



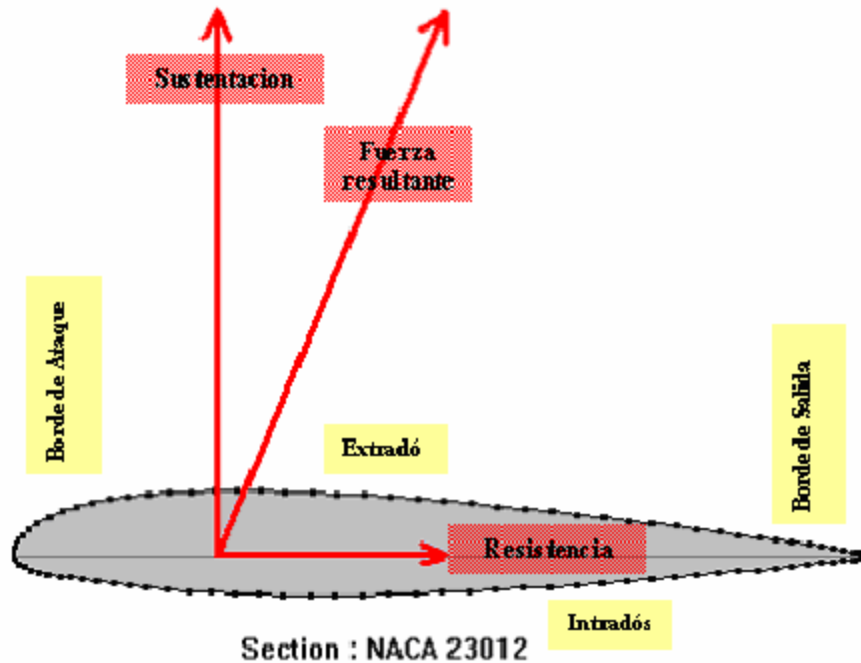
*Autor: José Manuel Gil (aka Gizmo)*

---

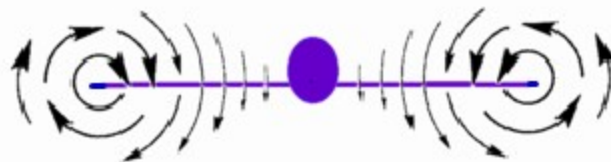
### *Efecto suelo*

Vamos a hablar someramente de los vehículos que aprovechan el efecto suelo para volar. Pero antes de ello, vamos a ver una pequeña introducción para saber en qué consiste.

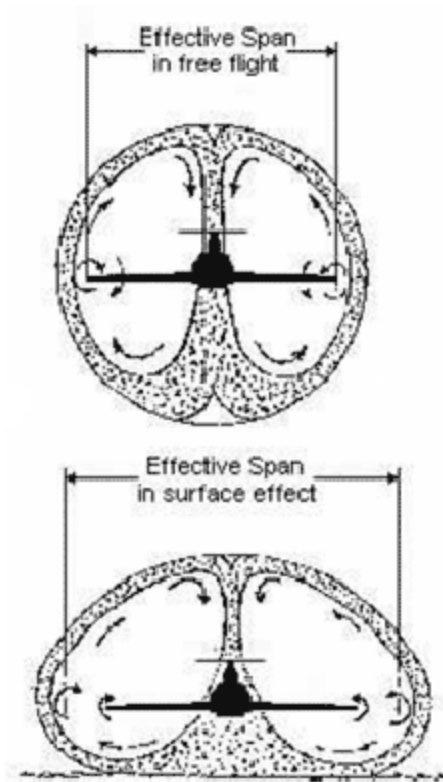
Que un avión vuela gracias a la forma del ala, no es a estas alturas ninguna novedad para nosotros. Se ha explicado de muchas formas, con el Efecto Venturi, con circulación de fluidos (líneas de torbellinos, torbellinos libres...), e incluso diciendo que el aire que circula por el extradós (la parte superior del perfil) debe llegar al borde de salida a la vez que el que circula por el intradós (parte inferior). Unas tienen más base científica que otras, unas son más correctas que otras, y no vamos a debatirlas. Todas vienen a concluir lo mismo, que es lo que aquí nos interesa: el aire que circula por el extradós lo hace más rápido que el que lo hace por el intradós, esto hace que la presión sobre la parte superior del ala sea inferior que la presión sobre extradós y que se obtiene una fuerza que hace que el pájaro en cuestión vuele.



Esta fuerza se descompone de forma práctica como suma de dos componentes: una paralela a la velocidad de vuelo (resistencia) y otra perpendicular (sustentación). La sustentación es la que nos permite despegar los pies del suelo, y la resistencia la que se opone a nuestro avance. Si contamos con el peso del avión y el empuje o tracción suministrados por el motor a reacción, hélice... Ya tenemos las cuatro fuerzas del vuelo. La sustentación total del avión es la suma de la sustentación del ala, el timón horizontal (no olvidemos que es un ala pequeño) y la del fuselaje (dependiendo del tipo de fuselaje, ésta será más o menos importante). La resistencia la podemos descomponer en la resistencia que nos da el propio fuselaje, carenados, ruedas no retractiles, antenas... etc, y la del ala y timones. En el ala, vemos que parte de la resistencia viene dada por el simple hecho de generar sustentación, otra parte será por el ala, y nos queda un término más, la resistencia inducida.



Como la presión en la parte inferior del ala es menor que en la parte superior, esto crea que en las puntas de las alas se generen unos remolinos, unos torbellinos de punta de ala. Estos remolinos hacen que la resultante aerodinámica se incline más hacia atrás, aumentando la resistencia. Este aumento de resistencia es la resistencia inducida. Como se ve en el dibujo de arriba, cuanto mas lejos se está de la punta del ala, menor es el efecto del torbellino en el ala. Es por ello que si se disponen de alas de gran alargamiento (alargamiento nos da la medida de cómo es de larga –envergadura- el ala respecto a su anchura –cuerda-), el efecto del torbellino será acusado en una zona cercana a la punta del ala, pero muy pequeña en comparación con el resto del ala. Por eso mismo se inventaron los *winglets*, los depósitos en la punta de ala y otros métodos para reducir la resistencia inducida. Otra forma de reducir el efecto de la resistencia

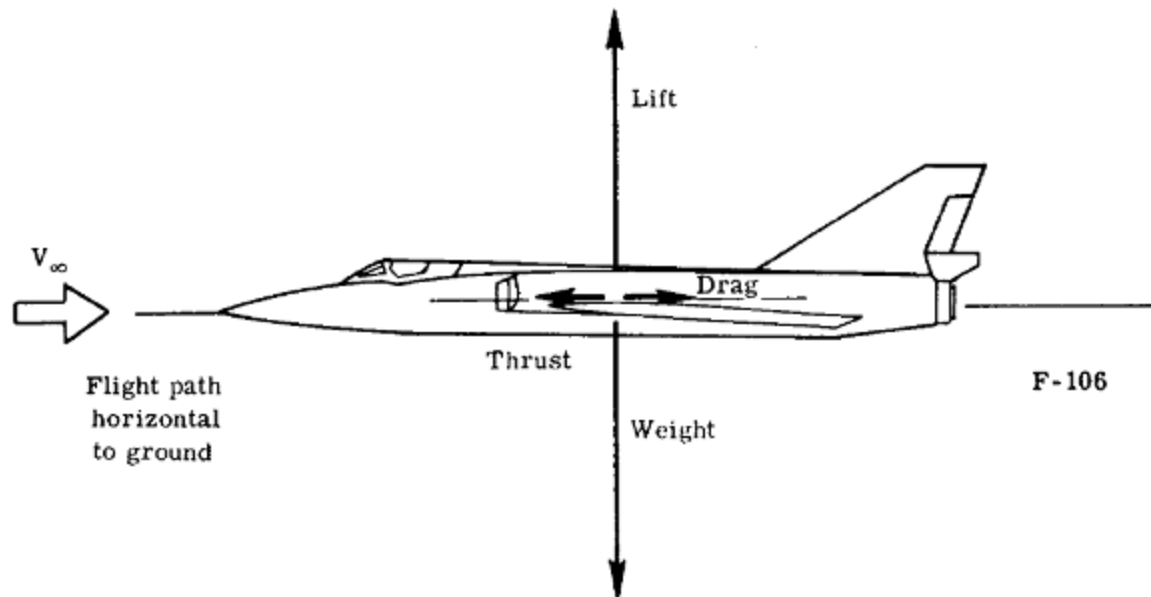


Como hemos visto antes, si la envergadura en relación a la cuerda es grande, el efecto de los torbellinos es menor. Volando bajo, se obtiene un efecto similar, aumentando la envergadura efectiva, aumentando así mismo la sustentación, y disminuyendo la resistencia inducida: este es el efecto suelo.

---

### ***Ekranoplano***

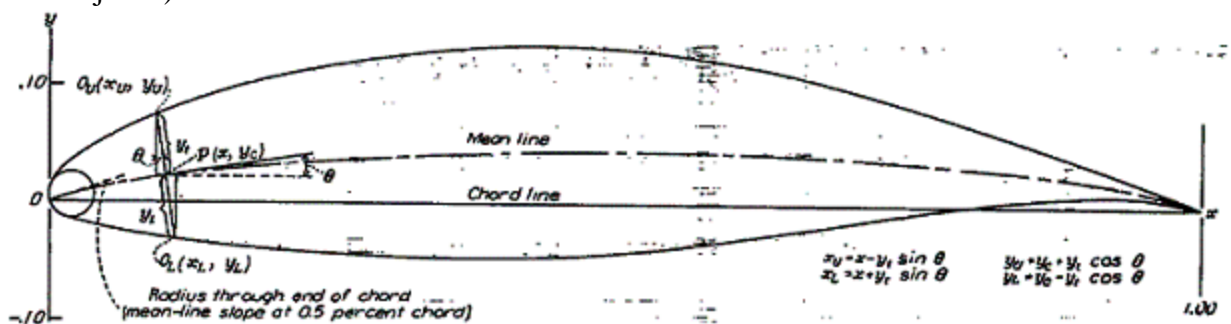
Desde el comienzo del vuelo con aparatos más pesados que el aire, el piloto, en las proximidades del suelo, en el despegue o el aterrizaje, cuando el avión está casi paralelo al suelo y cerca de él, nota como las alas tiran hacia arriba más de lo habitual, y el motor tira hacia delante más de lo normal. A esto los aeronáuticos lo llaman efecto suelo: se produce un aumento de la fuerza de sustentación (la fuerza que dan las alas y que levantan al avión del suelo) y se reduce la resistencia (la fuerza que tira hacia atrás del avión, y que ha de vencer el motor). La resistencia se puede descomponer en dos: la debida al rozamiento con el aire y la que aparece por el hecho de que el ala sustente, la resistencia inducida. Es ésta última la que disminuye.



El efecto suelo se produce cuando la altitud de vuelo sobre el suelo es del orden de magnitud de la cuerda del ala.

Si bien al comienzo este efecto que se desconocía provocó sustos e incluso accidentes, ha sido aprovechado por los ingenieros y pilotos. Gracias a este efecto, los helicópteros pueden cargar el mismo peso consumiendo menos, o más peso a igual consumo, si se mantienen relativamente cerca del suelo en vez de elevarse mucho (a una altitud de vuelo del orden de magnitud del diámetro del rotor). De aprovechar este mismo efecto nace el Ekranoplano.

En 1932 se desarrolló el primer aparato que aprovecha este fenómeno (ingeniero Finlandés T. Kaario): básicamente un aparato basado en un ala volante –avión sin timones de cola- diseñado en los años 20 que se mostraba controlable cerca del suelo, pero ingobernable si remontaba el vuelo. En la misma época, N. Troong, ingeniero suizo, diseñó un avión de 30 toneladas -¡¡demasiado grande para aquella época!!- para volar muy cerca de la tierra, aprovechando el efecto suelo. Comprobó que se necesitaba una potencia mucho menor para mantener el pájaro en vuelo si se mantenía a una altitud aproximadamente igual a la cuerda del ala (la línea rotulada como *chord line* en el perfil alar adjunto)



Aunque sus estudios nunca se concluyeron, allanaron el trabajo a los siguientes.

Durante los años 60 el ruso Rostislav Alexeiev, y el alemán Alexander Lippisch continuaron desarrollando de forma independiente los vehículos que aprovechaban el efecto suelo. El ingeniero ruso empezó el desarrollo de sus "ekranoplanos", que fueron

generosamente subvencionados por el gobierno soviético una vez que sus militares descubrieron el potencial del nuevo vehículo. Alexeiev diseñó el *550 ton KM Caspian Sea Monster*, el más ambicioso ekranoplano (pesa como 100 veces más que el ekranoplano más grande construido y volaba a...¡¡350mph!! –560km/h), y su desarrollo fue solo paralizado tras la caída de la Unión Soviética en el 91. No por ello es una idea que haya sido olvidada, actualmente Boeing Phantom Works siguen trabajando en aparatos similares, como el Pelican



Monstruo del mar Caspio



Pelican

Hasta la fecha lo de los americanos son eso, solo proyectos. Los aparatos más espectaculares son los soviéticos, detenido su desarrollo por la falta de fondos tras la caída de la unión soviética. Allí se desarrolló como avión de transporte, civil y militar, y como avión de ataque, capaz de transportar hasta 6 misiles de crucero, como avión de asalto para transportar tropas hasta la playa misma y apoyarlas con cañones de 76mm...

---

### ***El Ekranoplano más numeroso: A-90 Orlyonok***

Era una nave de ataque de la marina soviética, capaz de transportar tanques hasta la misma playa, pues el morro se abría, como el de los actuales cargueros. Podía llevar 6 misiles de crucero SS-N-22 y un cañón de 76mm. Iba propulsado por un gran motor turbohélice y dos hélices contra rotatorias. Desarrollos posteriores llevaron al Utká, al Lun... pero la crisis de un sistema político arrastró consigo a muchos proyectos aeronáuticos, entre otros a éste.



Lun disparando un misil mientras vuela a máxima velocidad

Se construyeron cuatro de estos aparatos, uno solo para ensayos. En ocasiones se habla de un quinto, no siendo más que uno de éstos, que tras estrellarse fue reconstruido con nuevos materiales.

### ***Bibliografía:***

- <http://foxxaero.homestead.com/nslink3.html>
- *NASA Report SP-367: INTRODUCTION TO THE AERODYNAMICS OF FLIGHT*, Theodore A. Talay, Langley Research Center
- *Concept Aircraft*, Jim Winchester

### ***Nota:***

Más información puede ser encontrada en '[The WIG page](#)', y pueden encontrarse videos en youtube con facilidad.

No se han desarrollado con más profundidad cada uno de los aparatos, ni hablado de sus características técnicas por tratarse este artículo de un artículo técnico sin más, que trata de explicar el efecto suelo y cómo es aprovechado por los Ekranoplanos.