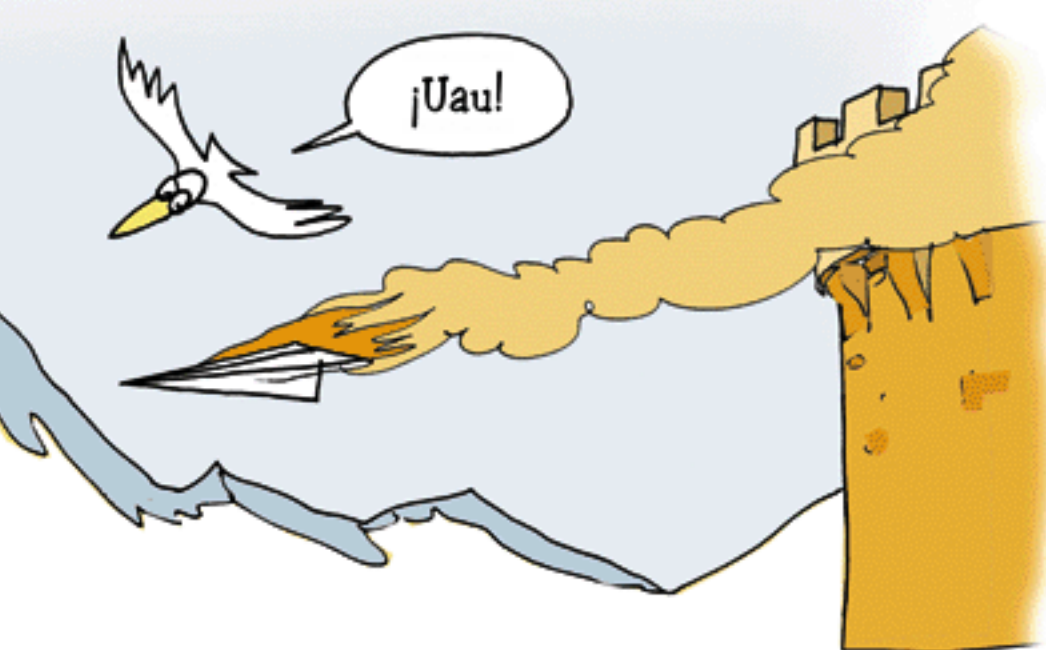


Durante todo este tiempo, Cunegunda no hacía más que escribir cartas y cartas a Cándido



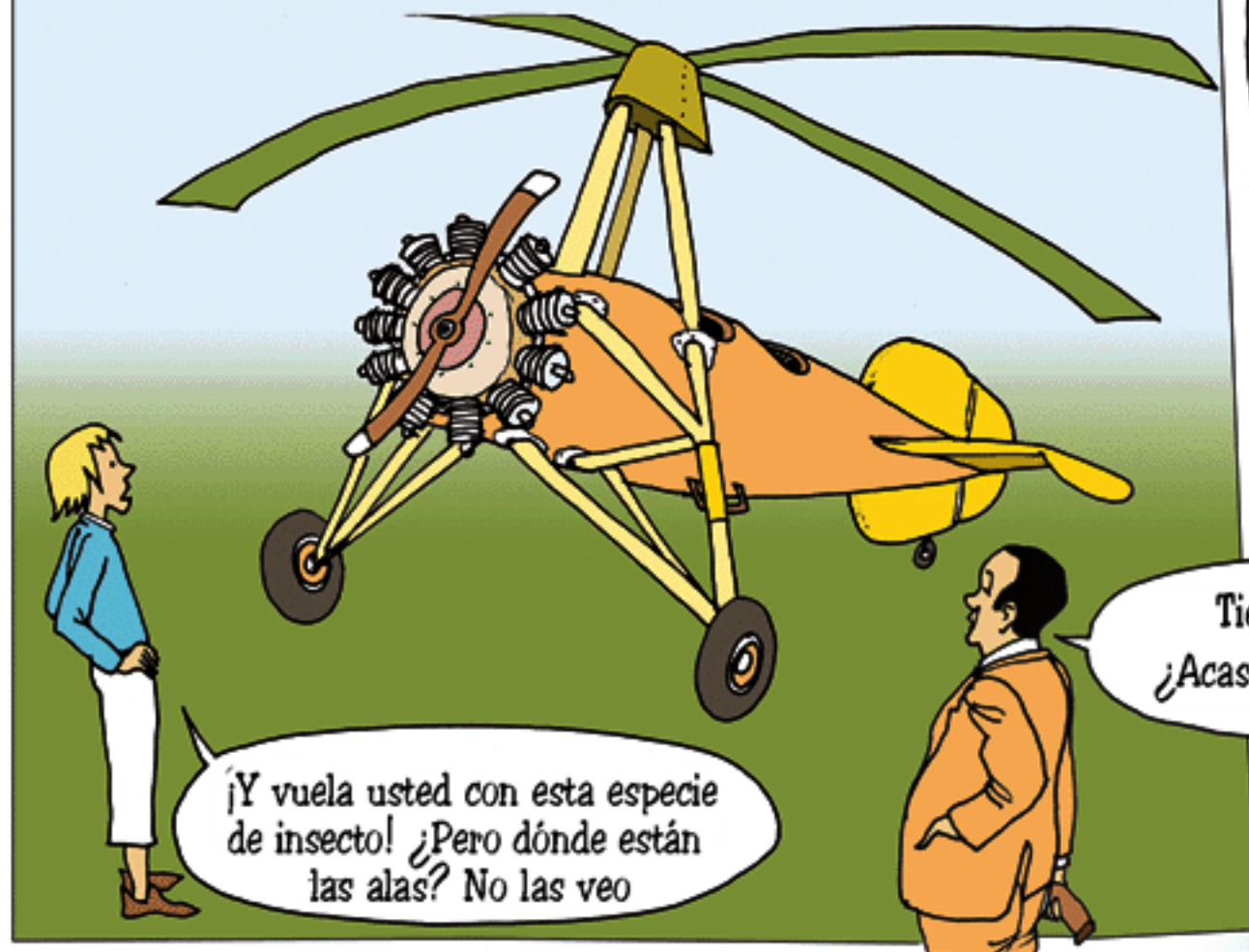
Pero sus palabras iban tan inflamadas de pasión que las misivas se consumían antes de tocar tierra



¿Un globo? No creo que funcione, y más bien podría arruinarlo todo



EL AUTOGIRO



¡Y vuela usted con esta especie de insecto! ¿Pero dónde están las alas? No las veo

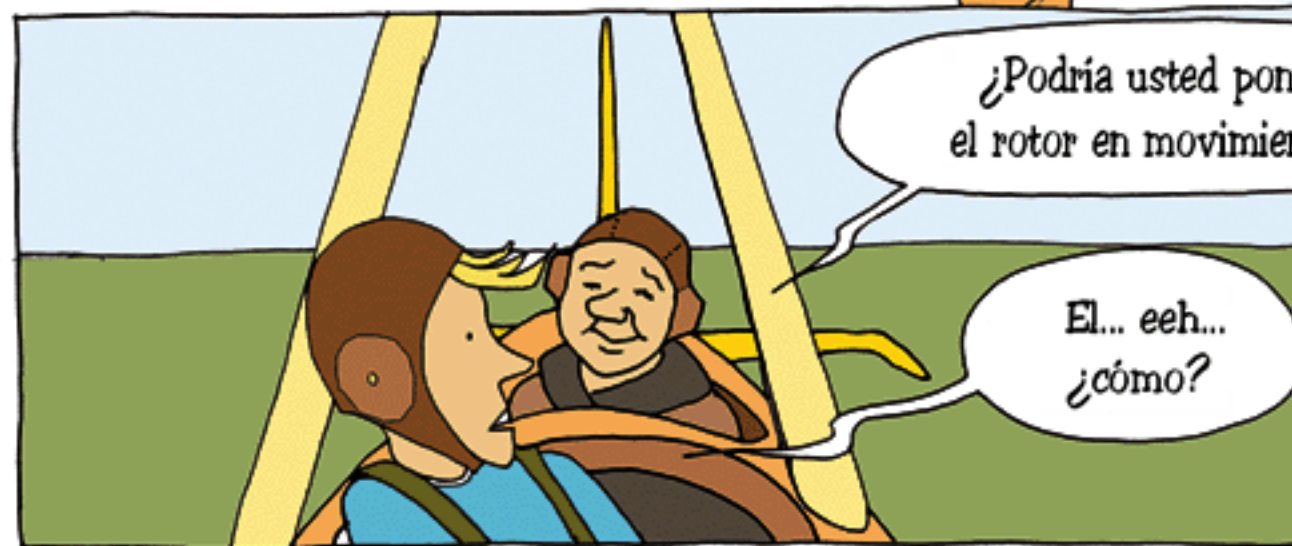
Tiene cuatro.
¿Acaso no le bastan?



¿Cómo llama usted a este aparato?

Autogiro.
¿Quiere probarlo?

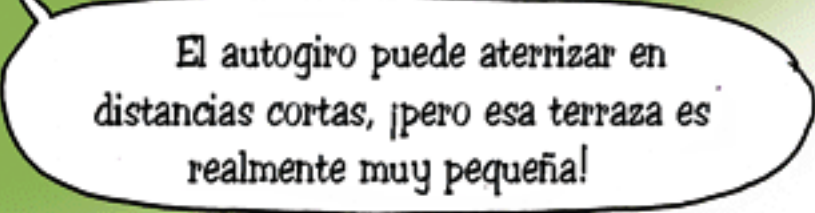
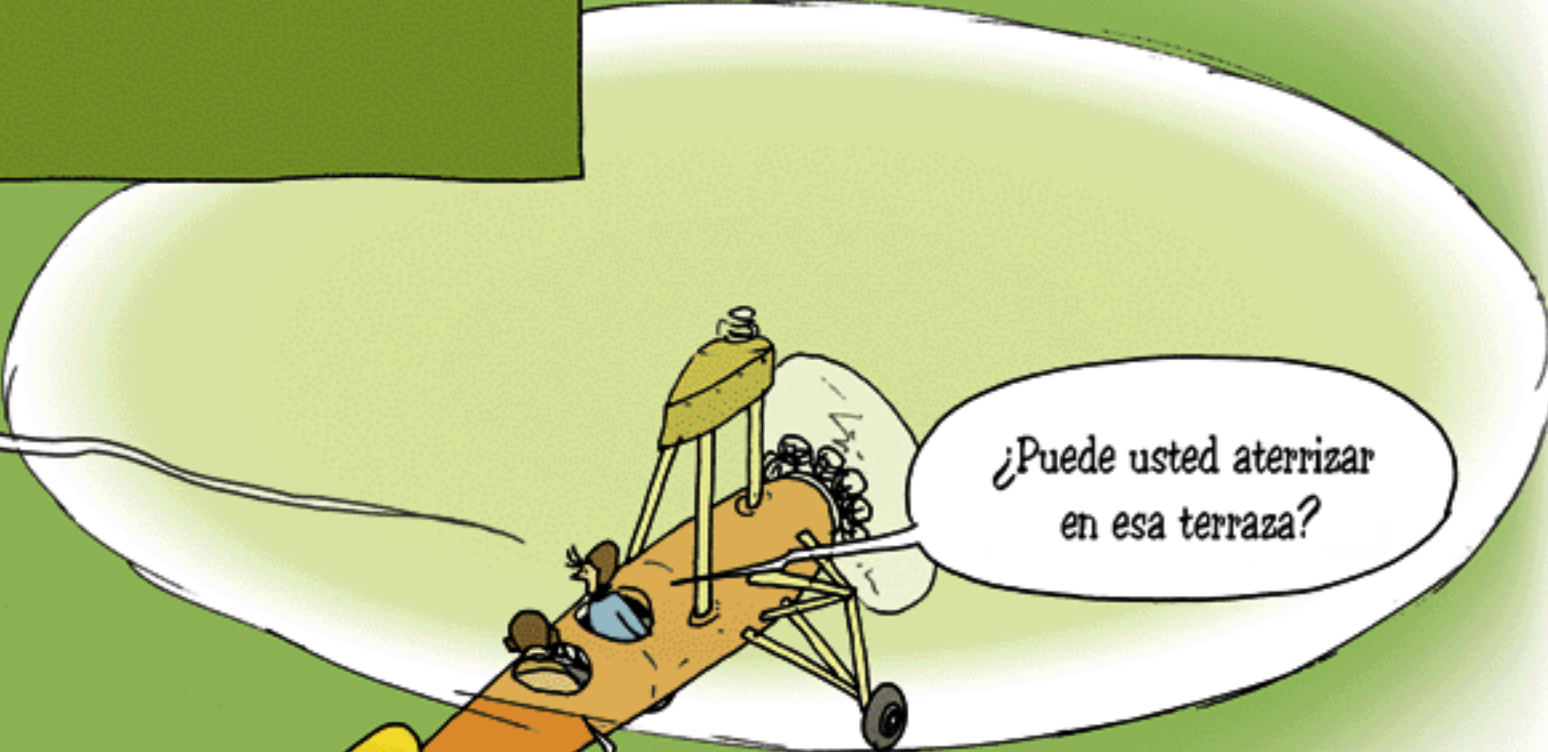
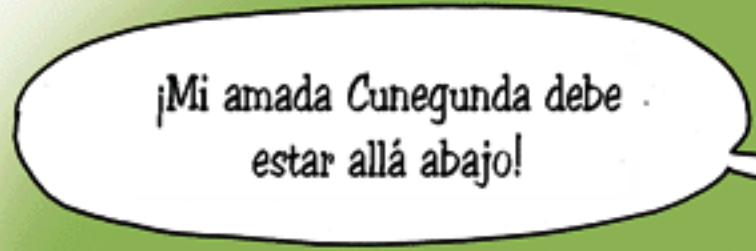
Quiere decir que soy yo quien va a garantizar nuestra sustentación... ¿con la mano?




¿Podría usted poner el rotor en movimiento?

El... eeh...
¿cómo?


No...



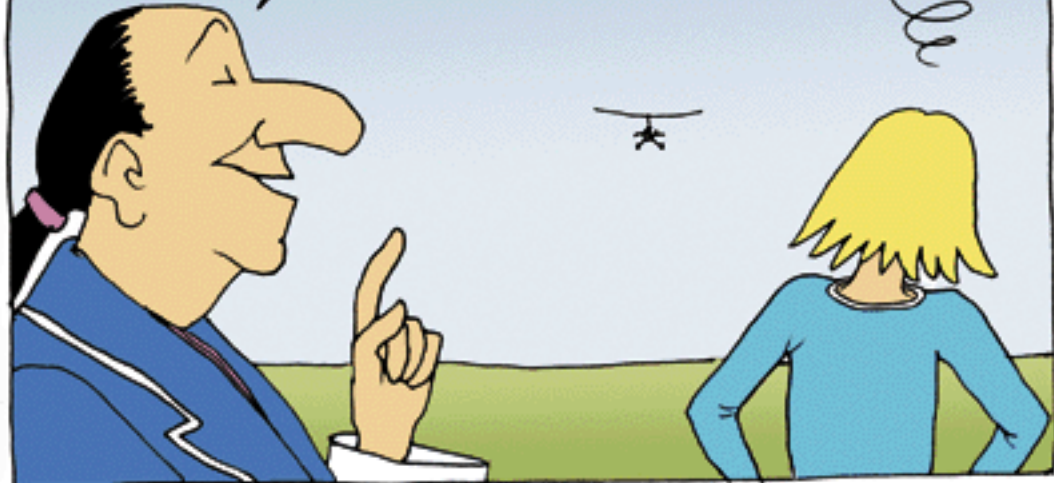


Ah, maestro Pangloss, he sobrevolado el castillo y la torre donde se encuentra prisionera Cunegunda. Y lo hice a bordo de la fantástica máquina voladora del señor de la Cierva

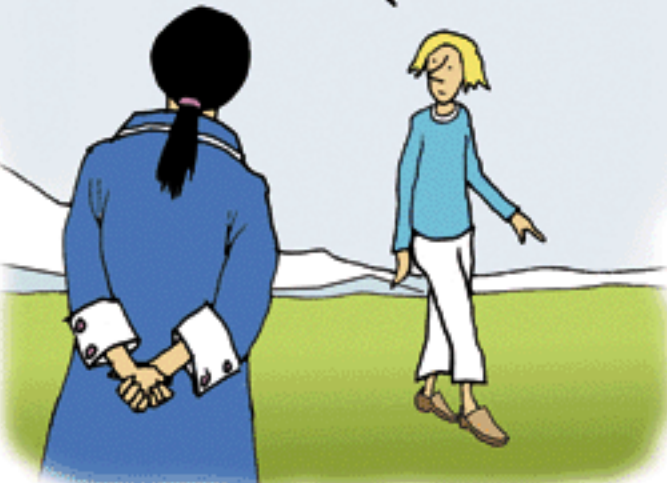
¿Te refieres al que está despegando allá a lo lejos?



¡Maldición! Se lleva consigo todos sus secretos. ¿Cuál es la fuerza misteriosa que hace girar su rotor?



La explicación es muy simple: un rotor está hecho para girar. Por lo tanto, está dotado de una virtud giratoria y gira. No hay efecto posible sin causa

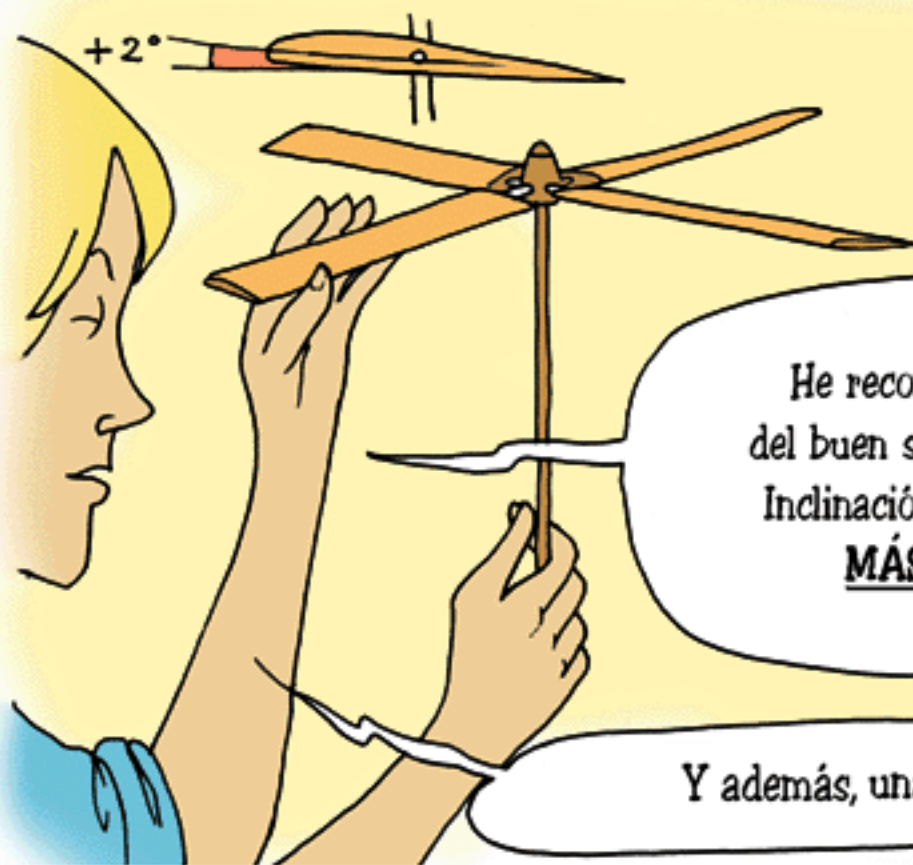


Vuestro razonamiento es impecable, maestro, pero me gustaría saber un poco más...



¿Qué hace Cándido?

Creo que va a reconstruir la maquinaria con la que el señor de la Cierva descubrió la razón suficiente del asombroso fenómeno



He reconstruido el rotor del buen señor de la Cierva. Inclinación de las palas = **MÁS** dos grados



¡La pala queda muy bien fija, **CON ÁNGULO POSITIVO** en relación al flujo de aire!

Y además, una estructura vertical, una rejilla de protección y un emisor de humo



Ahora envío un flujo de aire ascendente

El rotor no gira. Simplemente crea una fuerte turbulencia en la estela



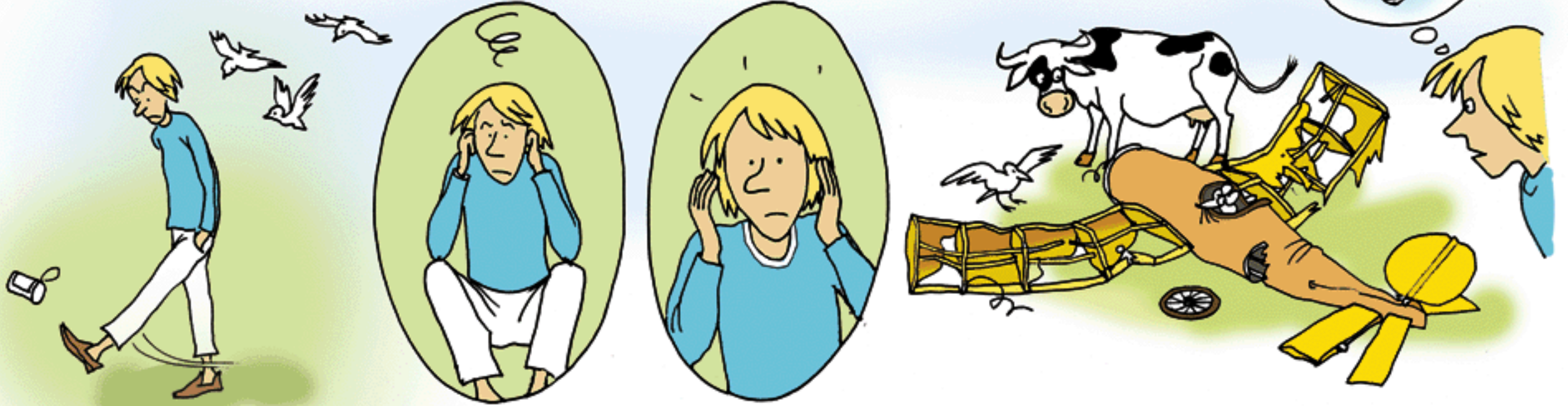
Ahora pongo el rotor en rotación



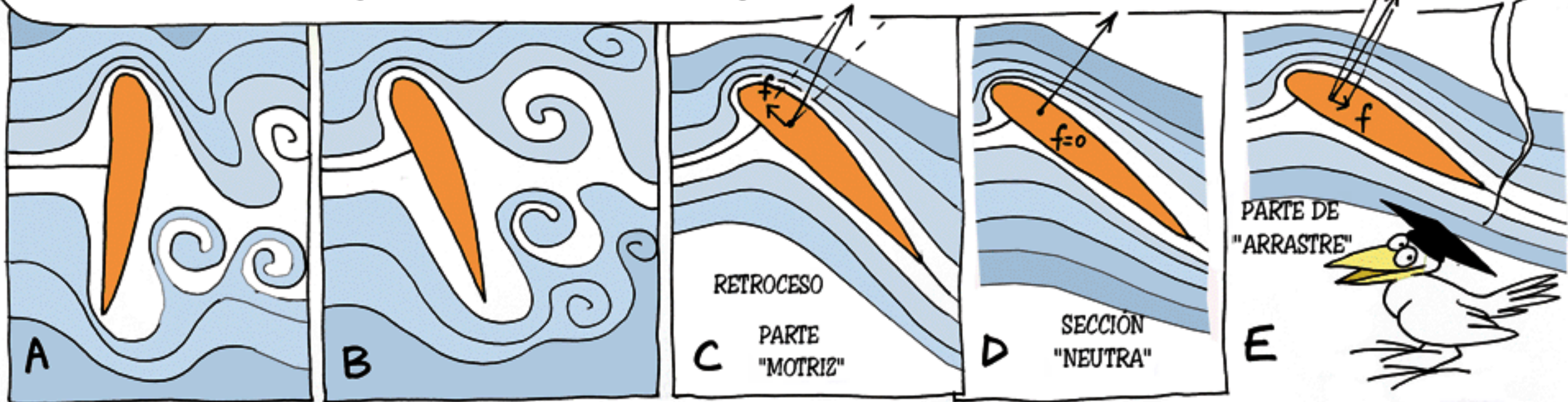
Y ahí está, el rotor gira solo. ¡No hay quien lo entienda!

Es... ¡magia pura!

AUTORROTACIÓN



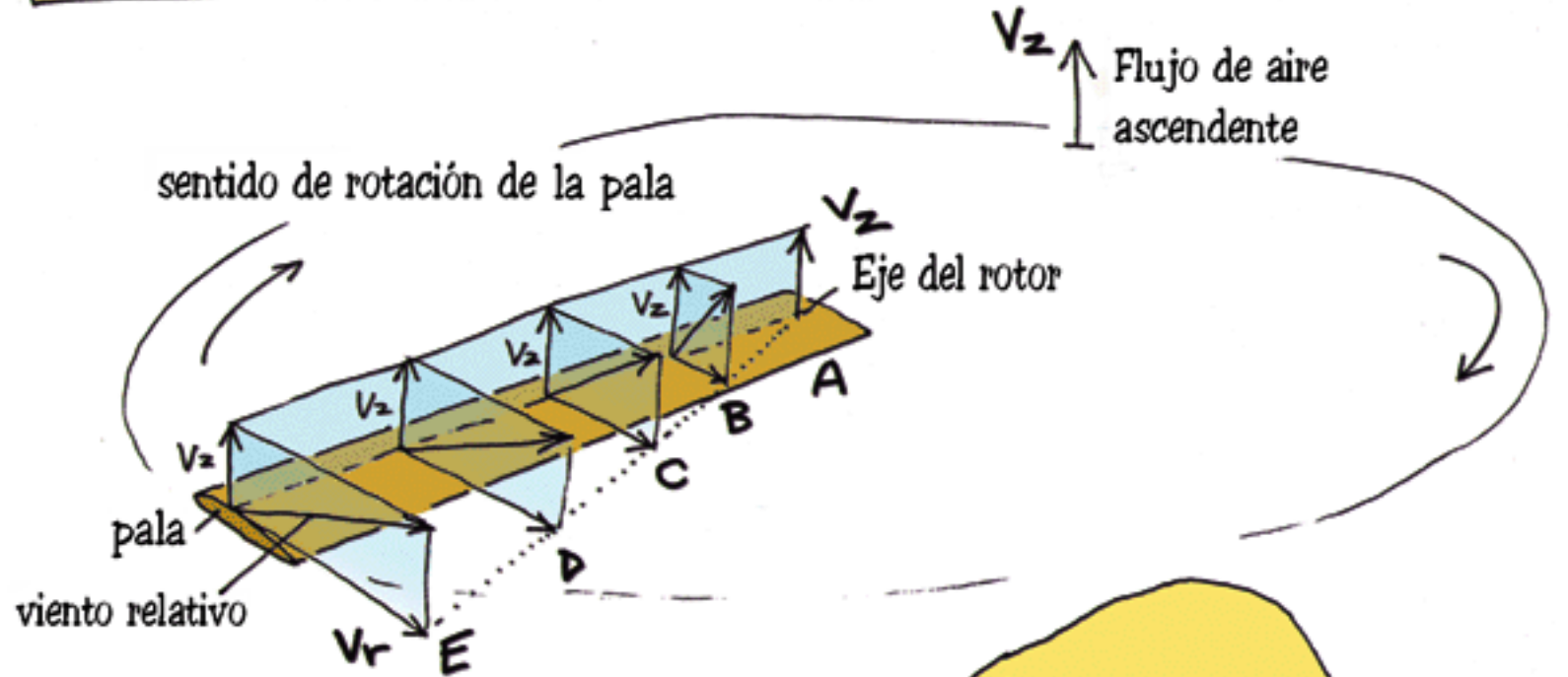
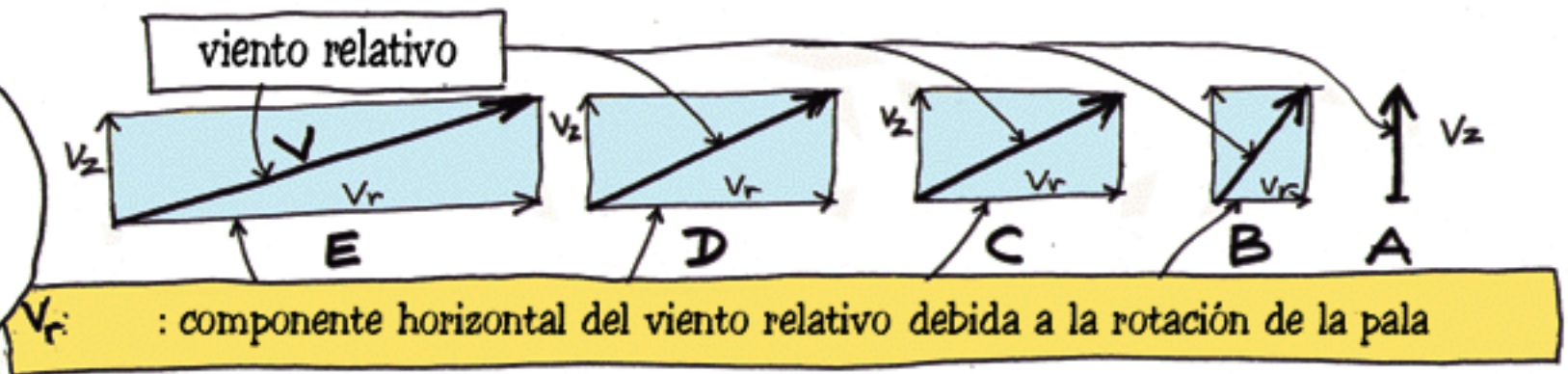
Cuando la incidencia de la pala disminuye en relación a la dirección del **VIENTO RELATIVO**, el flujo retorna (figura C)
La fuerza aerodinámica (componente f) tiende a arrastrar la pala. En D esta fuerza se anula, y luego se invierte en E.
Entonces la componente f frena el movimiento de la pala



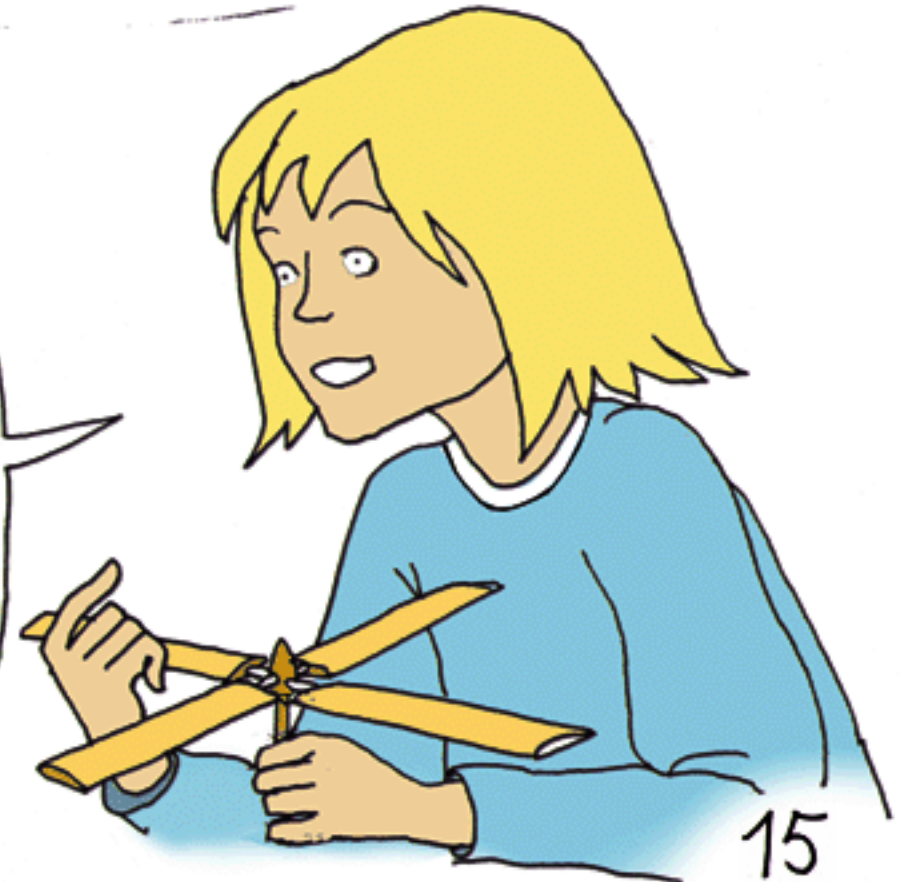
Entiendo, mi querido Cándido.
 ¿Pero de dónde viene el cambio de dirección
 de eso que llamas el **VIENTO RELATIVO**?



La velocidad del rotor
 se combina con la
 velocidad que resulta de
 la rotación de la pala



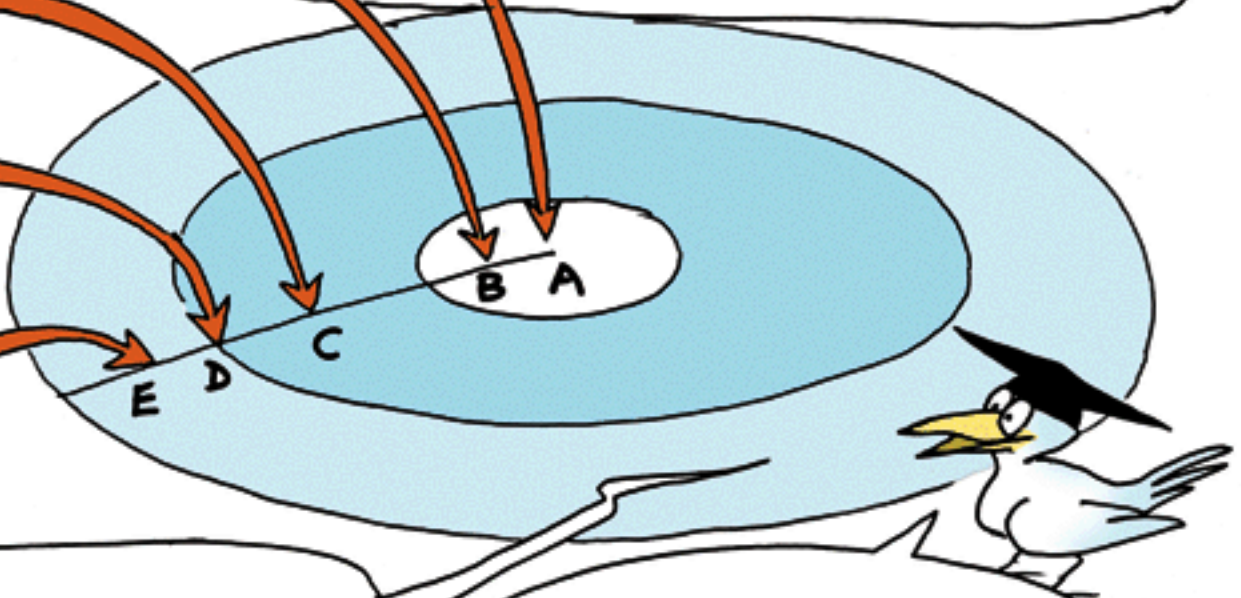
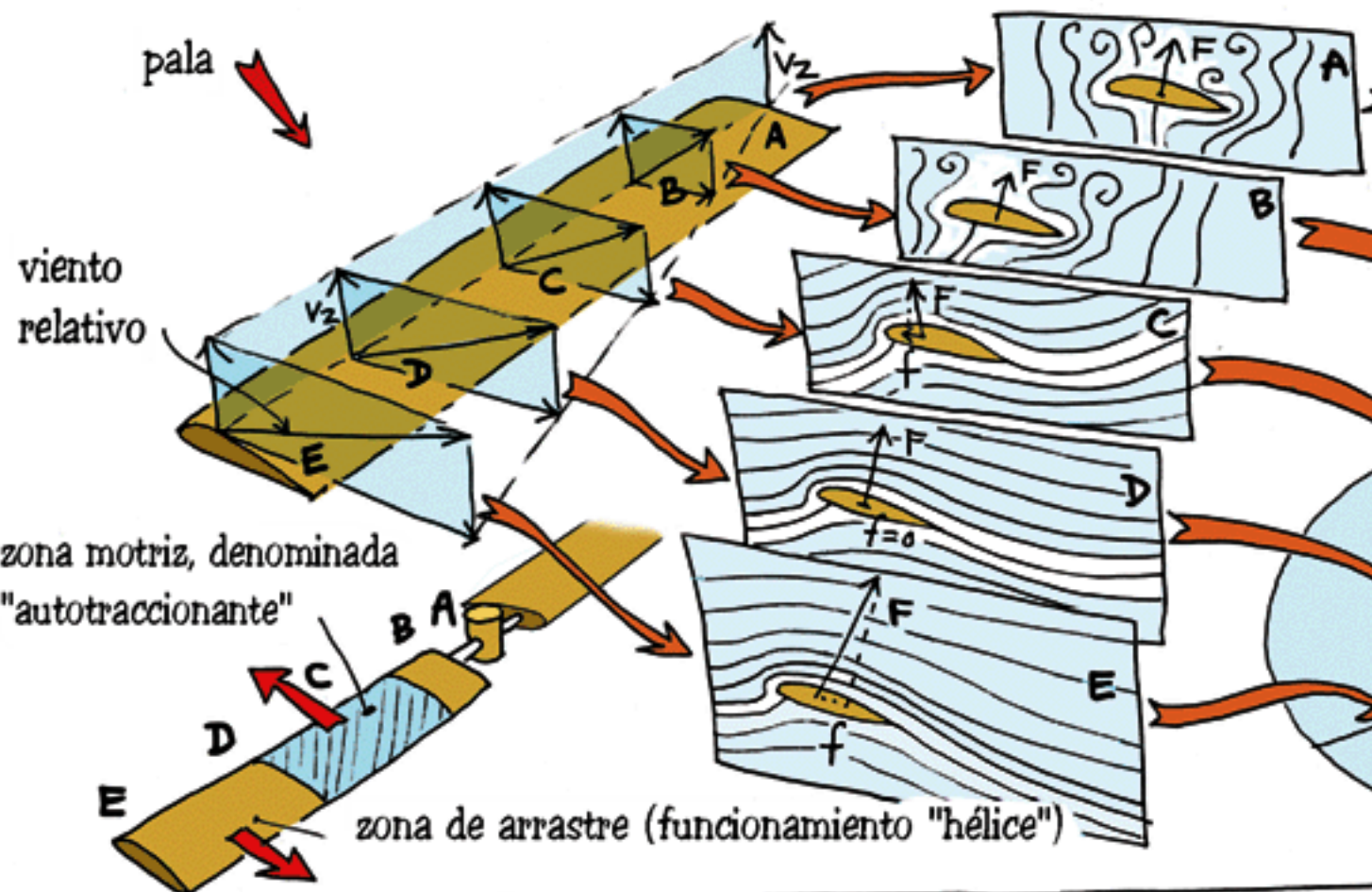
El rotor está inmerso en un flujo de aire ascendente que corresponde a una velocidad V_z . Esta se combina con la velocidad inducida por el movimiento de rotación de la pala, V_r , velocidad que es proporcional a la distancia al eje. La resultante es el **VIENTO RELATIVO**, que incide más y más sobre la pala a medida que nos alejamos del eje. Al mismo tiempo, el módulo de esta velocidad aumenta desde el eje hacia la periferia



Según la forma en que este **VIENTO RELATIVO** incide en la pala, se obtienen flujos muy diferentes. Para visualizarlos, he adaptado un tubo delgado que emite humo, solidario con la pala de rotación. Y miren los resultados que he obtenido

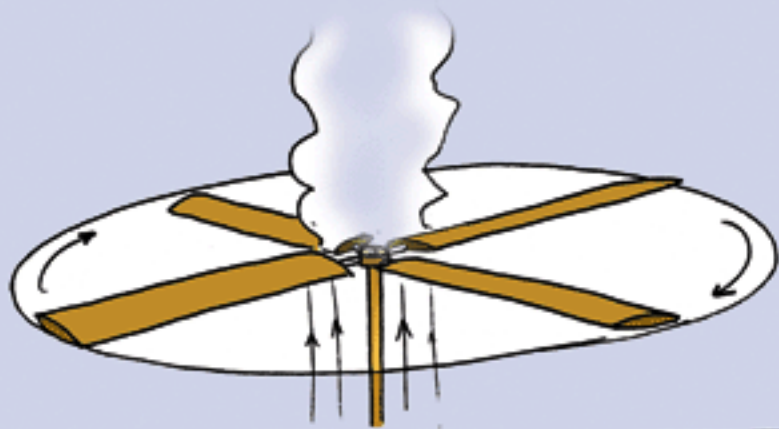


En **A** y en **B** el flujo se "pierde". La pala crea una fuerte turbulencia. En **C** el flujo retorna ante el perfil. La fuerza aerodinámica tiende a arrastrar la pala hacia adelante (zona motriz, "autorrotatoria", gris)

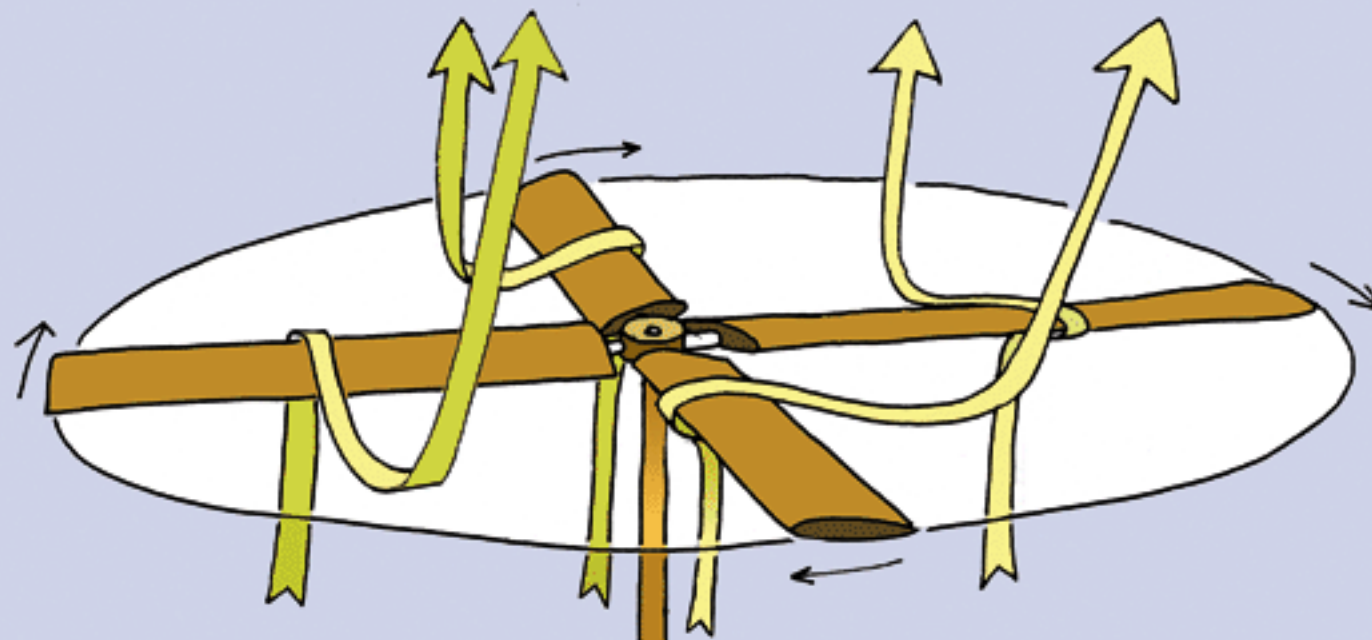


En **E**, la fuerza aerodinámica, también dirigida hacia arriba, tiende a frenar el movimiento de la pala. La figura **D** representa la situación límite, cuando $f=0$. En este régimen de **AUTORROTACIÓN** la porción sombreada de la pala es motriz, mientras que su extremo "se hace arrastrar". Se establece así un régimen **AUTOESTABLE**

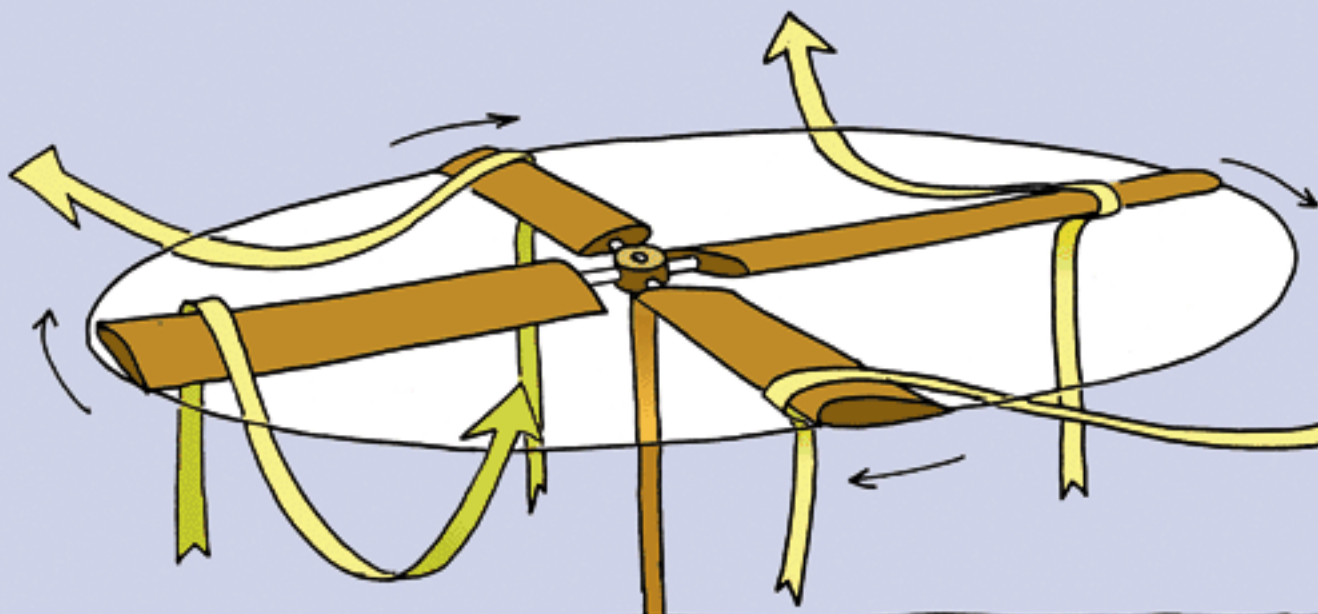
Todo eso es lo que ensayó Juan de la Cierva con su maquinaria



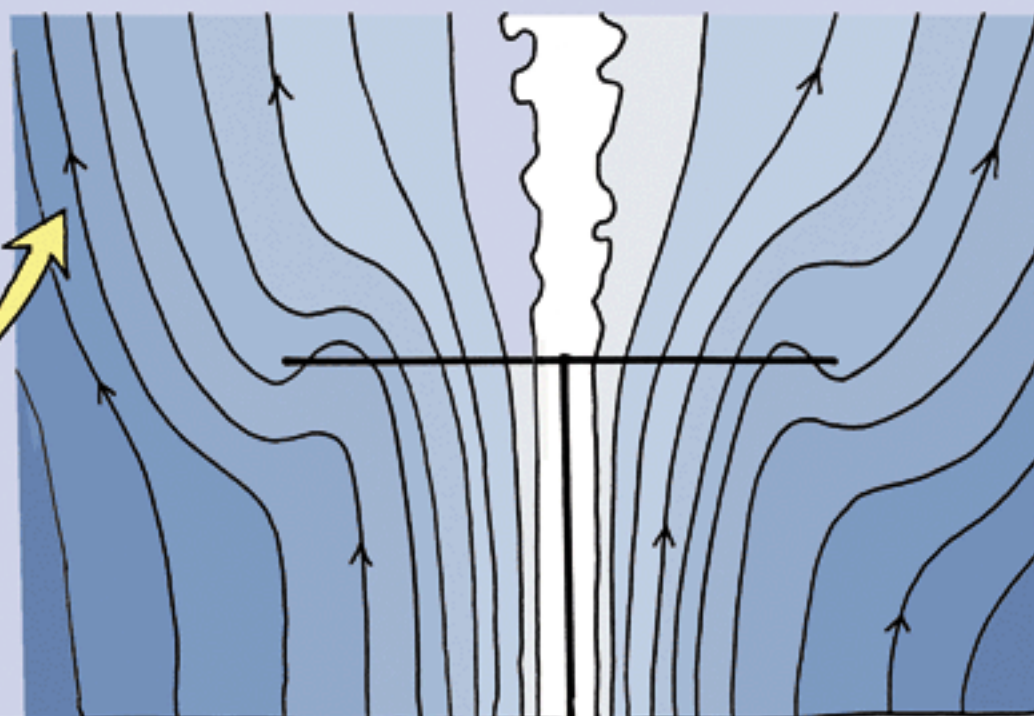
Por encima de la parte central
el flujo se "pierde" y se forma
una estela fuertemente turbulenta



Aquí, el flujo retorna en el perfil de las palas



En la periferia, el impulso comunicado a la masa de aire, dirigido
hacia abajo (**VELOCIDAD INDUCIDA**) es suficiente para que
este aire regrese por fuera del disco barrido por el rotor



Lo que confiere al flujo global
la extraña apariencia que se observa aquí arriba

Mira, maestro Pangloss, lanzo esta pequeña maqueta desde aquí arriba después de comunicarle un impulso mínimo



lastre

Mínimo... ¿con respecto a qué?

Para conseguir que la parte periférica del rotor gire lo suficientemente rápido para que el flujo "retorne". Entonces se convierte en motriz y la rotación se acelera

zona turbulenta (el flujo se "pierde")



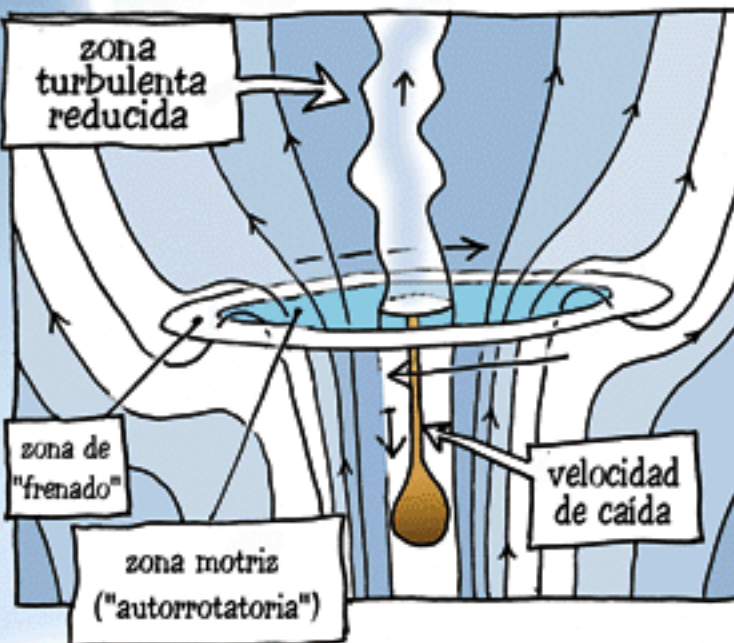
La porción periférica de las palas se vuelve motriz

zona turbulenta reducida

zona de "frenado"

zona motriz ("autorrotatoria")

velocidad de caída



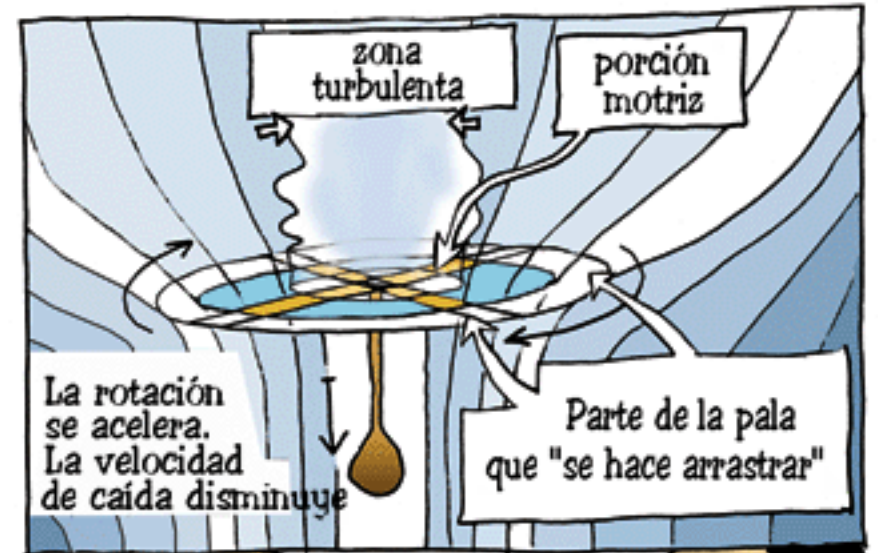
La zona de flujo turbulento (por "arrastre") se reduce a medida que la rotación se vuelve más y más rápida. Aparece entonces en el extremo de la pala una zona "de arrastre"

zona turbulenta

porción motriz

La rotación se acelera. La velocidad de caída disminuye

Parte de la pala que "se hace arrastrar"



La velocidad de rotación se estabiliza cuando los dos pares se equilibran. Entonces el régimen de autorrotación queda plenamente establecido y la velocidad de descenso es mínima

Obtendríamos un flujo similar si soltáramos un disco que no gira pero lleno de perforaciones cuyo diámetro decrece del centro hacia la periferia, lo cual crea zonas de diferente porosidad.

La Dirección

agujeros grandes: paso de aire fuertemente turbulento

lastre

este disco no gira

zona "porosa"

sin agujeros: el fluido bordea el disco

¿Qué habría pasado si no le hubieras dado un impulso de rotación suficiente al comienzo?

La velocidad en el extremo de las palas no habría sido suficiente para que el flujo "retornara" sobre el perfil. Por lo tanto, no habría habido fuerza motriz, ni instauración de un régimen de autorrotación: ¡la maqueta habría caído como una piedra!

Por un instante llegué a pensar que este dispositivo le habría permitido a la señorita Cunegunda conseguir su evasión. Pero más bien creo que se habría roto todos los huesos

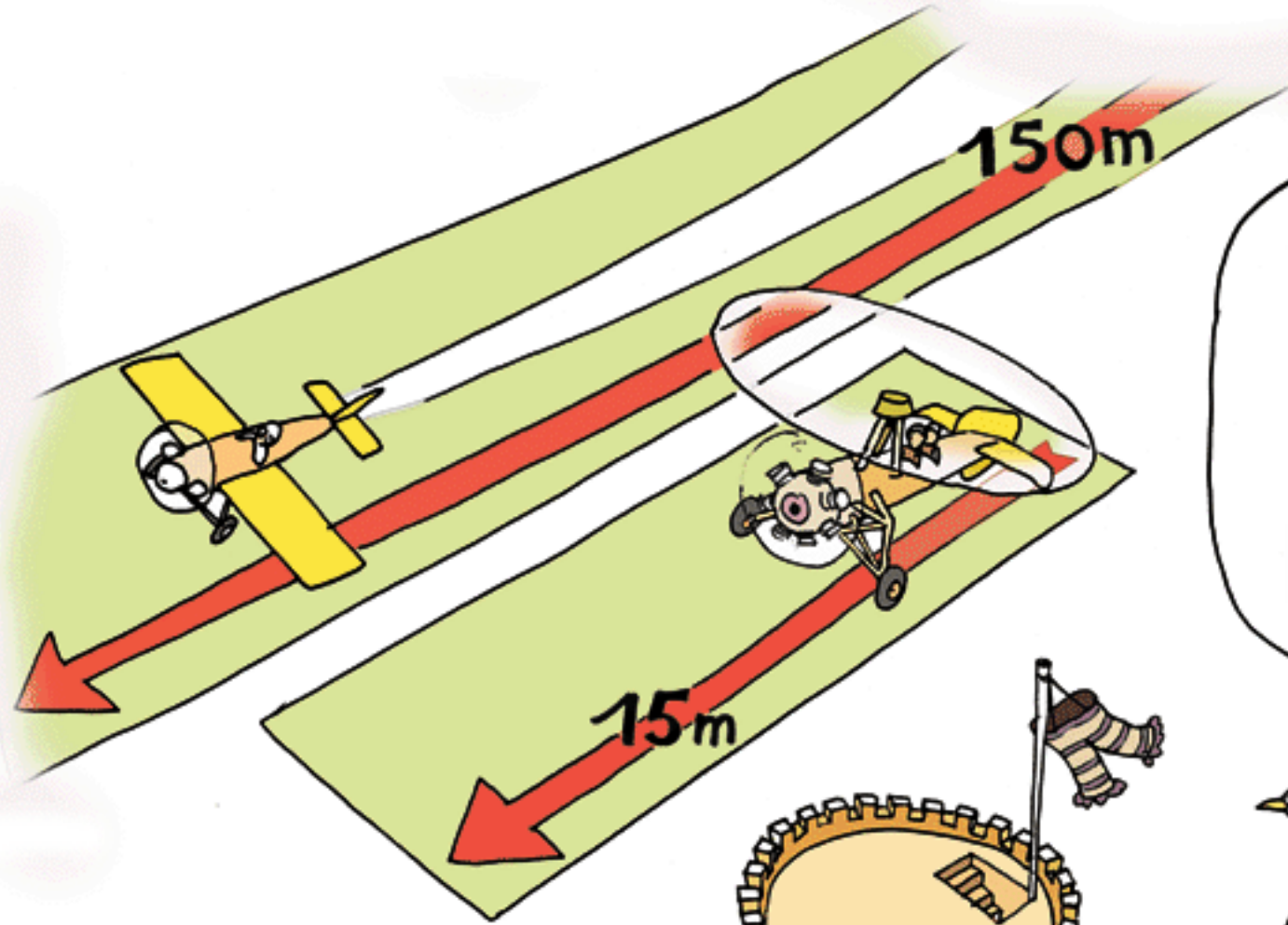
¿Y el autogiro?

Y sin embargo gira (*)

Ahora que el misterio de la autorrotación de su rotor ha sido resuelto, sólo queda por añadir un poco de oblicuidad. El rotor se comporta como un disco con porosidad decreciente, del centro hacia la periferia

En resumen, el autogiro tiene un cierto parentesco con una cometa cuya tela tuviera una porosidad decreciente desde el centro hacia el borde, con un gran agujero en medio por el cual pasa aire turbulento.

(*) Eppur si muove (Galileo)



Resumamos: el aeroplano requiere de 150 metros para aterrizar. El autogiro se contenta con 15 metros. Pero la terraza de la torre es tan estrecha que, para poder aterrizar allí, haría falta en realidad un descenso vertical. ¿Qué máquina voladora puede realizar una proeza semejante?



Si hay una solución, con seguridad no es ésta

