FÍSICA DE TODOS LOS DÍAS: ZAMBULLIRSE EN DÓLARES

Posted on 27 mayo, 2016 by Franco Bagnoli



En la historieta de Don Rosa "Cash Flow", los dólares de Tío Rico McPato se habían quedado sin fricción (imediante un rayo fantástico!) y, por tanto, se comportaban como un líquido.

Category: Ciencia

Tag: Ciencias Exactas

En la historieta de Don Rosa "Cash Flow", los dólares de Tío Rico McPato se habían quedado sin fricción (imediante un rayo fantástico!) y, por tanto, se comportaban como un líquido.





Figura 1. Escena de “Cash Flow”

Pero, ¿qué hacen en realidad los dólares? Sabemos que se comportan en general como sistemas granulares; son sólidos para baja energía y se convierten en líquidos a alta energía. Pensemos en cuando intentamos verter azúcar, arroz o café en polvo de un recipiente a otro. Sabemos por experiencia que si tratamos de verterlos como si fuesen líquidos, se produce un ipatatrack! Al principio actúan como sólidos, después, cuando la inclinación es suficiente, se convierten de repente en líquidos y originan una avalancha.



Figura 2.

Estas avalanchas son muy peligrosos para los buques que transportan grano: la carga de improviso puede moverse haciendo que se hunda la nave. Los barcos modernos que se dedican al transporte de materiales granulares tienen generalmente bodegas que se “autoestiban” convenientemente (en sección trapezoidal), o la carga debe separarse mediante tabiques, o empaquetarse y anclarse fuertemente con cuñas.

Se observa el mismo efecto cuando se amontona arena en la playa: la arena que cae está en fase líquida y “gotea” sobre el montón, solidificándose.

En efecto, si miramos con atención el flujo, por ejemplo usando arena de varios colores (como la que se vende entre dos láminas de vidrio), se distinguen varias fases.

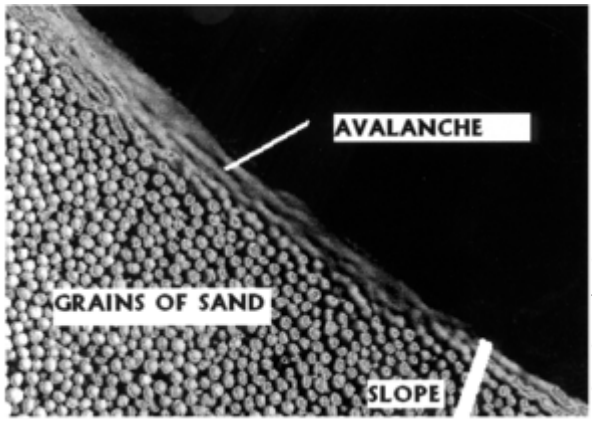

Figura 4.



Figura 3.

Los materiales granulares tienen también otras características que los distinguen de los líquidos. En un líquido rige la ley de Stevin (1548-1620) por la cual la presión crece

linealmente con la profundidad. En cambio, en un material granular la presión enseguida deja de depender de la profundidad. O, expresado de otra manera, se puede decir que la presión en la parte inferior no depende de la altura del material, salvo para pequeñas alturas.

Esto se ve muy bien en los relojes de arena: el flujo de arena en este instrumento no depende de la cantidad de arena que contiene, al contrario de lo que sucede para una clepsidra.

Evidentemente, no es que el material granular deje de pesar, sino simplemente que su peso se distribuye por las paredes a causa del mecanismo de formación de arcos.



Figura 5. Reloj de arena.

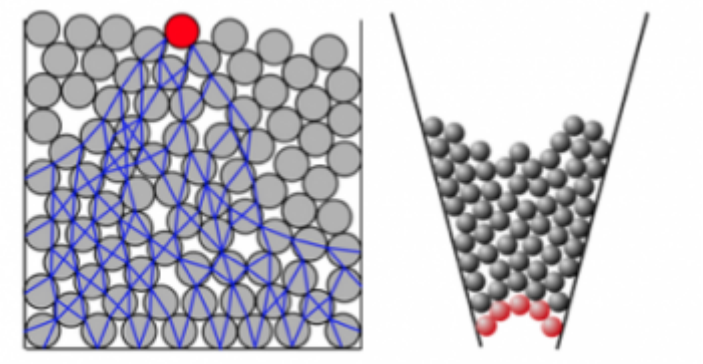

Figura 6.
(a) Cadena de transmisión del estrés (nótese

cómo algunas cadenas terminan en el borde)
(b) Formación de arcos. de
http://en.wikipedia.org/wiki/Granular_materia
l

La formación de arcos es la razón por la que las pilas de azúcar, arena o cualquier otro material granular son estables: el peso se distribuye por la parte inferior.

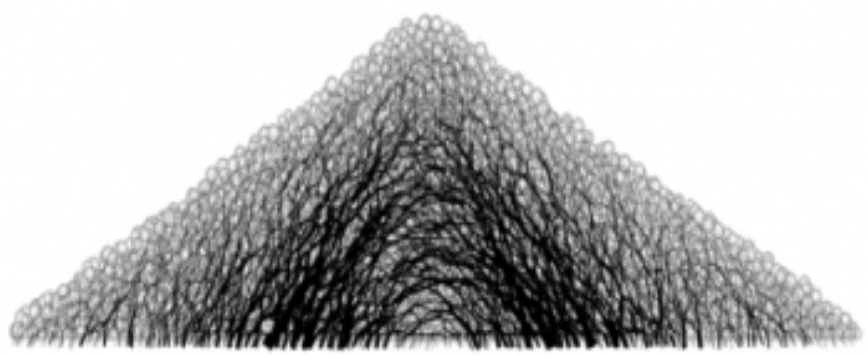

Figura 7. Cadenas de fuerzas en un modelo discreto de pilas de arena .

Pero los arcos puedes causar la rotura de silos



Figura 8. Rotura de un silo

y quizá es uno de los motivos por los cuales el depósito de Rico McPato tiene las paredes espesas (de casi 3 metros).

Pero este efecto es también lo que salva al pato Donald. En la aventura "Money Pit" , Donald va a la caza de monedas raras, y dado que el Tío Rico ha acumulado su dinero vertiéndolo en el depósito sin remover nunca las monedas, las más antiguas se encuentran cerca del fondo. Donald excava, por tanto, un pozo en el dinero, utilizando exactamente la propiedad de los medios granulares de formar pilas con una pendiente característica.

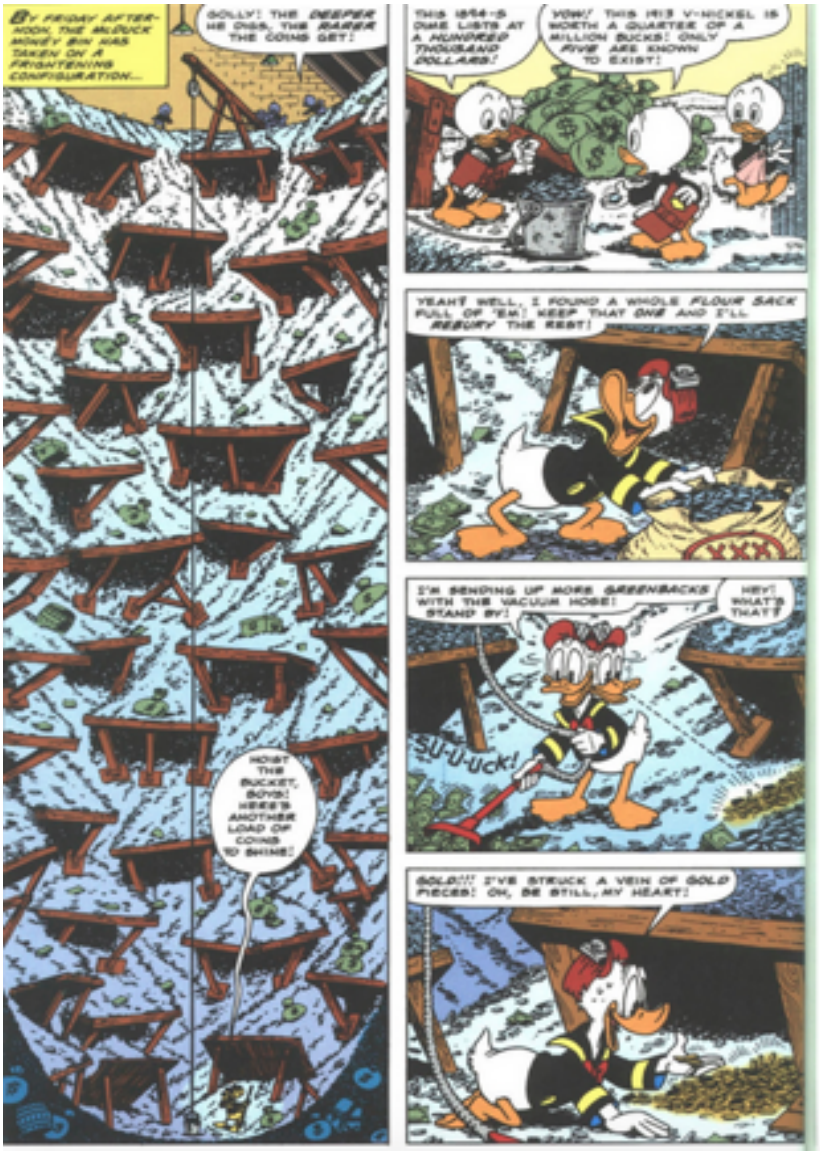

Figura 9.
http://www.zocoi.com/books/151-donald-duck-the-money-pit

Obviamente el Pato causa una avalancha, y queda enterrado bajo las monedas.

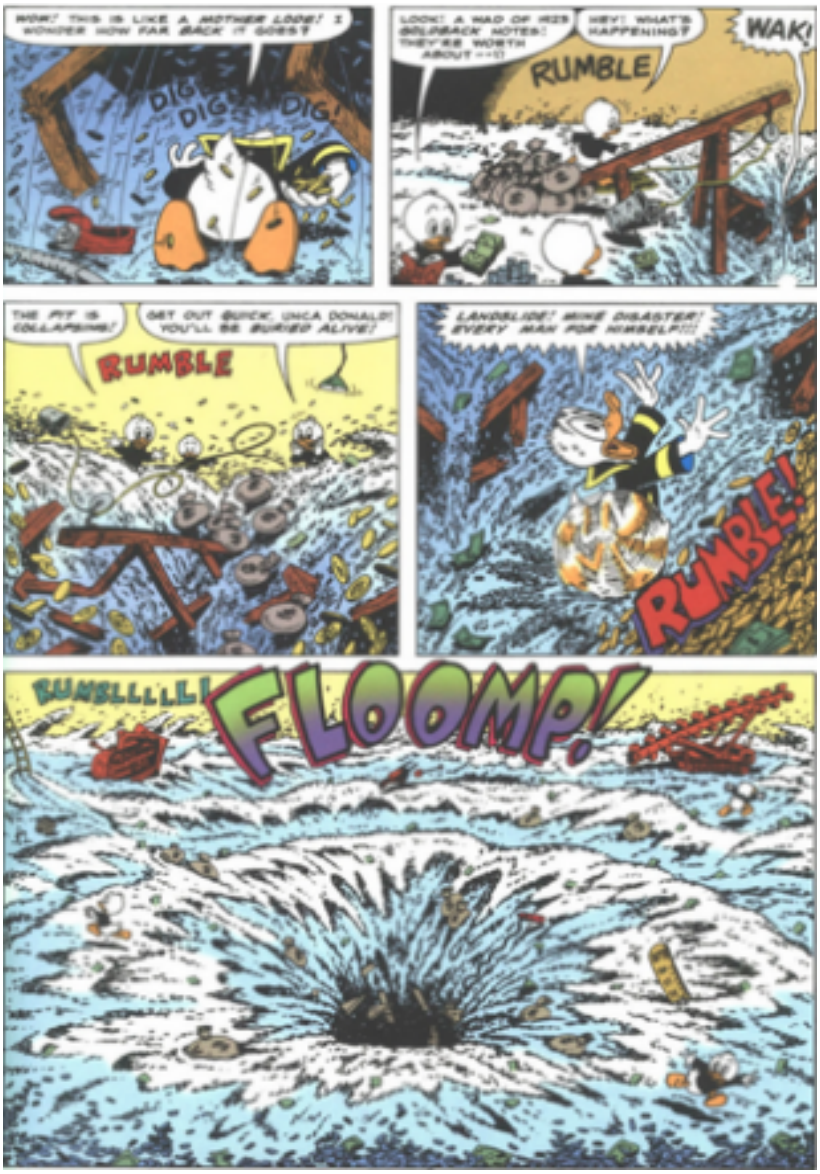

Figura 10.
http://www.zocoi.com/books/151-donald-duck-the-money-pit

Por fortuna las monedas no obedecen las leyes de Stevin, de otro modo Donald habría muerto bajo tanta presión. Calculemos lo que habría sucedido con un líquido. Las monedas están hechas de cobre, pero la densidad efectiva es aproximadamente la mitad, considerando los espacios vacíos, quiere decir 4,5 veces la del agua, 4500 kg/m^3.

La ley de Stevin da la presión a la profundidad z: $P = P_0 + \rho g z$, donde P_0 es la presión atmosférica $P_0 = 10^5$ Pa. Introduciendo los demás datos, para una profundidad de 20 m (el nivel de

altura que alcanza el dinero en el depósito de McPato es convencionalmente de 99 pies, aunque Donald no llegó hasta el fondo), si se produce una presión de cerca de 10 atmósferas (10^6 Pa), sería equivalente a descender a 100 metros bajo el agua. El problema es que para descender a 100 metros se compensa la presión externa con la presión del aire en los botellas de buceo, lo que permite abrir los pulmones y respirar, en este caso no hay ninguna ayuda.

La capacidad de aspirar del diafragma y de los músculos intercostales es aproximadamente de 80 cm de agua. Esto quiere decir que la clásica imagen de alguien que se esconde bajo el agua respirando a través de una paja es imposible: basta la pequeña presión del agua para impedir la respiración.

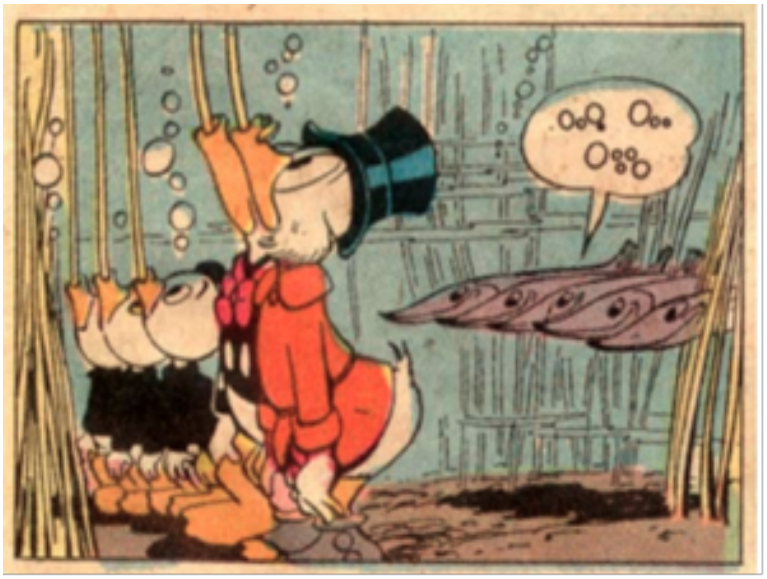

Figura 11.
Don Rosa (2007) Land of Pygmy Indians

Por fortuna para Donald, la formación de arcos permite la supervivencia (como puede suceder bajo avalanchas o en los derrumbes). C^2

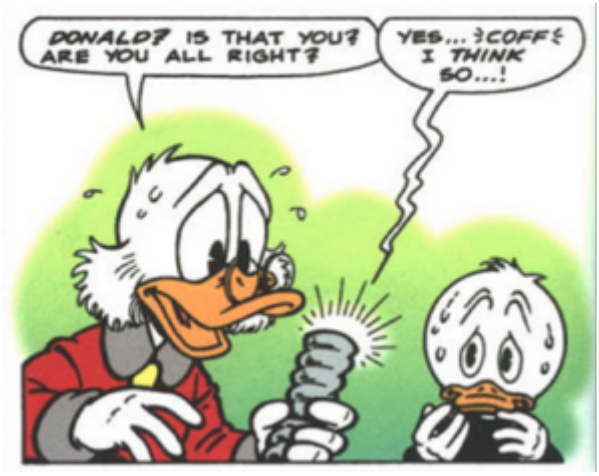

Figura 12.

Referencias

Keno Don Rosa, “Cash Flow” (1987) http://coa.inducks.org/story.php?c=AR+106

http://www-personal.umich.edu/~rlmich/research/projects/arching.html

Keno Don Rosa (1990) “The money pit”, (La mina de dinero) http://coa.inducks.org/story.php?c=KD+0190. Se puede leer online aquí http://www.zocoi.com/books/151-donald-duck-the-money-pit.