

7. Estudio del modelo axil simétrico

El modelo a estudiar será una góndola axil simétrica formada por perfiles NACA 1-85-100. El cociente entre la longitud del difusor y el área de garganta es de 1.250, tal y como para el caso bidimensional.

7.1. Comprobación del modelo numérico

Tal y como se hizo para otros modelos, para asegurar la fiabilidad del método se procederá a un estudio del resultado para distintas discretizaciones y distintas longitudes de chorro. Se resuelve el problema de velocidad incidente de 120m/s y velocidad absorbida por el motor de 70m/s para distintas discretizaciones definidas a través de la variable paso, lógicamente cuanto mayor sea el paso menor es la finura de la discretización.

Los gradientes de presiones y las velocidades obtenidas para los distintas discretizaciones se muestran en las figuras 52.

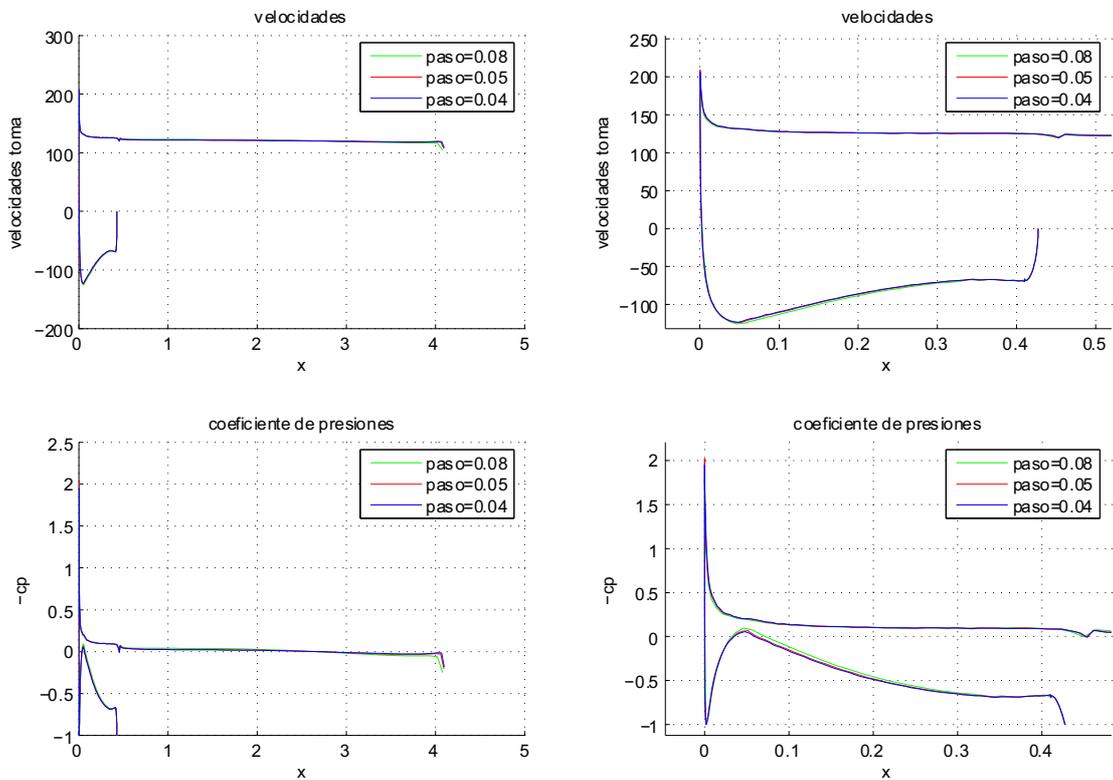


Figura 52: Solución para distintas discretización

De nuevo se procede a comprobar que la solución es independiente de la longitud final a la que se corta el chorro.

Los gradientes de presiones y las velocidades para estas configuraciones se muestran en la Figuras 53.

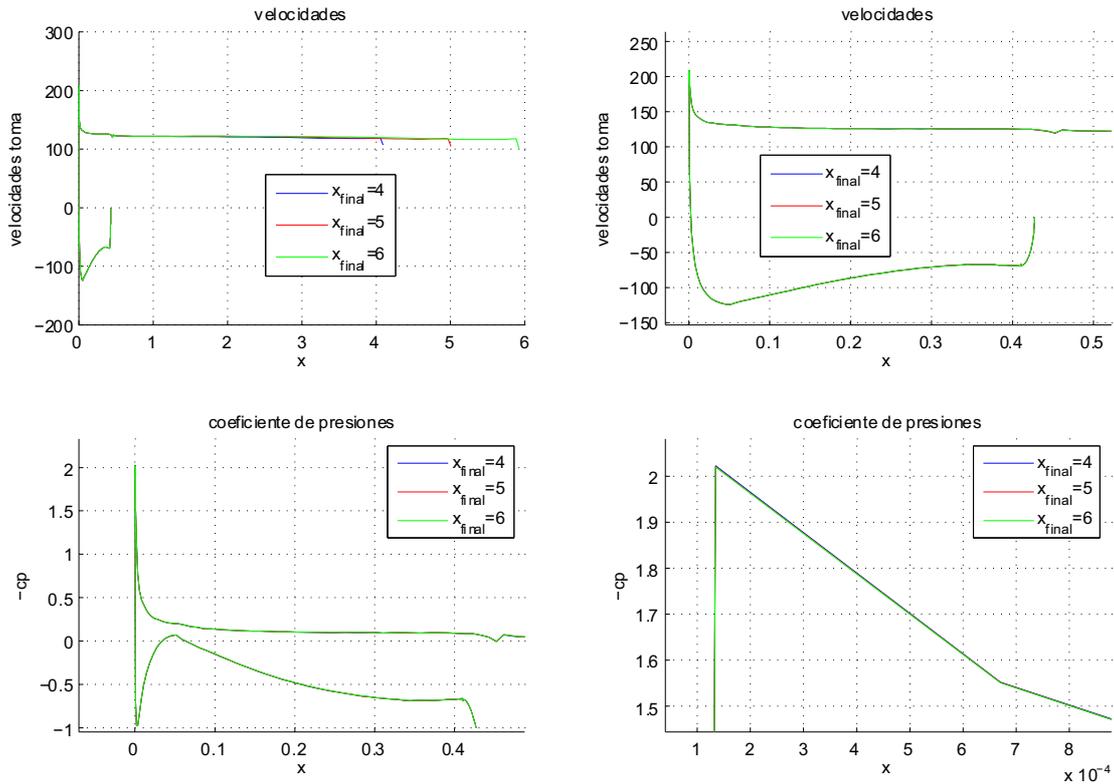


Figura 53: Solución para distintas discretización

En la figura 53 se observa como a partir de una longitud de chorro unas cuantas veces mayor que la anchura de la toma la solución no varía.

7.2. Estudio del modelo axil simétrico en función del gasto absorbido por el motor

Observando en el apartado anterior la independencia del modelo con la situación del chorro y con la discretización, todos los problemas axil simétricos de aquí en adelante se han resuelto con los mismos valores de los dos parámetros nombrados anteriormente.

El estudio se hará para varios gastos absorbidos por el motor. La altura en la que actuará el motor será de $10000m$ sobre el nivel del mar y la velocidad incidente será de $120m/s$ nuevamente se usarán gastos típicos para motores civiles. El Cuadro siguiente muestra los distintos gastos.

U_{motor} m/s	Gasto $kg/(m^2 s)$	U_{motor}/U_{∞}
70	26.04	0.5833
85	31.62	0.7033
100	37.2	0.8333

La solución del problema adimensionalizado depende del cociente U_{motor}/U_{∞} , de manera que la solución presentada de aquí en adelante se parametrizará con este cociente adimensional (en este caso se representará solución adimensional) o bien se dará en términos de la velocidad de entrada del flujo en el motor (en este caso se representará solución dimensional).

En la Figura 54 se observan las distintas soluciones para los gastos simulados.

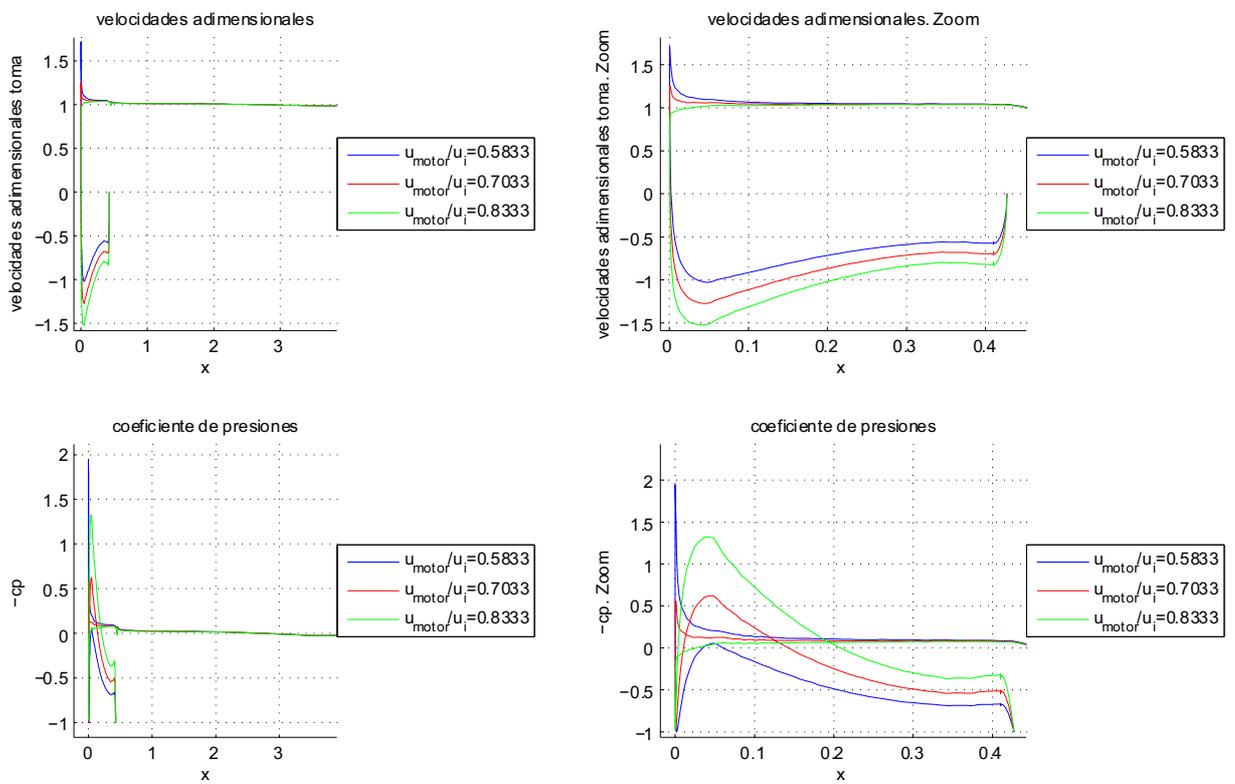


Figura 54: Solución del problema axilsimétrico para distintos cocientes U_{∞}/u_{motor}

En la Figura 54 de nuevo se observa tal como ocurría con los modelos bidimensionales que los picos de succión disminúan de intensidad a medida que aumentaba el gasto absorbido por los motores. Comparando la Figura 54 con 18 y 20 se puede comprobar como para el caso axilsimétrico los picos de succión son menores que para el caso

bidimensional sin perfil para la mismas velocidades de entrada al motor y velocidades aguas arriba. Esto se debe a que en el último caso se produce la contracción de una longitud, y en el primero la contracción es un área. Esto se puede demostrar con argumentos de continuidad para un fluido incompresible; se partirá de que:

$$A_{\infty}U_{\infty} = A_{motor}U_{motor}$$

si despejamos el área del tubo de corriente aguas arriba se obtendrá:

$$A_{\infty} = A_{motor} \frac{U_{motor}}{U_{\infty}}$$

Para el caso bidimensional, las áreas van como el diámetro (que se denotará por D) de modo que la relación anterior queda:

$$D_{\infty} = D_{motor} \frac{U_{motor}}{U_{\infty}} \quad (83)$$

mientras que para el caso axilsimétrico las áreas van como el cuadrado de las distancias, por lo que el diámetro del área del tubo de corriente en el infinito absorbido por el motor vendrá dado por la siguiente expresión:

$$D_{\infty} = D_{motor} \sqrt{\frac{U_{motor}}{U_{\infty}}} \quad (84)$$

Observando (84) y (83) se observa como para valores que cumplan la condición $U_{motor} < U_{\infty}$ que son los precisamente tratados, el diámetro del tubo de corriente absorbido por el motor aguas arriba será mayor en el caso axilsimétrico de manera que el ángulo de ataque inducido por el gasto absorbido por el motor será menor, reduciéndose así el pico de succión en el intradós del labio de la toma difusiva.

La situación de los puntos de remanso para las distintas velocidades de entrada en los motores se muestra en el Cuadro 16.

U_{motor}/U_{∞} m/s	Punto remanso 10^{-3}
0.5833	0.28
0.7033	0.88
0.8333	2.12

Cuadro 16: Puntos de remanso para el caso axilsimétrico

De nuevo en el Cuadro 16 se puede observar como los puntos de remanso están mucho más cerca del borde de ataque que en el caso bidimensional sin perfil, que venían dados por el Cuadro 1, propios del caso bidimensional.

Finalmente se realizará el estudio del empuje provocado por la fuerza de presión que actúa en el labio. Ahora al se hallará con la integral de superficie dada por:

$$E = \frac{1}{2\pi R c_{labio}} \int_{labio} c_p n_x ds$$

Que desarrollada queda de la forma:

$$E = \int_0^{c_{labio}} c_p \frac{dr}{dz} \frac{r}{R} \frac{dz}{c_{labio}} \quad (85)$$

En el Cuadro 17 se muestra el empuje dado por la expresión (85).

	Empuje labio adimensional		
	$U_{motor}/U_{\infty} = 0,5833$	$U_{motor}/U_{\infty} = 0,7033$	$U_{motor}/U_{\infty} = 0,8333$
Extradós	0.0223	0.0109	0.0016
Intradós	0.0184	0.005	-0.0021
Total	0.0406	0.0162	-0.0005

Cuadro 17: Empuje adimensional para los distintos cocientes de velocidades

El Cuadro 17 muestra como las los empujes son menores que los correspondientes a los de las mismas velocidades para el caso bidimensional, esto se vuelve a deber a la distinta contracción en el caso bidimensional que en el tridimensional axilsimétrico. Incluso se observa como en el caso de $U_{motor}/U_{\infty} = 0,8333$ existe resistencia en lugar de empuje, debido a que en el extradós no hay apenas pico de succión y en el intradós hay una expansión importante tal y como se muestra en la Figura 54.

7.3. Comprobación de resultados con modelos CFD

Tal y como se hizo para el modelo bidimensional con perfil y sin perfil se procedió a resolver el problema con el software *Fluent*.

De nuevo el modelo de viscosidad usado fue *Spalart-Allmaras*. El problema se resolvió para velocidad aguas arriba de 120m/s , una altura de 10000m y para los gastos de entrada en el motor mostrados en el Cuadro 18.

Gasto (compresible) $kg/(sm^2)$	26.74	32.47	38.2
Velocidad (incompresible) m/s	70	85	100

Cuadro 18: Valores de gastos para los que simuló el problema

Es importante señalar, tal y como ocurrió para los modelos simulados anteriormente, que las distribuciones de presiones obtenidas mediante *CFD* a lo largo de los obstáculos tendrán validez excepto en los picos de succión, donde el tamaño de las discretizaciones requerido es muy pequeño y por falta de tiempo y de un profundo conocimiento de la herramienta *Fluent* no se ha podido discretizar con elementos apropiados los bordes de ataque de los labios.

La comparación entre los distintos modelos se observa en las Figuras 55, 56 y 83, las cuales muestran el valor de los distintos c_p obtenido por cada uno de los métodos. Los resultados de ambos métodos vuelven a ser similares.

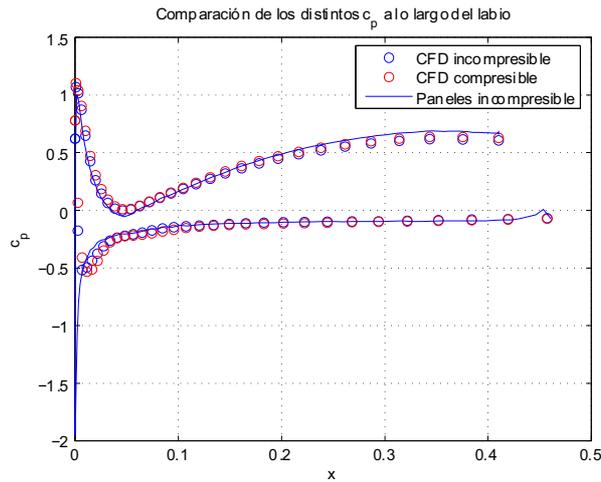


Figura 55: Coeficientes de presiones sobre el labio para $G = 26,74\text{kg}/(sm^2)$. Axial

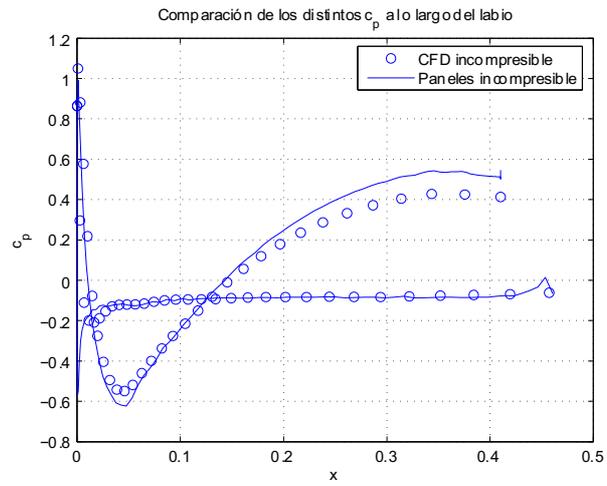


Figura 56: Coeficientes de presiones sobre el labio para $G = 32,47kg/(sm^2)$. Axial

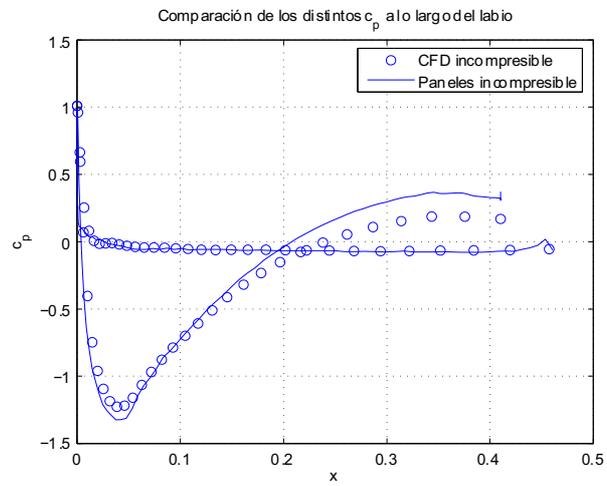


Figura 57: Coeficientes de presiones sobre el labio para $G = 38,2kg/(sm^2)$. Axial