacionarse a otro con cualquier geometría a través de este punto realizando un mapeo conforme a los ejes cilíndricos de las distribuciones de presión.

Al correlacionar estos campos de flujo se puede seleccionar una magnitud de la circulación para satisfacer la condición de Kutta, es decir, la velocidad en el borde de salida de la sección debe alcanzar un cierto valor predefinido.

$$(5) \psi(\theta) = \frac{K}{2\pi} \left[\frac{1}{a} \sum_{k=1}^n \frac{\psi_k}{\sin(\theta - \alpha_k)} + \frac{1}{2a} \sum_{k=1}^n \frac{\psi_k}{\sin(\theta + \alpha_k)} \right] e^{-i\psi_0}$$

$$(2) \sqrt{\left(\frac{d\psi}{d\theta} \right)^2 + \left(\frac{\psi}{a} \right)^2 \sin^2(\theta)}$$

$$(3) \text{Cosh}(\psi) = \frac{x}{2a \cos(\theta)} \text{ y } \text{Senh}(\psi) = \frac{y}{2a \sin(\theta)}$$

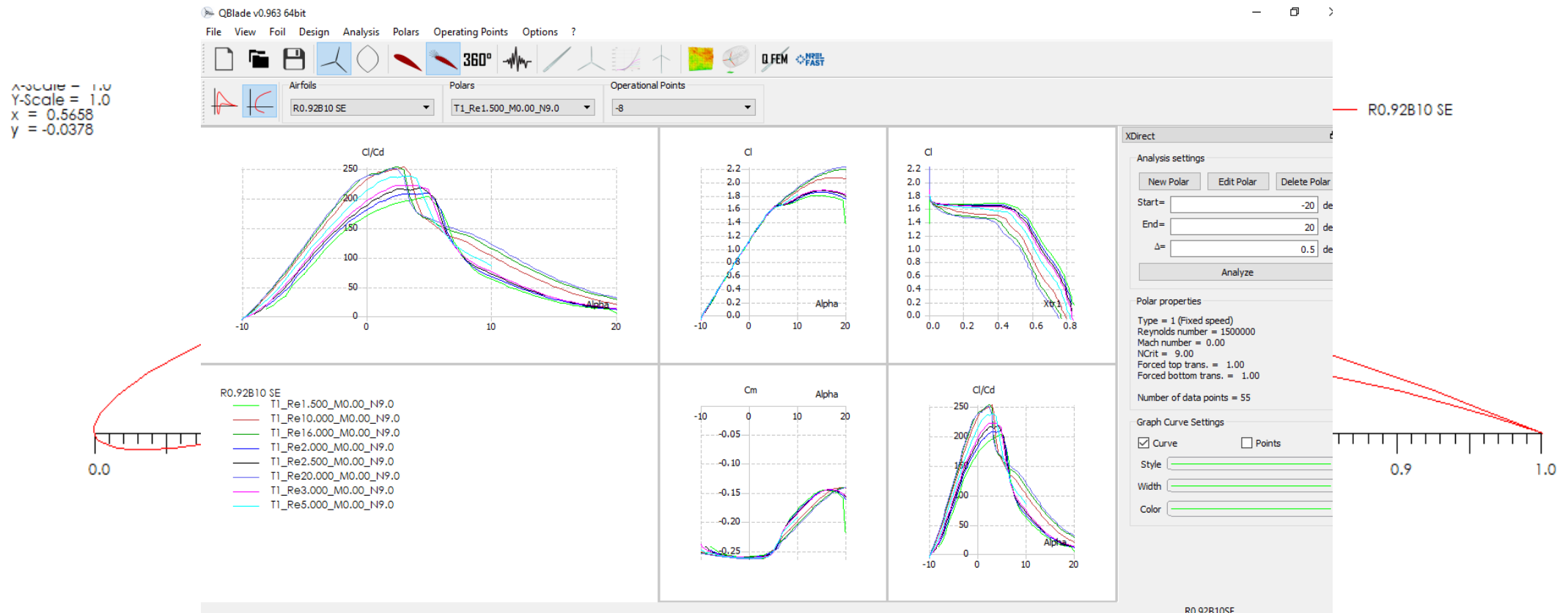
$$(6) \frac{d\epsilon}{d\theta} \text{ y } \frac{d\psi}{d\theta} \int_{l_s}^{l_i} \frac{C_{p_{extrados}} - C_{p_{intrados}}}{l_s - l_i} dx$$

$$(4) \psi_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \psi d\theta$$

$$CP = 1 - \left[\frac{v}{U_\infty} \right]^2$$

Análisis el software Qblade

Qblade es un software de cálculo de turbinas eólicas, la integración de la funcionalidad XFOIL/XFLR5 permite diseñar perfiles aerodinámicos personalizados y calcular sus polares de rendimiento, siendo esta razón una excelente herramienta para el objetivo de la investigación

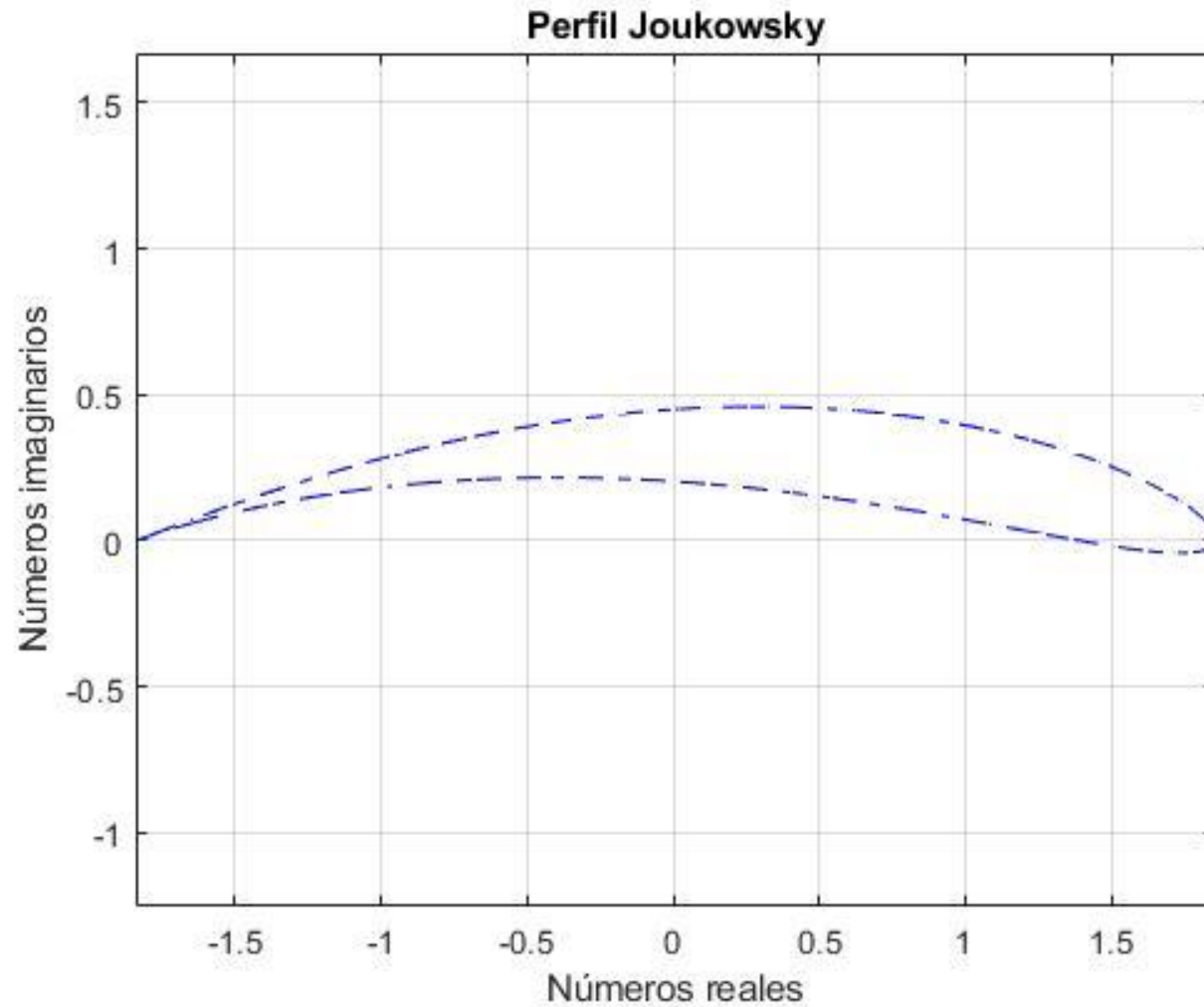


Resultados

Perfil R0.9B00

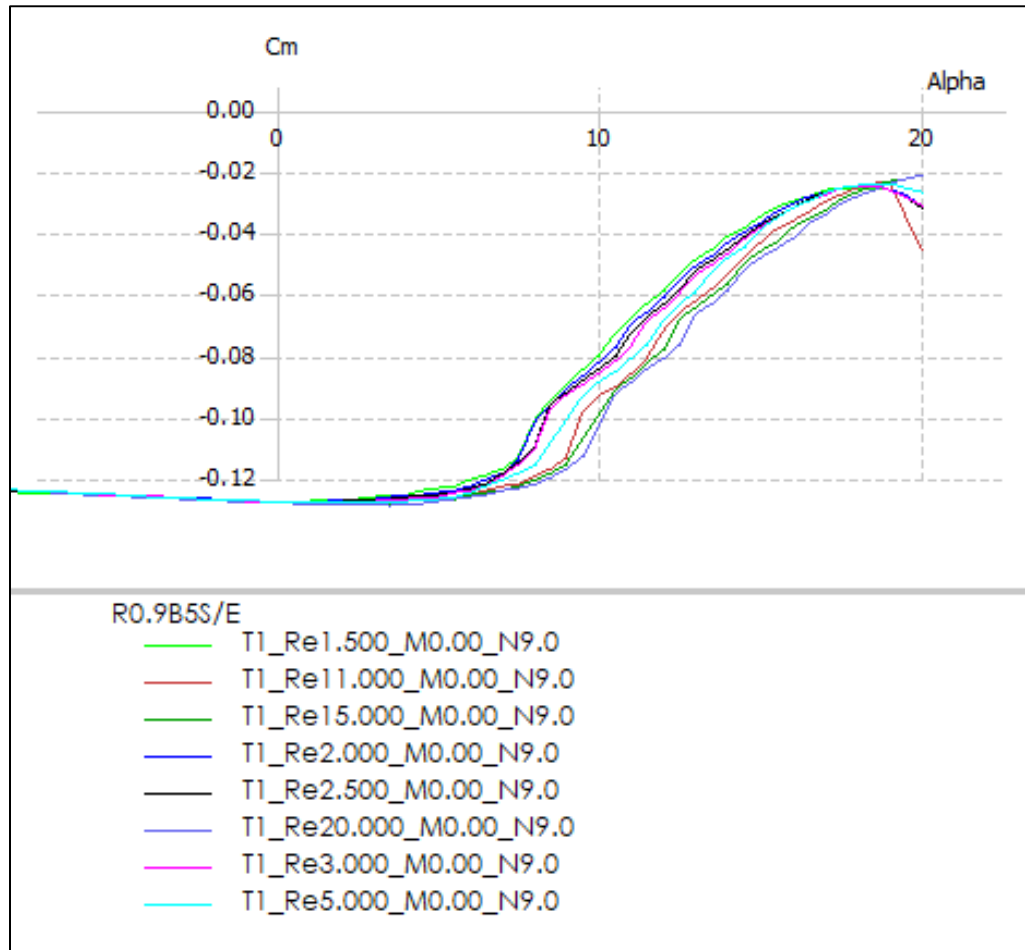
$$R = \frac{b}{a}$$

$$B = \beta$$



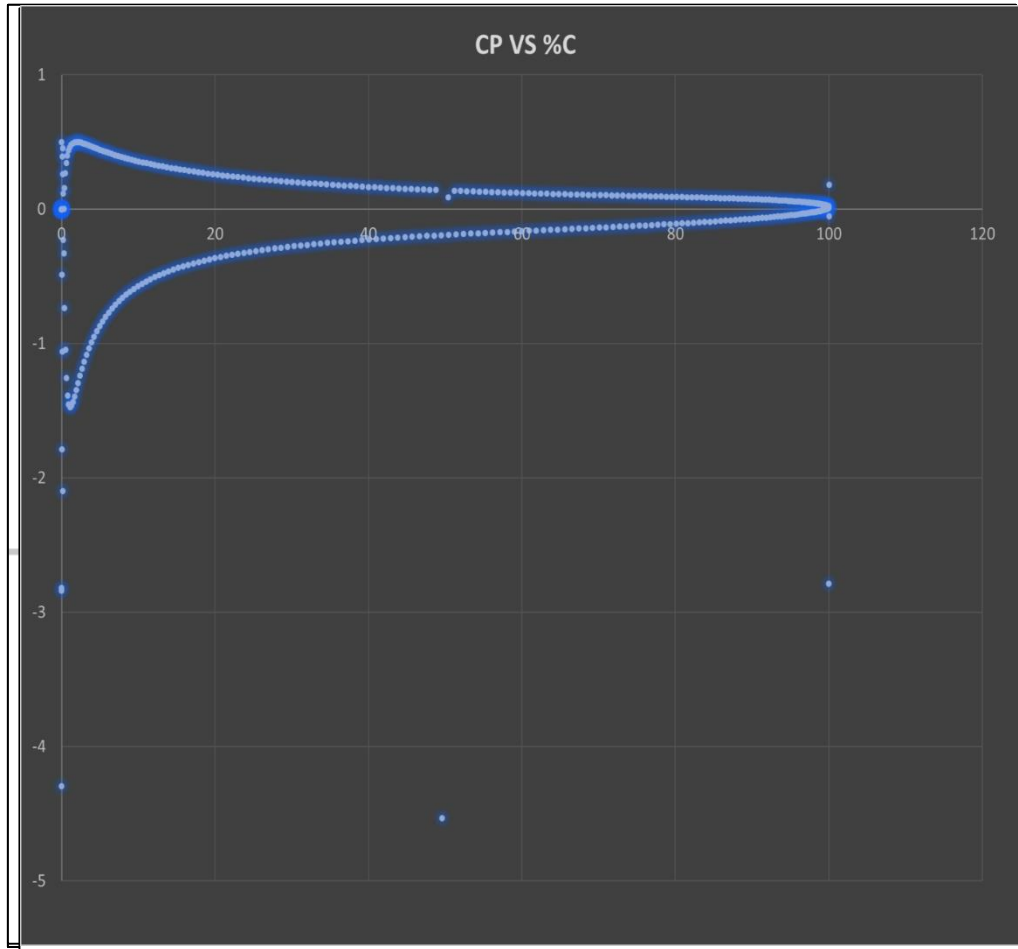
Anexos

Perfil R0.9B5



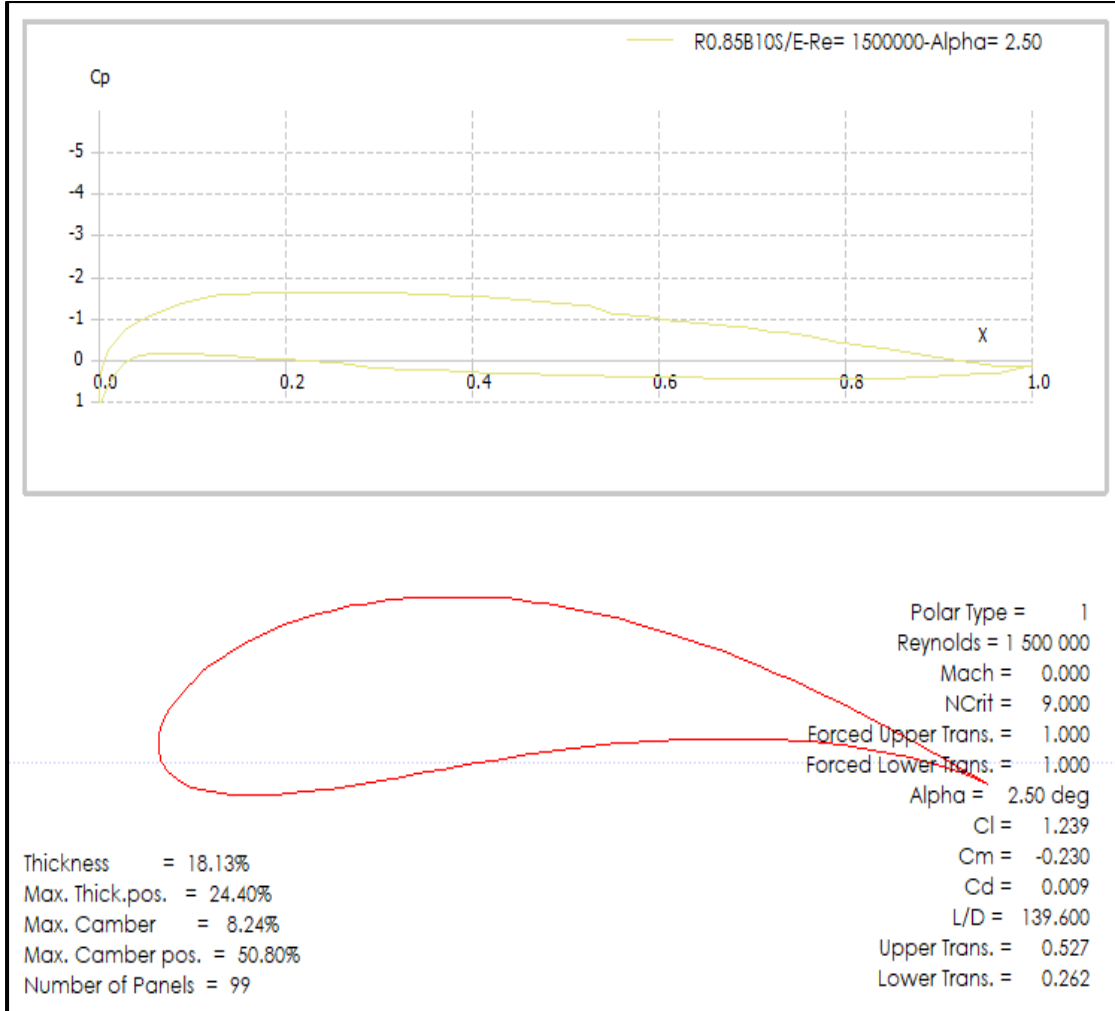
Perfil R0.9B5A25 Perfil R0.9B5A5		
Ángulo de ataque 7.5°		
Reynolds	Upper transition	Lower transition
1.5x10 ⁶	20.30%	100.00%
1.5x10 ⁶	31.70%	67.70%
2x10 ⁶	16.50%	100.00%
2x10 ⁶	29.80%	65.10%
2.5x10 ⁶	36.50%	100.00%
2.5x10 ⁶	28.10%	63.30%
3x10 ⁶	13.60%	100.00%
3x10 ⁶	27.70%	61.00%
5x10 ⁶	36.80%	99.90%
5x10 ⁶	23.90%	58.00%
11x10 ⁶	18.00%	60.90%
11x10 ⁶	19.40%	48.80%
15x10 ⁶	34.00%	64.30%
15x10 ⁶	14.10%	44.80%
20x10 ⁶	22.30%	50.40%

Perfil R0.95B5



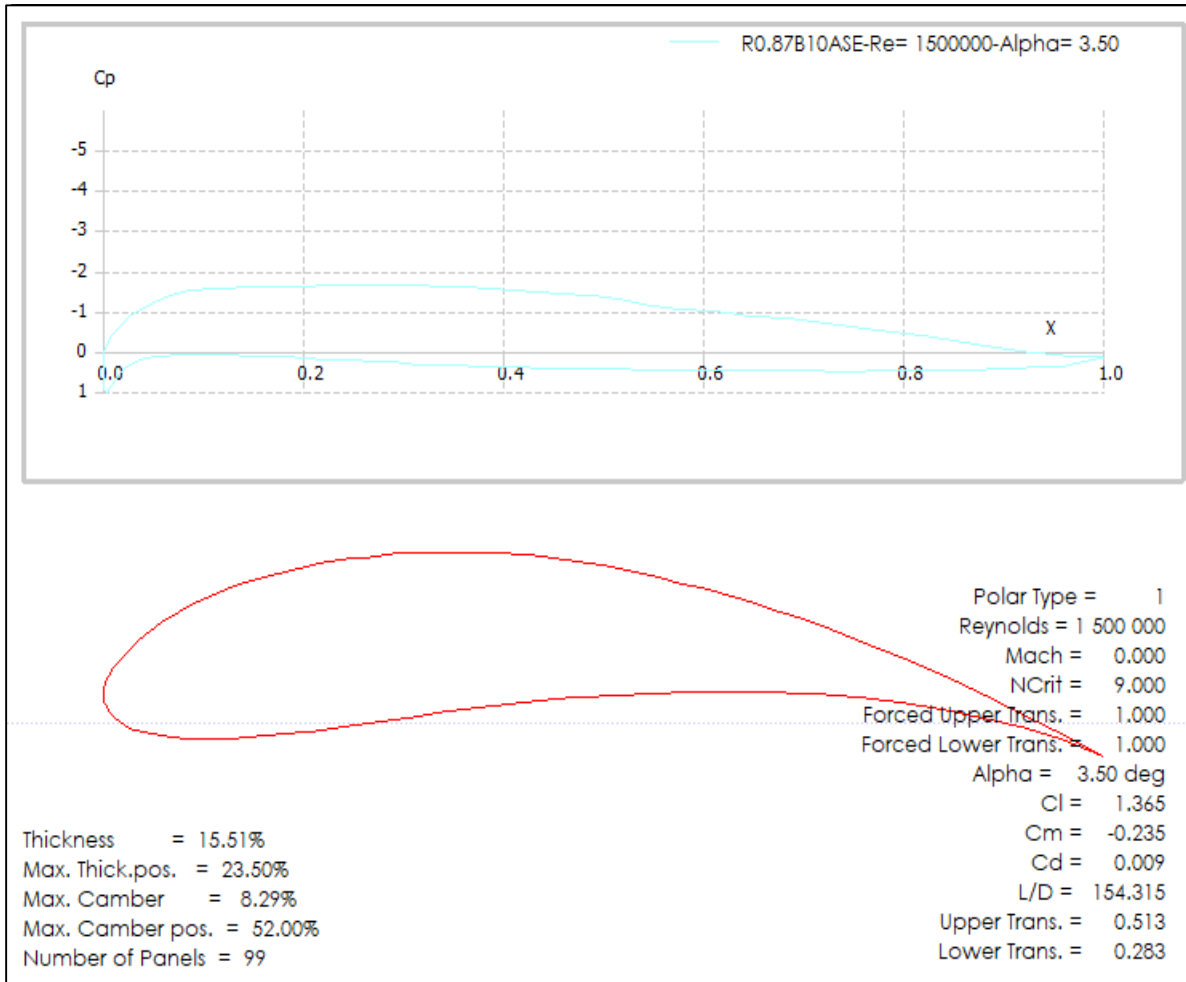
Perfil R0.95B5A0		
Ángulo de ataque 0°		
Reynolds	Upper transition	Lower transition
Reynolds	Upper transition	Lower transition
1.5x10 ⁶	75.80%	100.00%
1.5x10 ⁶	40.90%	100.00%
2x10 ⁶	78.40%	100.00%
2x10 ⁶	31.60%	100.00%
2.5x10 ⁶	0.30%	100.00%
2.5x10 ⁶	71.20%	29.10%
2.5x10 ⁶	24.40%	100.00%
3x10 ⁶	0.30%	100.00%
3x10 ⁶	69.70%	27.40%
3x10 ⁶	19.80%	100.00%
5x10 ⁶	0.30%	100.00%
5x10 ⁶	60.30%	29.70%
5x10 ⁶	10.80%	69.60%
11x10 ⁶	49.20%	100.00%
11x10 ⁶	3.70%	41.20%
15x10 ⁶	44.30%	100.00%
15x10 ⁶	5.20%	34.40%
20x10 ⁶	38.30%	100.30%

Perfil 0.85B10



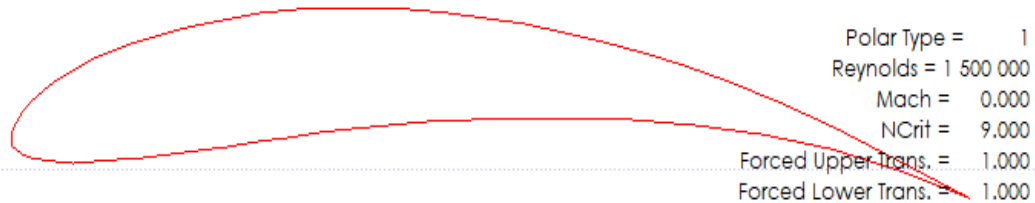
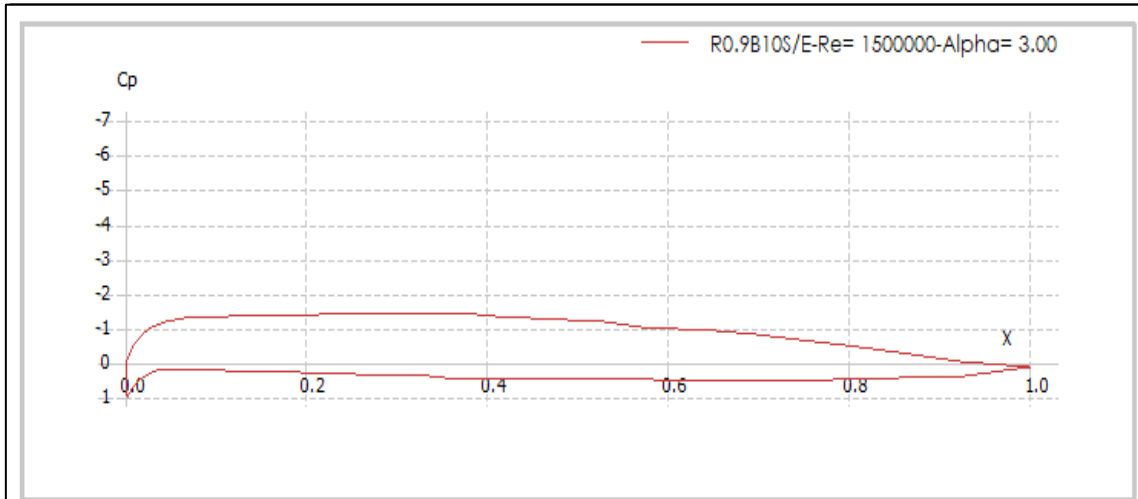
Perfil 0.85B10A0		
Ángulo de ataque 2.5°		
Reynolds	Upper transition	Lower transition
Reynolds	Upper transition	Lower transition
1.5x10^6	92.00%	100.00%
1.5x10^6	51.90%	27.80%
2x10^6	71.50%	100.00%
2x10^6	50.60%	26.50%
2.5x10^6	50.00%	100.00%
2.5x10^6	49.60%	26.10%
3x10^6	53.70%	100.00%
3x10^6	48.50%	25.70%
5x10^6	52.50%	100.00%
5x10^6	46.10%	25.70%
10x10^6	45.20%	100.00%
10x10^6	41.90%	27.50%
15x10^6	45.20%	100.00%
15x10^6	37.10%	21.10%
20x10^6	45.20%	100.00%
20x10^6	38.80%	28.80%

Perfil R0.87B10



Perfil R0.87B10ASE		
Ángulo de ataque 3.5°		
Reynolds	Upper transition	Lower transition
1.5x10 ⁶	432.800%	197.800%
2x10 ⁶	416.800%	195.100%
2.5x10 ⁶	415.600%	192.200%
3x10 ⁶	414.700%	190.800%
5x10 ⁶	411.000%	189.100%
10x10 ⁶	394.900%	181.900%
15x10 ⁶	388.200%	181.800%
20x10 ⁶	288.800%	182.600%

Perfil R0.9B10



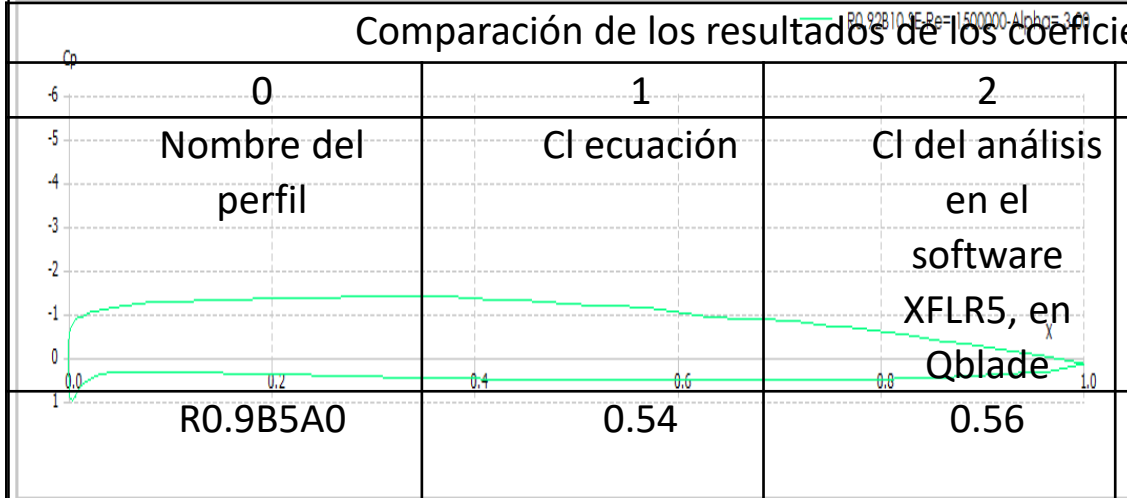
Thickness = 11.40%
 Max. Thick.pos. = 25.10%
 Max. Camber = 8.75%
 Max. Camber pos. = 49.00%
 Number of Panels = 59

Polar Type = 1
 Reynolds = 1 500 000
 Mach = 0.000
 NCrit = 9.000
 Forced Upper Trans. = 1.000
 Forced Lower Trans. = 1.000
 Alpha = 3.00 deg
 Cl = 1.329
 Cm = -0.233
 Cd = 0.008
 L/D = 163.813
 Upper Trans. = 0.549
 Lower Trans. = 0.318

Perfil R0.9B10A8		
Ángulo de ataque 3°		
Reynolds	Upper transition	Lower transition
1.5x10 ⁶	54.90%	100.00%
2x10 ⁶	53.90%	100.00%
2.5x10 ⁶	51.70%	100.00%
3x10 ⁶	48.70%	100.00%
5x10 ⁶	44.90%	100.00%
10x10 ⁶	40.60%	100.00%
15x10 ⁶	36.50%	100.00%
20x10 ⁶	32.70%	100.00%

Perfil R0.92B10

Comparación de los resultados de los coeficientes de sustentación, en un ángulo idéntico a cero.			Perfil R0.92B10A0		
0	1	2	3	4	5
Nombre del perfil	Cl ecuación	Cl del análisis en el software XFLR5, en Qblade	Cl del método de Theodorsen Reynolds	Ángulo de ataque de 1 con Upper transition	Dif. porcentual de 3 con Lower transition
R0.9B5A0	0.54	0.56	1.5×10^6	58.80%	10.60%
R0.95B5A0	0.54	0.54	2×10^6	58.00%	15.70%
R0.85B10A	1.09	1.05	2.5×10^6	65.20%	10.80%
R0.87B10A0	1.09	1.06	3×10^6	63.80%	93.90%
R0.9B10A0	1.09	1.1	5×10^6	59.80%	49.80%
R0.92B10A0	1.09	1.11	10×10^6	45.00%	19.90%
			16×10^6	37.50%	31.10%
			20×10^6	48.40%	38.73%



Polar Type = 1
 Reynolds = 1 500 000
 Mach = 0.040
 Ncrit = 9.000
 Forced Upper Trans. = 1.000
 Forced Lower Trans. = 1.000
 Alpha = 3.00 deg
 Cl = 1.416
 Cm = -0.246
 Cd = 0.047
 L/D = 194.261
 Upper Trans. = 0.566
 Lower Trans. = 0.315

Thickness = 8.78%
 Max. Thick.pos. = 24.49%
 Max. Camber = 6.82%
 Max. Camber pos. = 16.00%
 Number of Panels = 99

Conclusiones

4. El perfil R0.85B10 es el más adecuado para el uso de arrastre en condiciones de alta velocidad y alta carga, ya que su forma y curvatura permiten una mayor estabilidad y resistencia a la fatiga. Además, su perfil es más ancho y plano, lo que facilita el deslizamiento y reduce el ruido y la vibración. En comparación con los otros perfiles, el R0.85B10 ofrece una mayor capacidad de carga y una mayor vida útil. Por lo tanto, se recomienda el uso de este perfil en aplicaciones de arrastre de alta velocidad y alta carga.

5. El perfil R0.92B10 es el más adecuado para el uso de arrastre en condiciones de alta velocidad y alta carga, ya que su forma y curvatura permiten una mayor estabilidad y resistencia a la fatiga. Además, su perfil es más ancho y plano, lo que facilita el deslizamiento y reduce el ruido y la vibración. En comparación con los otros perfiles, el R0.92B10 ofrece una mayor capacidad de carga y una mayor vida útil. Por lo tanto, se recomienda el uso de este perfil en aplicaciones de arrastre de alta velocidad y alta carga.

Bibliografía

Carmona, A. I. (2000). *Aerodinámica y actuaciones del avion*. Madrid: Paraninfo.

Chattot, J., & Hafez, M. (2015). *Theoretical and Applied Aerodynamics*. New York: Springer.

Galindo, D. R. (2006). *Diseño de perfiles aerodinámicos*. Ciudad de México.

Gómez, G. A. (2021). *Diseño de perfiles alares*. Morelia.

H. Abbott, I., & Von Doenhoff, A. E. (1959). *Theory of wing section*. New York: McGraw-Hill.

John D. Anderson, J. (1991). *FUNDAMENTALS OF AERODYNAMICS*. Maryland: McGraw-Hill.

Katz, J., & Plotkin, A. (2010). *Low-Speed Aerodynamics*. New York: Cambridge University press.

McCormick, B. W. (1979). *Aerodinamics, aeronautics, and flight mechanics*. New York: Pennsylvania State University.

Tejada, L. A. (2020). *Estudio de algunos perfiles aerodinámicos*. Bogotá.

White, F. M. (2010). *Mecánica de fluidos*. McGraw-Hill.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)