

# Policías Acostados

Bernardo S. Mendoza  
Centro de Investigaciones en Óptica,  
León, Guanajuato

W. Luis Mochán  
Instituto de Ciencias Físicas, UNAM  
Miembro de la Academia de Ciencias  
de Morelos

---¡Qué ingeniosos!

---¿A qué te refieres?

---En casi ningún otro lugar del mundo controlan los límites de velocidad como en México. En lugar de dar educación vial y cívica a los automovilistas y pagar a agentes de tránsito para que detengan y multen a quienes manejen imprudentemente, simplemente hacen calles y carreteras en las que es imposible manejar a exceso de velocidad.

---¿Cómo?

---Poniendo topes que obligan a todos los vehículos a hacer alto total. Es como tener la ciudad llena de policías pero pasivos, dormidos; la gente frena sólo de verlos. En México deberían llamarlos como en Colombia, *policías acostados* en lugar de topes. Con ellos, se ahorran el salario de muchos agentes.

---Sí, algo se ahorra, pero ¿sabes cuánto cuesta en verdad un tope?

---No, pero es fácil de estimar. Una carretera mide, digamos, veinte metros de ancho. Un tope tiene una sección triangular de alrededor de un metro de base y veinte centímetros de altura, cuya área, base por altura dividida entre dos, sería de 1000 centímetros cuadrados, que multiplicados por el ancho de la carretera daría un volumen de 2 metros cúbicos. Necesitarías entonces 1.7 metros cúbicos de piedra, 290 litros de arena y 90 litros de cemento; quizás un poco más. Además, se requerirían 40 metros lineales de varilla. Como el bulto de cemento cuesta alrededor de...

---No, no, no. No me refiero a eso.

---Claro. Hay que sumar también la mano de obra.

---Sí, pero tampoco me refiero a ésa. Estás estimando el costo de inversión para construir un tope, pero hay un costo mucho mayor y que no suele tomarse en cuenta.

---Entonces te has de referir al daño que pasar sobre topes provoca a los coches (ver figura 1). Cada año se envían al taller...

---Cierto. Los topes le cuestan mucho a la ciudadanía en reparaciones mecánicas por suspensiones rotas y por golpes al chasis, pero hay otro costo oculto.

---¡Ya sé! Pasar topes sujeta al cuerpo humano a esfuerzos de compresión que se resienten en la espalda. El número de operaciones de columna vertebral es...

---Sí, muchas personas de salud delicada sufren cada vez que pasan encima de un tope. Además de inducir problemas al sistema óseo, se han reportado desprendimientos de retina. Pero yo quería señalar un costo que atañe incluso a quienes no viajan en vehículos.

---¿Será entonces a que los topes no discriminan? Obligan a frenar a todos por igual, aunque sean policías, bomberos o ambulancias atendiendo emergencias...

---Claro, podríamos decir que los topes son grandes democratizadores. Igual hacen frenar al transporte público que al privado, no distingue entre etnias, creencias, nivel social ni económico. En verdad, no debe haber nada más frustrante para un socorrista a bordo de una ambulancia que no poder atender oportunamente a un herido por haber tenido que detenerse en múltiples topes. Todos los que has mencionado son costos sociales reales de los topes, pero yo quisiera hablar de otro más.

---Será el tiempo perdido en las filas que se forman ante cada tope y su costo laboral o... mejor me rindo. ¿A qué costo te refieres?

---Al costo *energético*; a la energía que gastamos inútilmente por pretender controlar la velocidad con topes.

---Se habla mucho de *energía*, pero, ¿qué es eso?

---Es algo que se conserva, que no se crea ni se destruye, y que existe en diversas formas entre las cuales se puede transformar.

---Suena demasiado abstracto.

---Podemos entenderlo usando la vieja ley de la palanca enunciada por Arquímedes, la cual se puede ejemplificar imaginando a un niño y a su papá *equilibrados* en un subibaja (ver fig. 2). Nota que el adulto tendría que sentarse más cerca del soporte que el niño, de forma que sus pesos multiplicados por sus respectivas distancias al piso sumen una cantidad que se mantenga constante aún si el columpio se inclinase; el papá bajaría o subiría un poco mientras que su hijo subiría o bajaría mucho más. La *energía potencial gravitacional* (es decir, peso por altura) que perdería uno al bajar sería igual a la que ganaría el otro al subir.

---Pero hablábamos de topes, no de subibajas. Y esa no es la ley de la palanca que yo conocía.

---El principio de equilibrio que acabo de enunciar es equivalente a la ley de la palanca, pero además funciona en todo tipo de *máquinas* como poleas, tornillos, rampas inclinadas, etc. Es un principio *universal* que puede deducirse de la imposibilidad de construir máquinas de movimiento perpetuo. Además de energía potencial gravitacional, hay energía potencial en un resorte comprimido, en un gas bajo presión, en un capacitor eléctrico cargado, en una bobina eléctrica energizada y en los enlaces químicos de las moléculas. Cada una de estas energías está descrita por otra *fórmula*.

---Y ¿qué pasa fuera de equilibrio?

---Por ejemplo, si el adulto se bajara del subibaja, se rompería el equilibrio y la fuerza de gravedad haría que el niño cayera. Al caer perdería altura pero ganaría velocidad, perdería energía potencial pero ganaría una cantidad igual de *energía cinética*, de manera que su energía total se mantendría constante.

---Hmm, energía cinética, ¿qué es eso?

---Es energía asociada al movimiento, la mitad del producto de la masa por el cuadrado de la velocidad.

---Y ¿de dónde salió esa fórmula?

---Esa fórmula es necesaria para

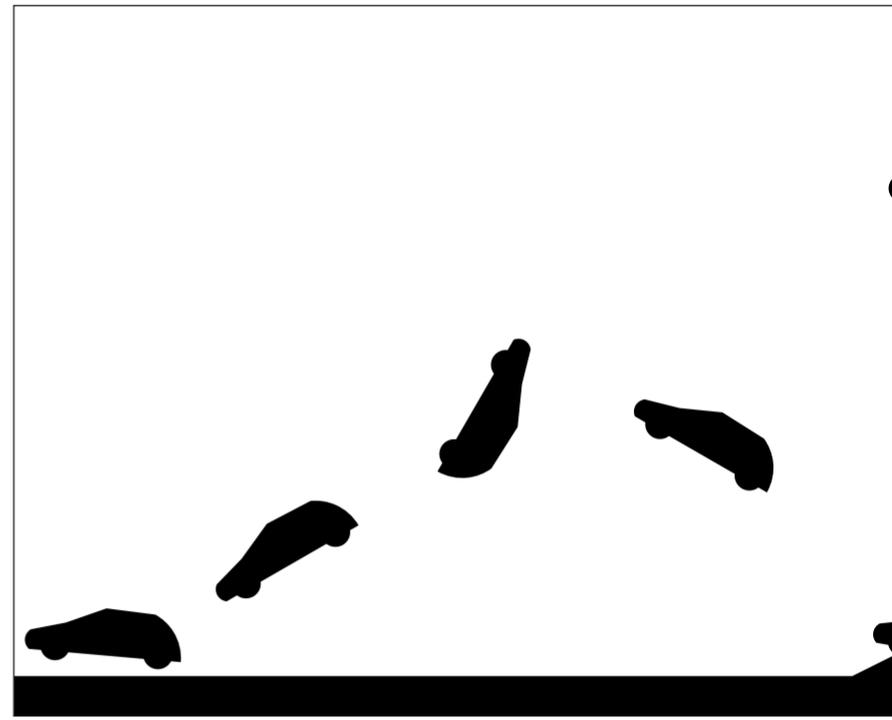


Fig. 1: Ilustración (exagerada) de algunos de los costos de los topes: Pueden producir demoras y tráfico excesivo, además de esfuerzos mecánicos que perjudican a los vehículos y a sus ocupantes. Sin embargo, tienen costos adicionales más sutiles pero más cuantiosos.

que la energía total se conserve mientras el niño cae.

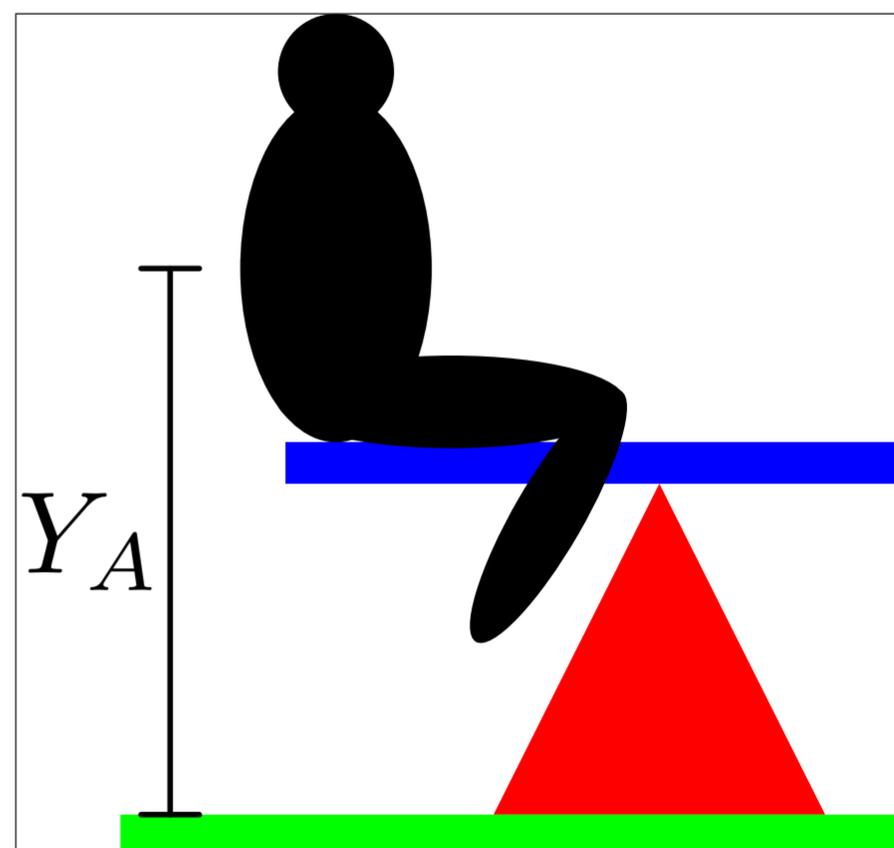
---¡Ah, que trampa! Así, no tiene chiste que la energía se conserve.

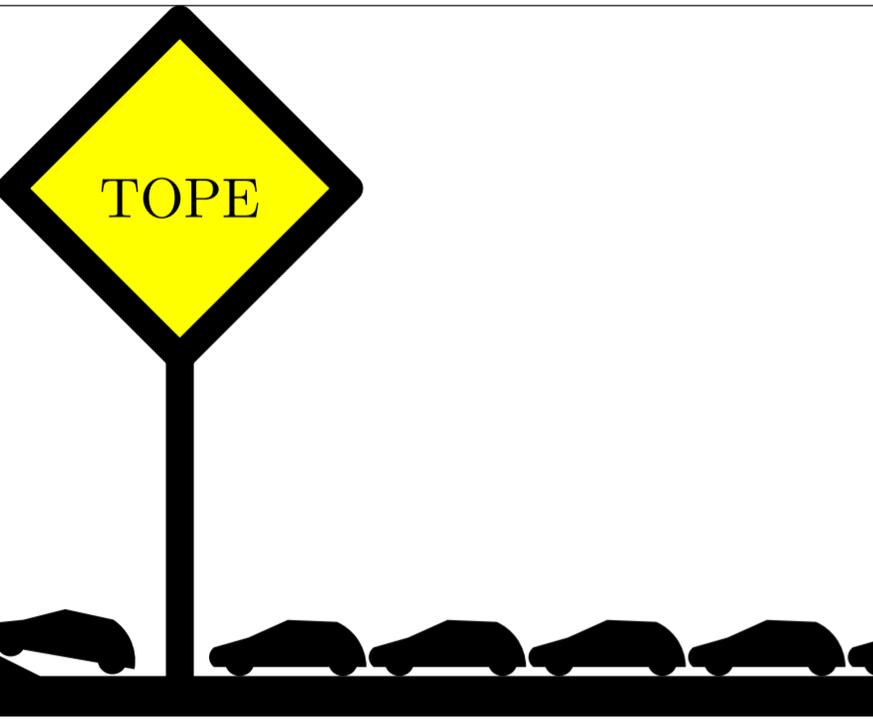
---Sutileza, no trampa. Lo mágico es que la humanidad haya encontrado expresiones matemáticas que nos permitan expresar leyes de conservación como la *ley de conservación de la energía*. Ésta está dada por una suma de términos, energía potencial gravitacional más energía cinética más energía eléctrica más energía química,

etc. Siempre que esta ley ha sido aparentemente violada, hemos hallado un nuevo término que la restaura. Por ejemplo, cuando el niño que habíamos dejado cayéndose llegue al piso, se frenará perdiendo su energía cinética pero sin restaurar su energía potencial...

---violando entonces la ley de conservación de la energía...

---aparentemente. Resulta que su caída produciría finalmente calor, que es otra forma de energía, asociada al movimiento desordenado de las moléculas...





las de su cuerpo y del piso.

---¿Y los topes?

---Cuando un tope obliga a frenar a un vehículo típico de, digamos, una y media toneladas ( $m=1,500\text{Kg}$ ), moviéndose a una velocidad típica de 72 kilómetros por hora ( $v=72 \times 1,000\text{m}/3,600=20\text{m/s}$ ), toda su energía cinética,  $(1,500 \times 20 \times 20 / 2)\text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2=300,000\text{J}=300\text{KJ}$  desaparecería. Las balatas del automóvil convertirían esta energía de movimiento en calor, el cual terminaría eventualmente en la atmósfera perdiendo toda utilidad.

---No entiendo, ¿qué significa 300KJ?

---Trescientos kilo joules; es aproximadamente la energía que contiene media barra de chocolate, la que almacenan 10 baterías alcalinas tamaño C, o la que contienen 10 mililitros de gasolina. Por estos últimos pagarías alrededor de 10 centavos en la gasolinera e impulsarías a tu camioneta a velocidad de cruce unos cien metros.

---No parece ser mucho.

---Para cambiar de perspectiva, considera que corresponde a la energía que necesita un hombre de sesenta kilogramos para escalar una montaña de quinientos metros de altura...

---sin considerar pérdidas.

---Claro, aunque también debes tomar en cuenta las pérdidas en un vehículo. La eficiencia de un motor de combustión interna no supera el 20% y la transmisión y las llantas del vehículo también desperdician mucha energía, así que deberás multiplicar la estimación anterior por un factor de al menos 5 veces y quizás mucho más. Digamos que cada coche que pasa por un tope desperdicia al menos 1.5 millones de joules equivalentes a 50 mililitros de gasolina.

---Aún así no parece mucho...

---hasta que consideras que hay muchos topes y por cada tope pasan muchos coches. Déjame darte un ejemplo. En la carretera que va de Jojutla a Alpuyecaca hay aproximadamente 50 topes, uno cada trescientos metros. En promedio pasa al menos un coche cada 30 segundos por cada uno de ellos, de manera que en un día pasan casi tres mil coches sobre 50 topes, desperdiciando más de 200,000 millones de Joules y 7,000 litros de gasolina, con un costo de más de \$70,000 pesos diarios. Esta energía alcanzaría para mantener prendidos 1.5 millones de focos ahorradores durante cuatro horas al día o mantener andando 3,500 refrigeradores medianos todo el día.

---Vaya. Con la energía que se desperdicia en ese pequeño tramo carretero podrían ali-

mentarse todas las necesidades de energía eléctrica de un pequeño poblado.

---Pero hay más. Al quemar la gasolina que se desperdicia en esa carretera, se arrojan a la atmósfera 6,000 toneladas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) cada año. Éste es uno de los principales gases responsables del calentamiento global a través del efecto invernadero, una de las crisis ecológicas más complejas producidas por la actividad humana. Gobiernos alrededor del orbe han firmado compromisos, incluidos el *Protocolo de Kyoto* y los *Acuerdos de Río de Janeiro* para disminuir sus emisiones contaminantes. Éstos podrían cumplirse parcialmente con sólo eliminar los topes. Además, el gobierno podría obtener dinero en el mercado de créditos de carbono por reducir las emisiones de carbón. Eliminar una tonelada de  $\text{CO}_2$  equivale a un crédito de carbono. Con frecuencia, las industrias contaminantes deben comprar esos créditos de carbono para lograr cumplir los requisitos que les imponen las leyes ecológicas; se les permite contaminar en algunos lugares si contribuyen financieramente a eliminar la contaminación en otras partes del planeta. Actualmente se pagan aproximadamente siete euros por cada crédito de carbono, por lo que eliminar los topes de la carretera Jojutla-Alpuyecaca puede darnos ingresos de \$750,000 pesos cada año. Y estamos hablando de un tramo de apenas 15Km. ¡Imagina lo

que representaría eliminar todos los topes de todas nuestras carreteras y ciudades!

---Pero quitar los topes también costaría. ¡Cuántos accidentes se evitan gracias a los topes!

---Pero hay alternativas más civilizadas para evitar accidentes y moderar la velocidad de los vehículos automotores. Eliminar topes llevaría a ahorros en energía y ingresos por créditos de carbono, además de reducir los otros costos mencionados anteriormente. Los recursos ahorrados podrían emplearse para pagar agentes de tránsito y para instalar monitores de velocidad y cámaras automáticas que permitan identificar y penalizar a infractores que sobrepasen los límites de velocidad. Podrían emplearse además, y esto es aún más importante, para proporcionar educación vial y cívica a los ciudadanos, concientizándolos de los beneficios de manejar adecuadamente y del costo social y ambiental de no hacerlo. Es preferible manejar a velocidad constante moderada que frenar por un tope para después acelerar, con frecuencia excesivamente, intentando reponer el tiempo perdido. Acostumbrados a frenar mecánicamente sólo donde hay topes, nos hemos vuelto descuidados e imprudentes donde no los hay. Sería mucho mejor actuar todo el tiempo de forma civilizada por educación, convencimiento y respeto al espíritu de las leyes. ¿No lo crees así?

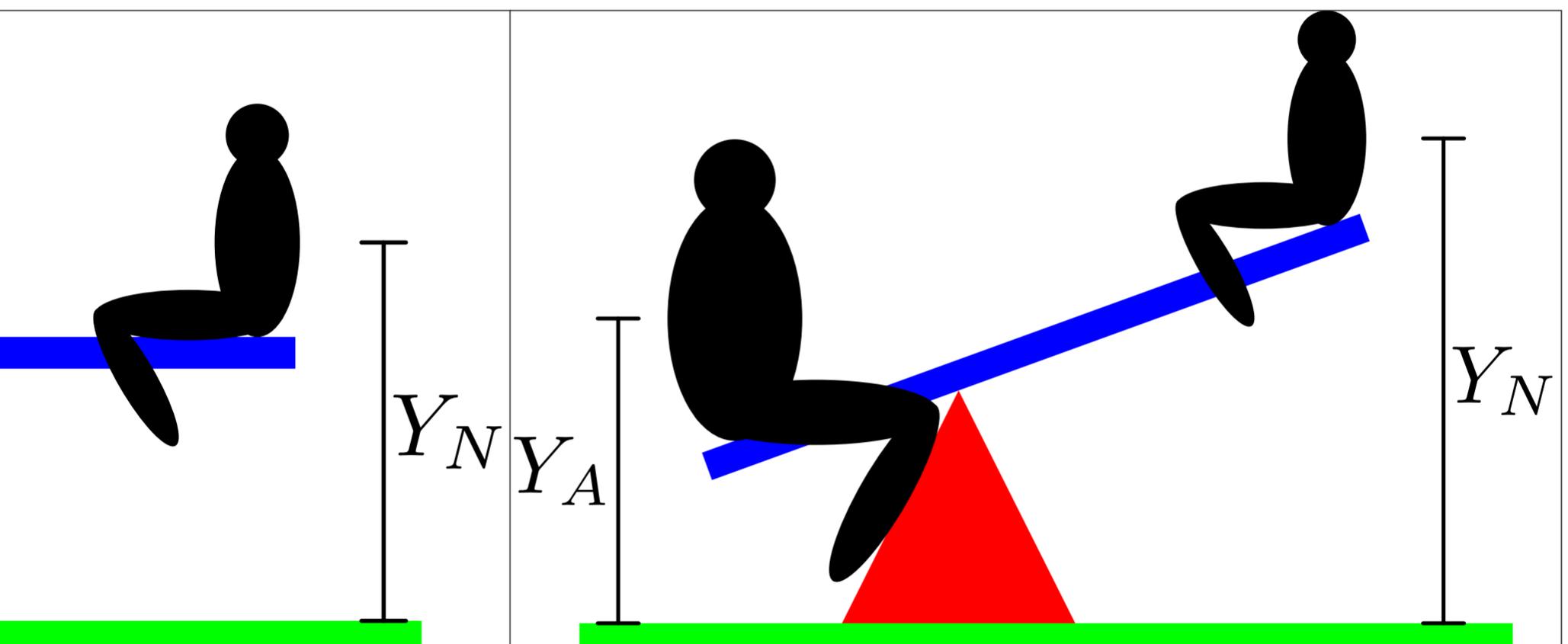


Figura 2: Un niño (N) y un adulto (A) equilibrados en un subi-baja. Al inclinarlo (panel derecho) el adulto bajaría menos que lo que el niño subiría, de forma que la suma de los productos de sus pesos ( $P_N$  y  $P_A$ ) multiplicados por sus respectivas alturas sobre el piso ( $Y_N$  y  $Y_A$ ) permanecería constante.