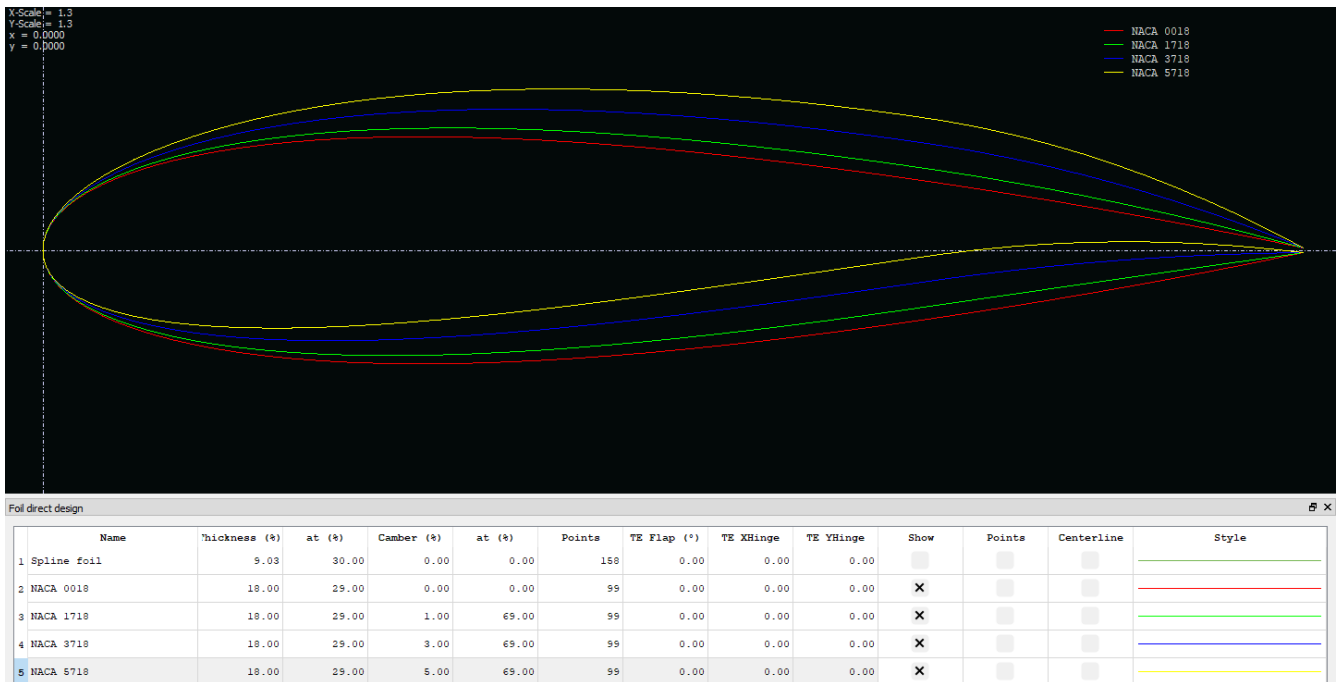


Diego Pilares Gallego

PARTE 1: FAMILIA DE PERFILES NACA CON ESPESOR CONSTANTE (5 puntos)

Se consideran los siguientes perfiles de la familia NACA de 4 dígitos: NACA 0018, NACA 1718, NACA 3718 y NACA 5718. Empleando el software XFLR5 se piden los siguientes apartados:

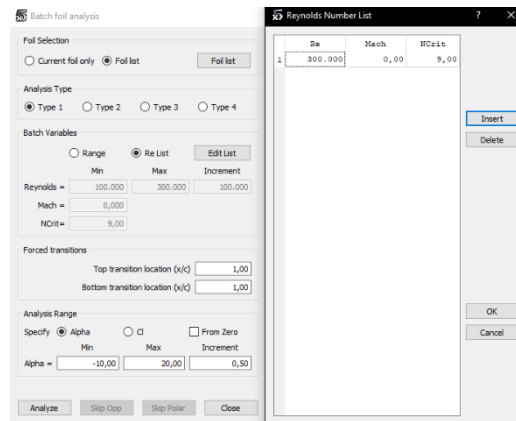
- 1) Características generales de los perfiles (curvatura, punto de curvatura máxima, espesor, punto de espesor máximo...). Se recomienda adjuntar una imagen de los perfiles. **(1 punto)**



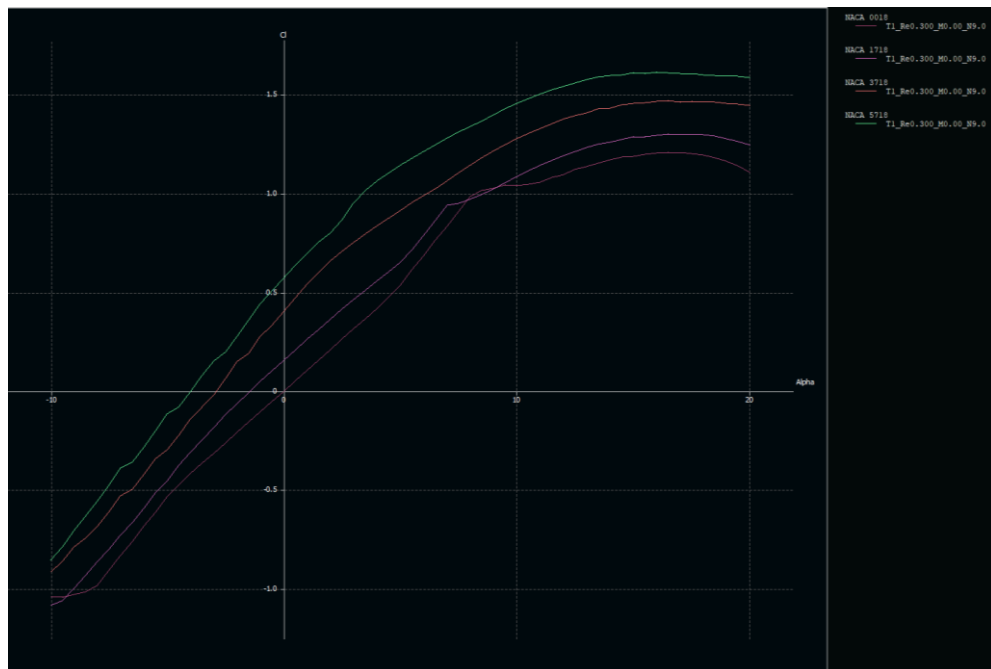
	Curvatura (%)	Punto de curvatura máxima (% Xf)	Espesor (%)	Punto de espesor máximo (% Xt)
NACA 0018	0	0	18	29
NACA 1718	1	70	18	29
NACA 3718	3	70	18	29
NACA 5718	5	70	18	29

- 2) Para un $Re = 300.000$ y $M = 0$, dando un barrido en α desde -10° hasta 20° (con pasos de $0,5^\circ$), se pide calcular las siguientes curvas características para cada perfil:

Para obtener las curvas características pedidas, realizamos un análisis de los perfiles con el software **xflr5**, mediante la función “*Batch foil analysis*” con los parámetros pedidos:



- a. Curva de C_l vs α junto con la expresión analítica de su zona lineal, identificando el $C_{l_{\max}}$, α de entrada en pérdida y el α de sustentación nula. **(0,5 puntos)**



- Coeficiente de sustentación máximo:

NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
1.204	1.298	1.464	1.608

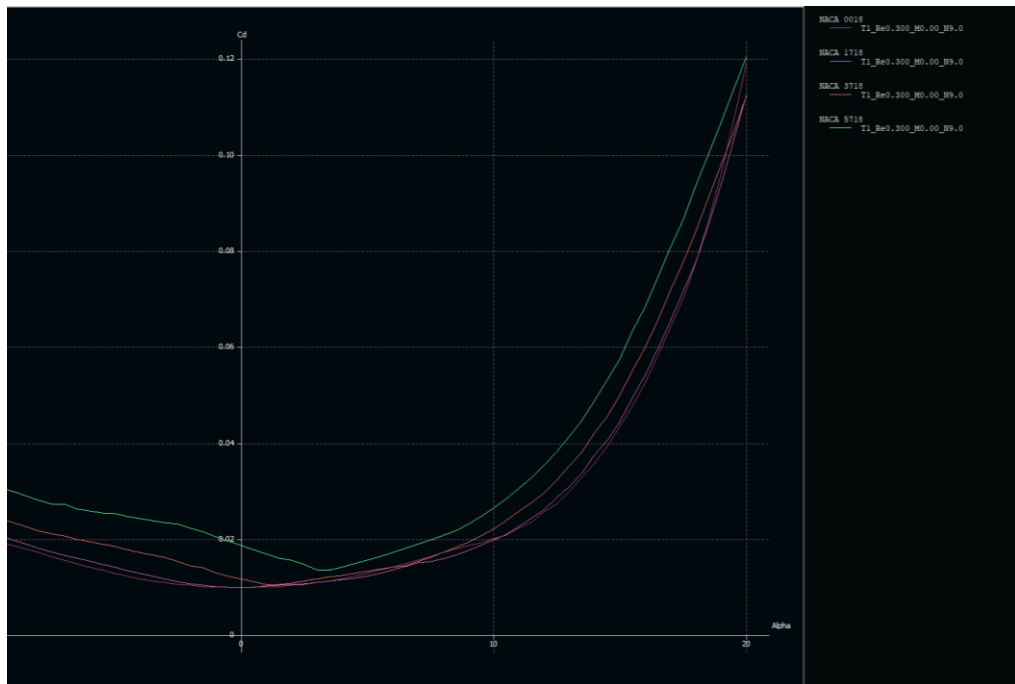
- α de entrada en pérdida:

NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
16.50	17.00	16.50	16.00

- α de sustentación nula:

NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
0.00	-1.435	-2.882	-3.971

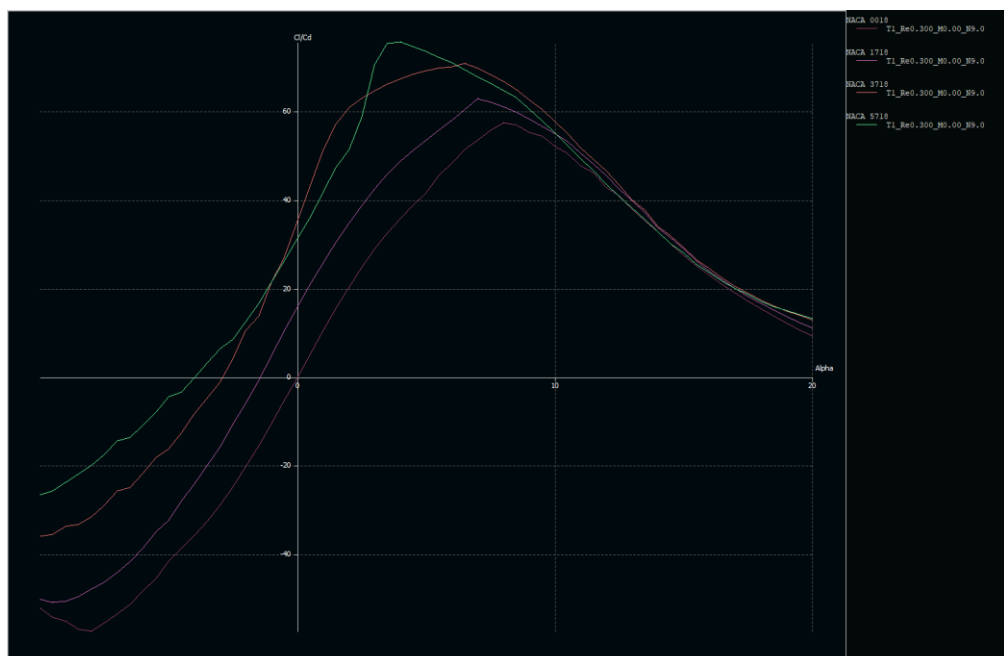
b. Curva de C_d vs α identificando el valor de $C_{d\min}$. (0,5 puntos)



- Coeficiente de resistencia mínimo:

NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
0.00993	0.00986	0.01049	0.01347

c. Curva E vs α identificando el valor de E_{\max} , el α para el que se da dicha eficiencia máxima y los valores de C_l y C_d asociados a esta. (0,5 puntos)



- Valor máxima eficiencia:

NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
57.345	62.626	70.603	75.445

- α para el que se da dicha eficiencia máxima:

NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
8.00	7.00	6.50	4.00

- Valor asociado de C_l :

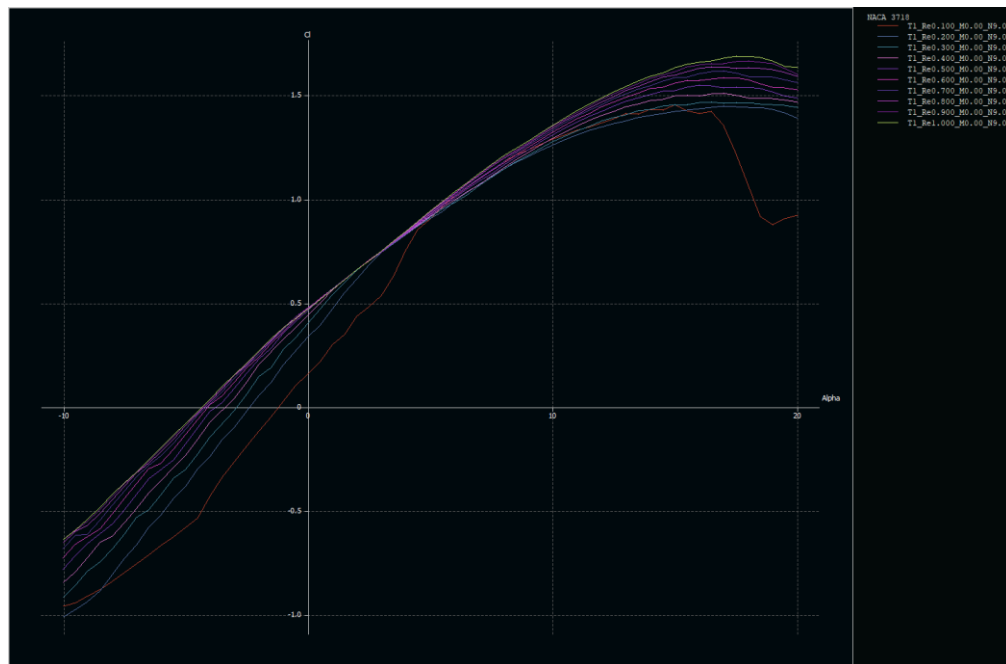
NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
0.9806	0.9369	10.194	10.618

- Valor asociado de C_d :

NACA 0018	NACA 1718	NACA 3718	NACA 5718
0.01710	0.01496	0.01444	0.01407

- 3) Para el perfil NACA 3718, dando un barrido en Re desde 100.000 hasta 1.000.000 (con pasos de 100.000) se piden calcular, de manera análoga al apartado anterior, las siguientes curvas características:

- a. Curva de C_l vs α junto con la expresión analítica de su zona lineal, identificando el $C_{l_{máx}}$, α de entrada en pérdida y el α de sustentación nula. **(0,5 puntos)**



- Coeficiente de sustentación máximo:

(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
1.452	1.444	1.464	1.505	1.544	1.581	1.613	1.633	1.661	1.685

- α de entrada en pérdida:

(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

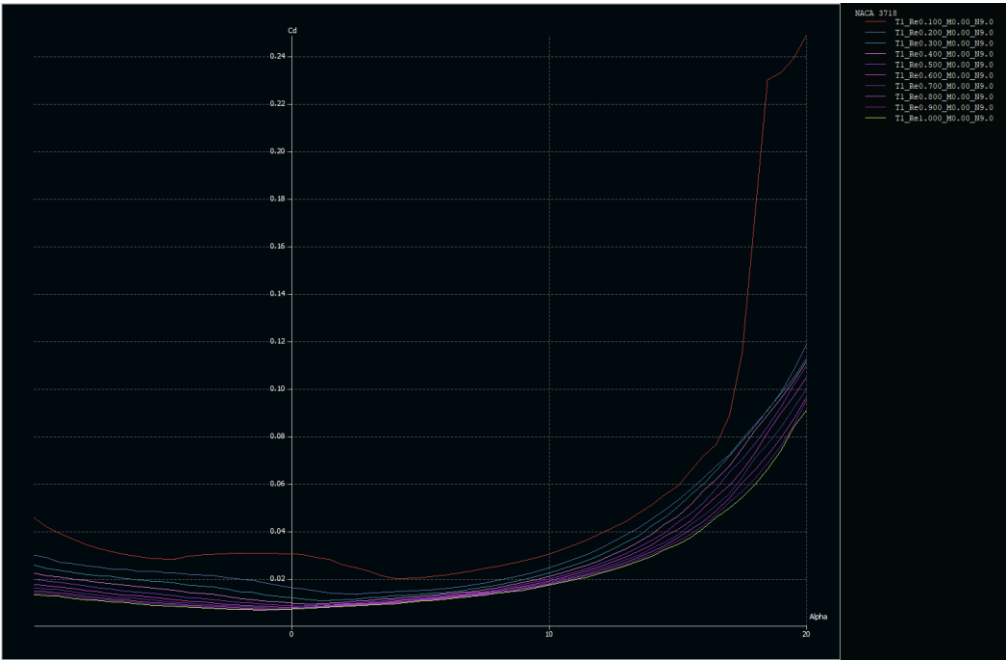
Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
15	17	16.50	17.00	16.00	17.00	17.00	16.5	18.00	18.00

- α de sustentación nula:

(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
-1,18	-2,37	-2,88	-3,34	-3,75	-4,07	-4,14	-4,22	-4,27	-4,3

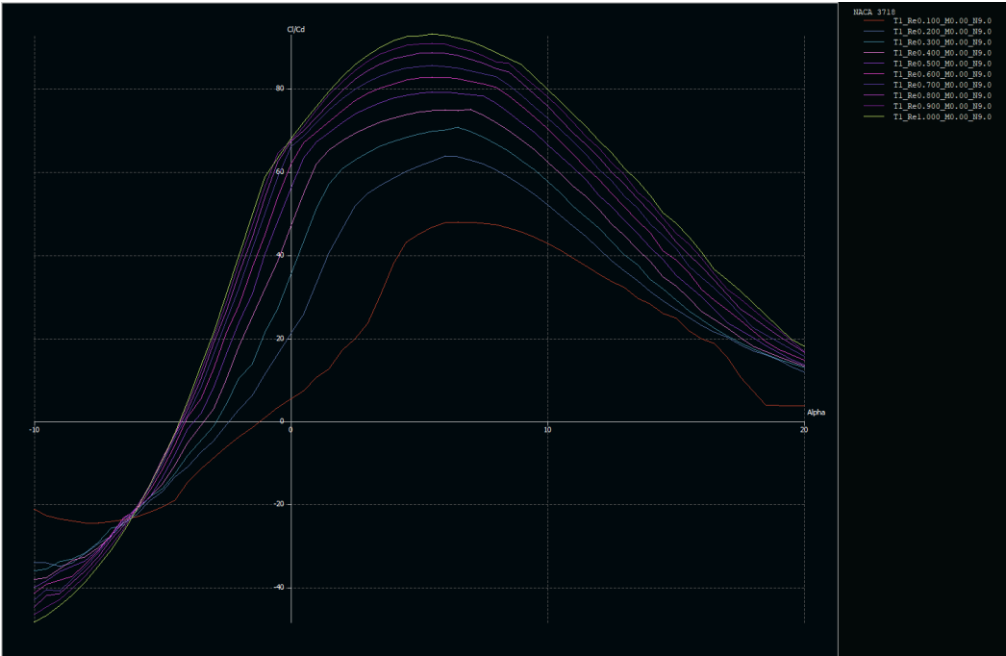
b. Curva de Cd vs α identificando el valor de $C_{d\min}$. (0,5 puntos)



- Coeficiente de resistencia mínimo:
(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
0.01979	0.01322	0.01049	0.00908	0.00822	0.00766	0.00726	0.00692	0.00672	0.00650

c. Curva E vs α identificando el valor de E_{\max} , el α para el que se da dicha eficiencia máxima y los valores de Cl y Cd asociados a esta. (0,5 puntos)



- Valor máxima eficiencia:
(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
47.78	63.74	70.60	74.98	79.13	82.60	85.51	88.48	90.84	92.98

- α para el que se da dicha eficiencia máxima:
(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
6.5	6.00	6.5	7.0	5.5	6.0	5.5	5.5	5.5	5.5

- Valor asociado de Cl:
(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
1.059	0.988	1.019	1.066	0.962	1.012	0.973	0.979	0.983	0.986

- Valor asociado de Cd:
(valores de Reynolds expresados como porcentajes de Reynolds=1.000.000)

Re 0.1	Re 0.2	Re 0.3	Re 0.4	Re 0.5	Re 0.6	Re 0.7	Re 0.8	Re 0.9	Re 1.0
0.0221	0.0155	0.0144	0.0142	0.0121	0.0122	0.0113	0.0110	0.0108	0.0106

- 4) Explicación razonada de cómo afecta la variación del espesor del perfil, manteniendo el resto de los parámetros constantes, a sus características aerodinámicas **(0,5 puntos)**

La variación del espesor del perfil tiene un impacto en la capacidad de generación de sustentación, la resistencia y la eficiencia del perfil. **Perfiles más delgados** tienden a ser **más eficientes** y a experimentar **menos resistencia**, pero, a su vez, también cuentan con una **sustentación menor** que perfiles con un mayor espesor.

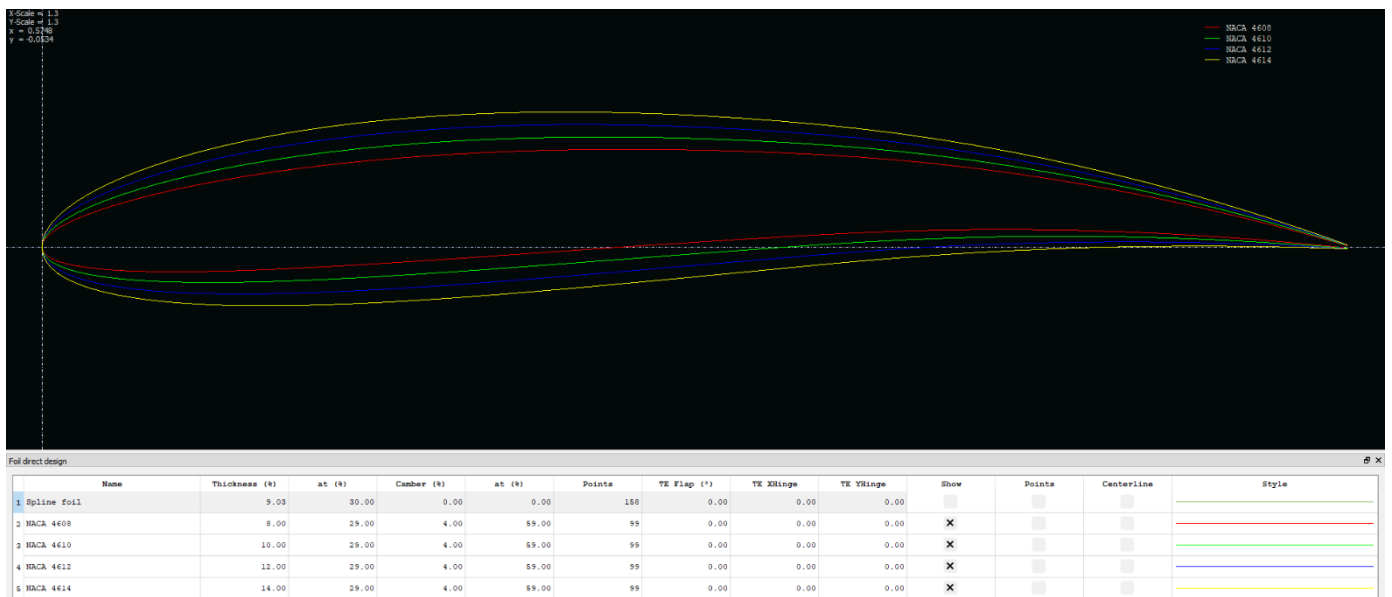
- 5) Explicación razonada de cómo afecta la variación del Re para un mismo perfil a sus características aerodinámicas **(0,5 puntos)**

En el rango de números de Reynolds comprendido entre 100.000 y 1.000.000 que hemos tratado en el caso del perfil NACA 3718, podemos ver que, **a mayor número de Reynolds**, el perfil genera una **mayor sustentación**, experimenta una **resistencia menor** y **aumenta** su **eficiencia considerablemente**.

PARTE 2: FAMILIA DE PERFILES NACA CON CURVATURA CONSTANTE (5 puntos)

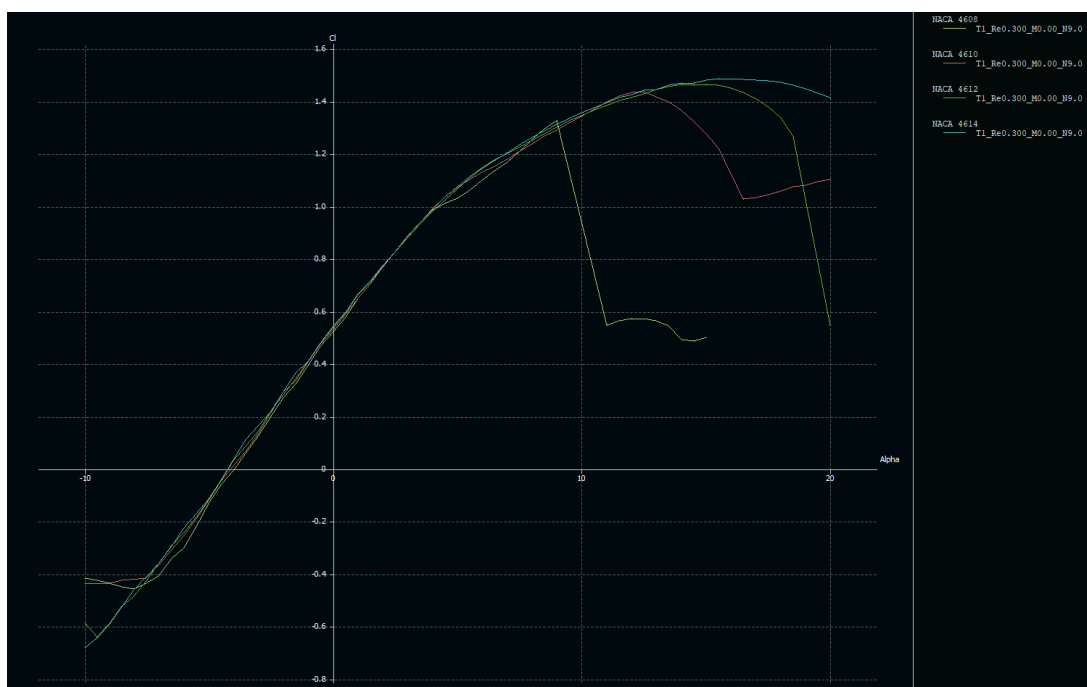
Se consideran los siguientes perfiles de la familia NACA de 4 dígitos: NACA 4608, NACA 4610, NACA 4612 y NACA 4614. Empleando el software XFLR5 se piden los siguientes apartados:

- 1) Características generales de los perfiles (curvatura, punto de curvatura máxima, espesor, punto de espesor máximo...). Se recomienda adjuntar una imagen de los perfiles. **(1 punto)**



	Curvatura (%)	Punto de curvatura máxima (% Xf)	Espesor (%)	Punto de espesor máximo (% Xt)
NACA 4608	4	60	8	29
NACA 4610	4	60	10	29
NACA 4612	4	60	12	29
NACA 4614	4	60	14	29

- 2) Para un $Re = 300.000$ y $M = 0$, dando un barrido en α desde -10° hasta 20° (con pasos de $0,5^\circ$), se pide calcular las siguientes curvas características para cada perfil:
 - a. Curva de C_l vs α junto con la expresión analítica de su zona lineal, identificando el $C_{l_{m\acute{a}x}}$, α de entrada en pérdida y el α de sustentación nula. **(0,75 puntos)**



- Coeficiente de sustentación máximo:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
1.324	1.436	1.463	1.485

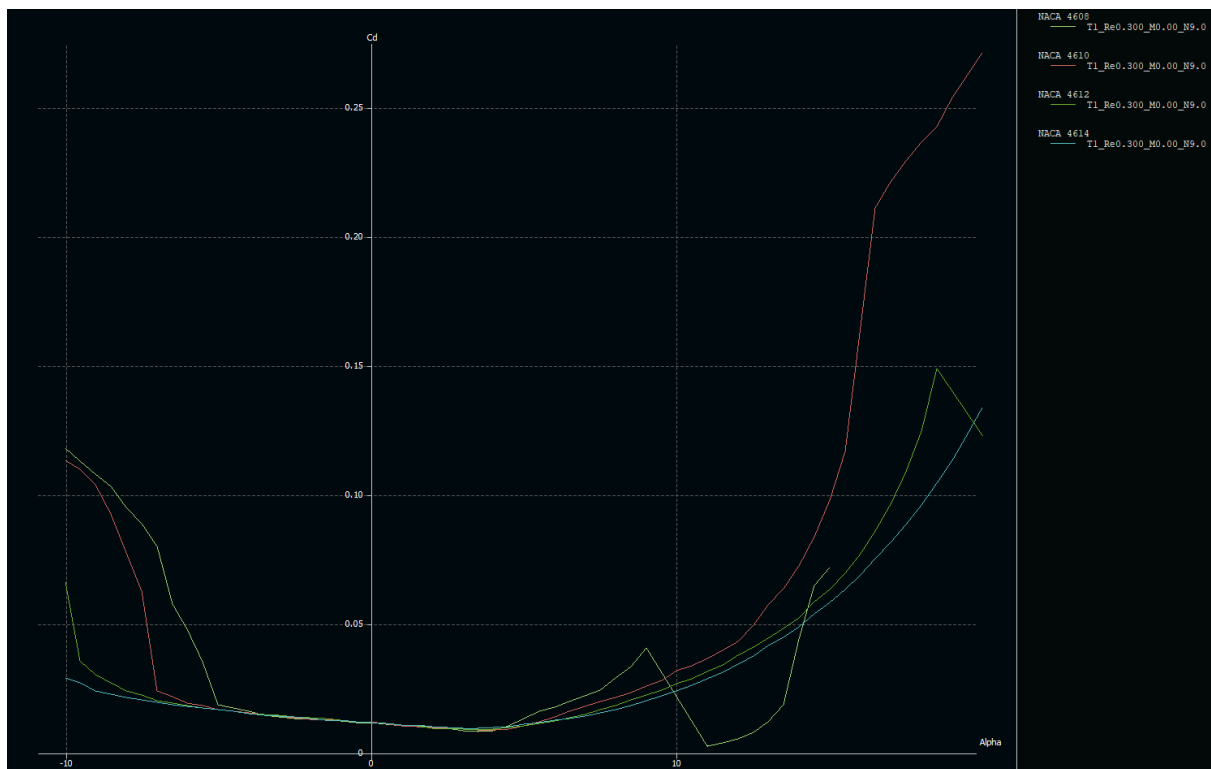
- α de entrada en pérdida:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
9.0	12.5	14.0	16.0

- α de sustentación nula:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
-3,94	-4,08	-4,20	-4,22

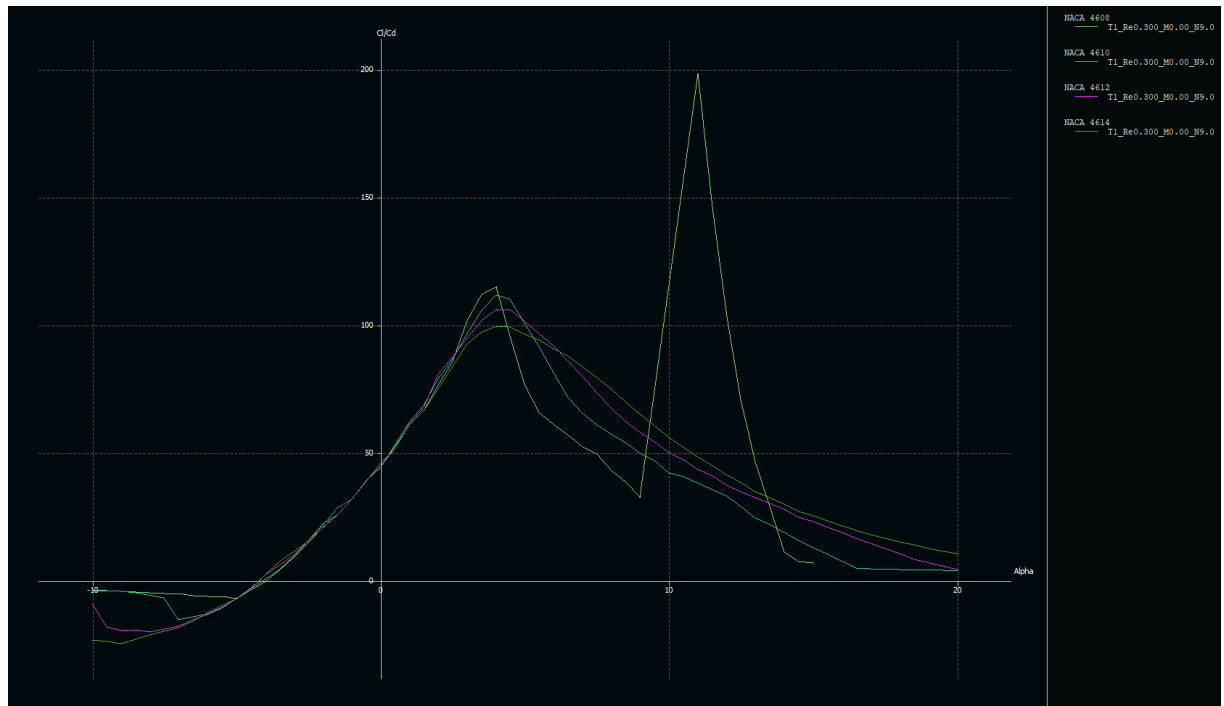
b. Curva de C_d vs α identificando el valor de $C_{d_{\min}}$. (0,5 puntos)



- Coeficiente de resistencia mínimo:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
0.0083	0.0088	0.0092	0.0094

- c. Curva E vs α identificando el valor de $E_{m\acute{a}x}$, el α para el que se da dicha eficiencia máxima y los valores de Cl y Cd asociados a esta. (0,75 puntos)



(Consideramos el pico de NACA 4608 un error de la simulación)

- Valor máxima eficiencia:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
114.873	111.482	106.173	99.442

- α para el que se da dicha eficiencia máxima:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
4.0	4.0	4.5	4.0

- Valor asociado de Cl:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
0.9856	0.9911	1.035	0.9797

- Valor asociado de Cd:

NACA 4608	NACA 4610	NACA 4612	NACA 4614
0.00857	0.00887	0.00974	0.00985

- 3) Explicación razonada de cómo afecta la variación de curvatura del perfil, manteniendo el resto de los parámetros constantes, a sus características aerodinámicas (1 punto)

Podemos ver que, **al aumentar la curvatura** del perfil, para un mismo número de Reynolds, tenemos una **menor eficiencia** y una **mayor sustentación y resistencia**. Además, también podemos ver que, con respecto al **ngulo de ataque**, el ángulo de **máxima eficiencia** del perfil prácticamente **no se ve afectado**, el ángulo de **entrada en pérdida** va **aumentando**, y el de **sustentación nula** se vuelve un **ngulo negativo** cada vez mayor.

- 4) Para el perfil NACA 4612 realizar un barrido en Mach (0,2; 0,4; 0,6 y 0,8) para un $Re = 1.000.000$, dando un barrido en α desde -5° hasta 15° y comentar los resultados obtenidos de manera general. (1 punto)

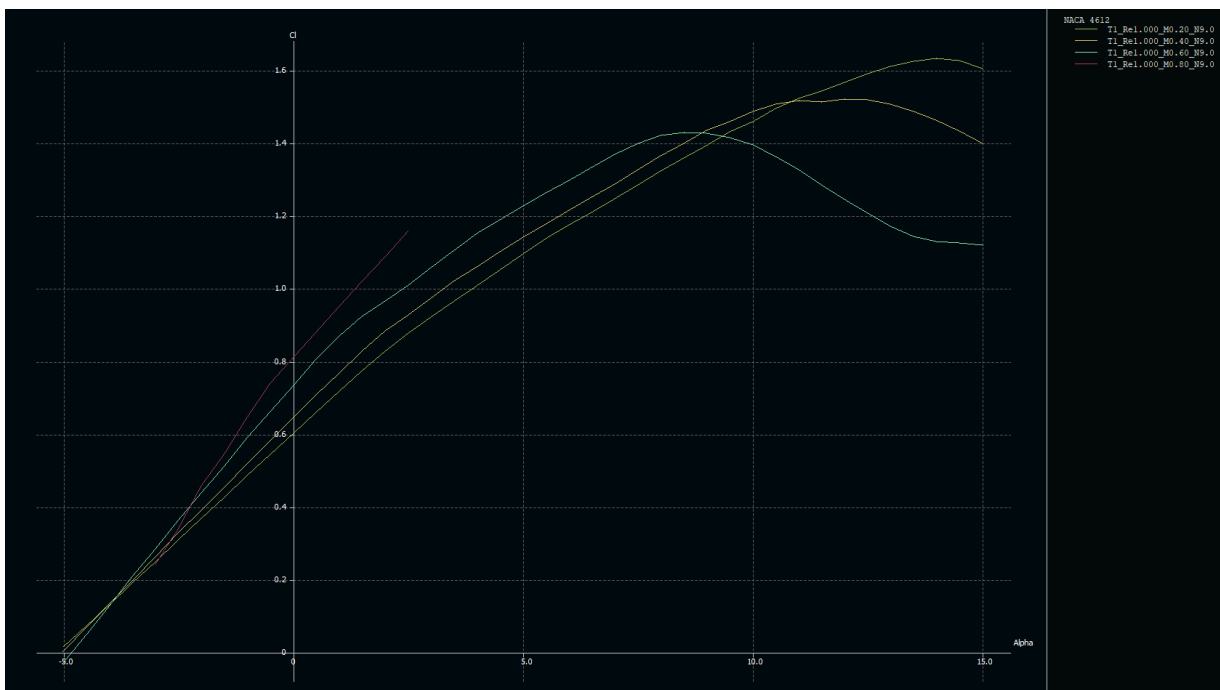
Realizamos un análisis del perfil NACA 4612 con el software **xflr5**, mediante la función “Batch foil analysis” con los parámetros pedidos:

Después, analizamos los distintos gráficos como hemos hecho hasta ahora para poder sacar conclusiones de ellos.

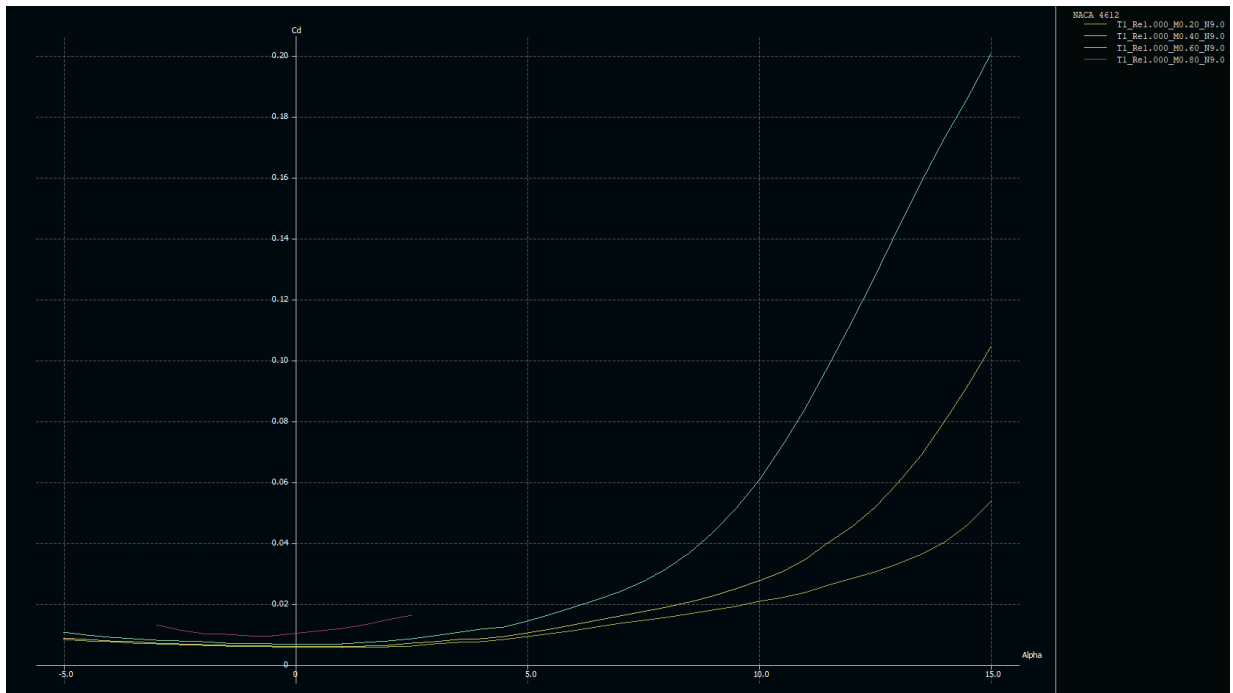
```
Re= 1000000   Ma=0.800   Nc= 9.00
Alpha = -5.000   ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = -4.500   ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = -4.000   ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = -3.500   ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = -3.000   ...converged after 11 iterations
Alpha = -2.500   ...converged after 5 iterations
Alpha = -2.000   ...converged after 7 iterations
Alpha = -1.500   ...converged after 5 iterations
Alpha = -1.000   ...converged after 5 iterations
Alpha = -0.500   ...converged after 6 iterations
Alpha = 0.000    ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = 0.500    ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = 1.000    ...converged after 11 iterations
Alpha = 1.500    ...converged after 5 iterations
Alpha = 2.000    ...converged after 6 iterations
Alpha = 2.500    ...converged after 6 iterations
Alpha = 3.000    ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = 3.500    ...unconverged after 1000 iterations
Alpha = 4.000    ...unconverged after 1000 iterations
```

Por algún motivo, mi ordenador no fue capaz de completar la simulación para mach 0.8. Realicé la simulación múltiples veces y siempre dio el mismo resultado.

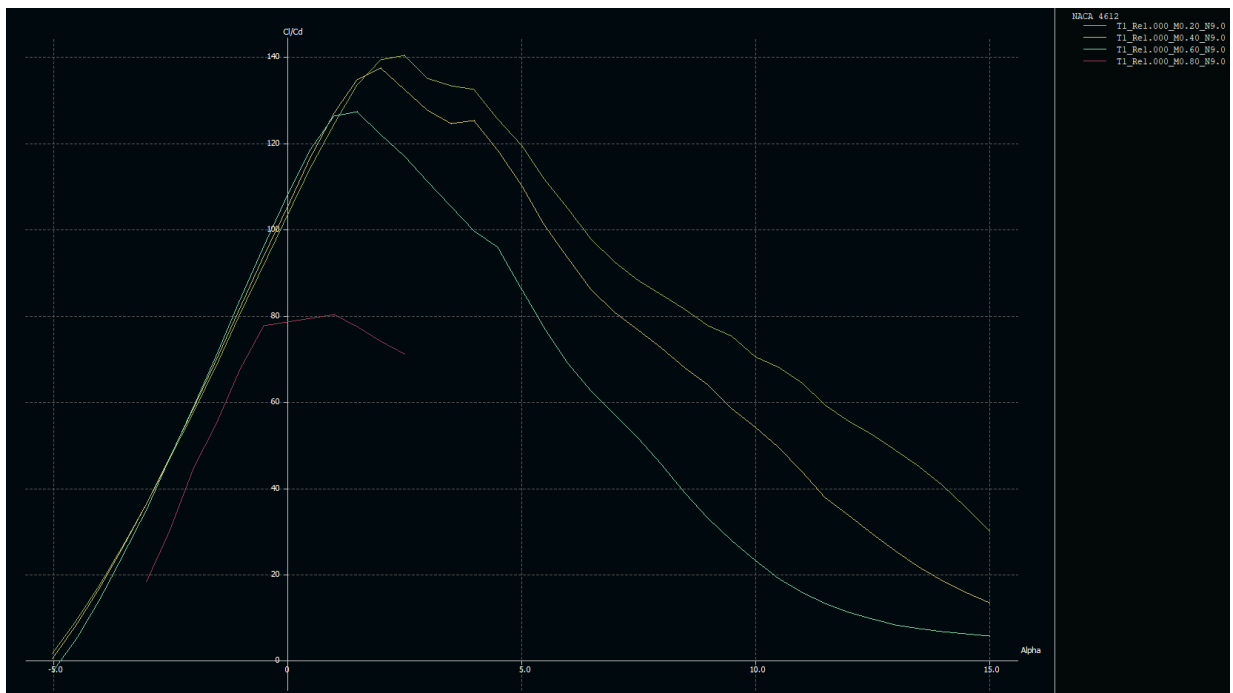
- Curva Cl/α



- Curva C_d/α



- Curva E/α



De estas gráficas podemos ver que este **perfil está diseñado** para funcionar a **velocidades subsónicas**, esto es notable sobre todo en la **curva de eficiencia** respecto al ángulo de ataque, en la que **vedemos que** el **punto de mayor eficiencia del perfil** se da cuando la **velocidad es mínima** y, también, vemos como esta **eficiencia disminuye significativamente** a medida que nos acercamos a **velocidades cercanas al número de Mach**.

Podemos observar también que la **sustentación** obtenida con el perfil **es mayor cuanto mayor sea la velocidad**, pero este beneficio **se ve contrarrestado** por el **coeficiente de resistencia**, el cual aumenta a su vez.

En vista de los datos analizados, podemos concluir que, en los casos estudiados, **este perfil se aprovecha mejor** cuando se utiliza a una **velocidad de Mach 0.2**.