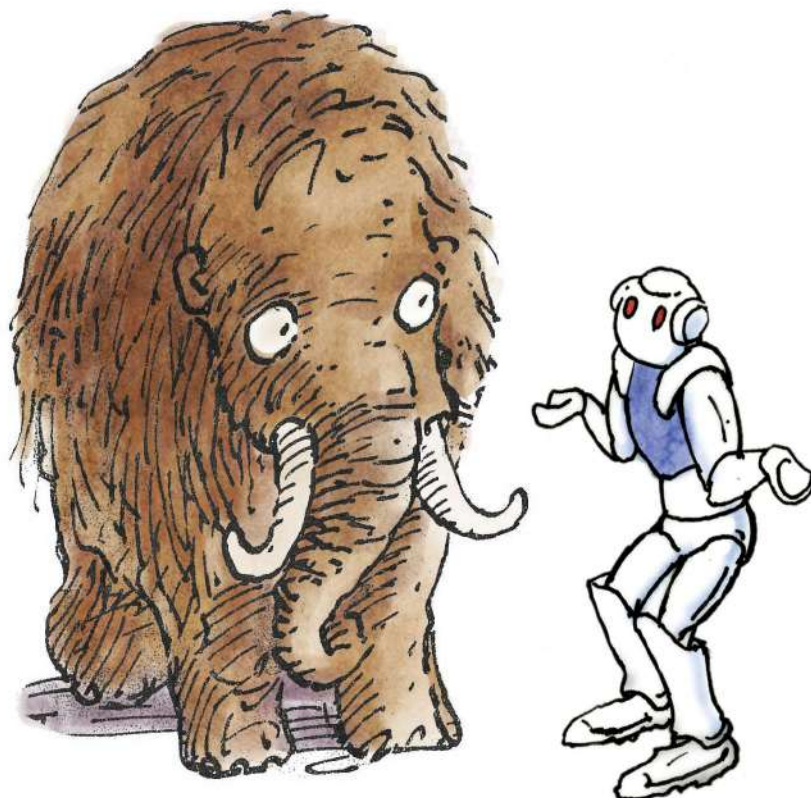
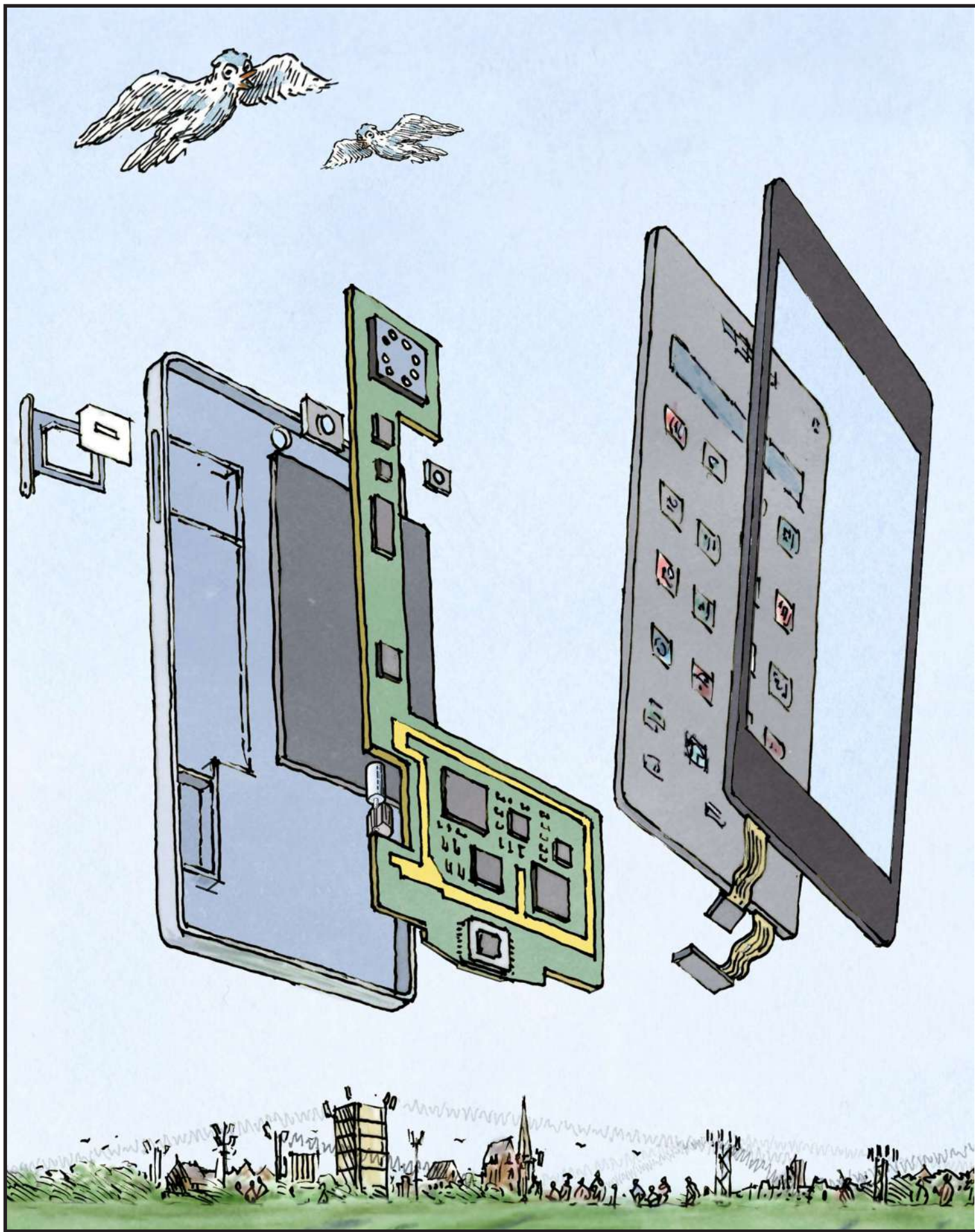
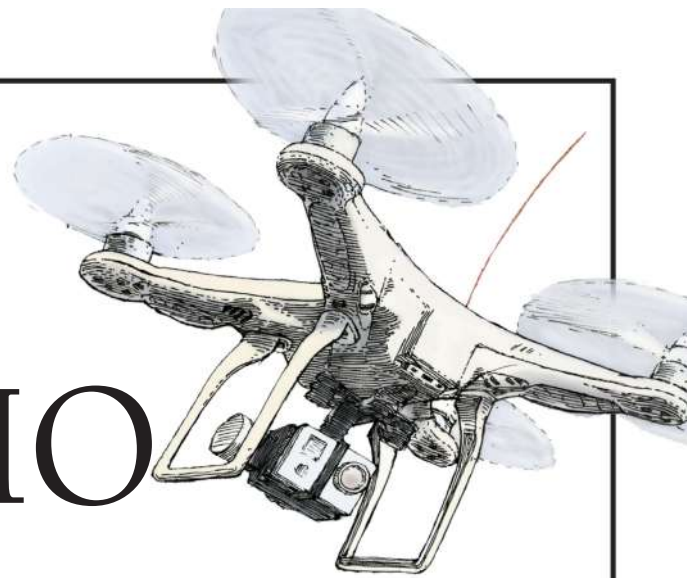


CÓMO FUNCIONAN LAS COSAS





CÓMO FUNCIONAN LAS COSAS

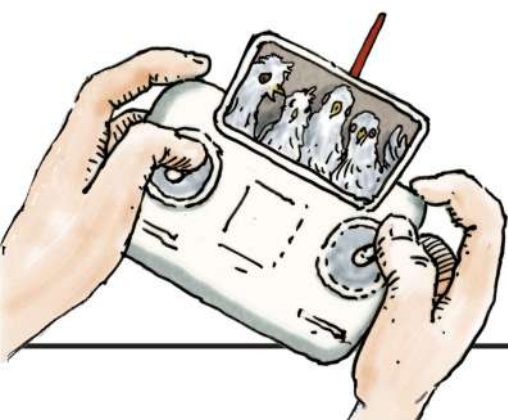


DAVID MACAULAY

Y

NEIL ARDLEY

FOLIOSCOPIO



CÓMO FUNCIONAN LAS COSAS

Título original: *The Way Things Work*

© de la obra: Dorling Kindersley Limited, 1988, 1998,
2004, 2016, 2023

© de la recopilación: Dorling Kindersley Limited, 1988, 1998, 2004,
2016, 2023

© de las ilustraciones: David Macaulay, 1988, 1998, 2004, 2016, 2023

© del texto: David Macaulay y Neil Ardley, 1988, 1998, 2004, 2016, 2023

© de la traducción: Javier Guerrero Gimeno, 2026

© de ilustraciones de cubierta: David Macaulay

Diseño de cubierta: lookatcia

Publicado en español por Folioscopio según acuerdo con Dorling Kindersley
Limited, un sello de Penguin Random House



Penguin
Random
House

© de esta edición: Folioscopio, S. L., 2026
c/ Rosselló, 186 5º-4ª 08008 Barcelona (España)
www.folioscopio.com

Primera edición: octubre de 2026

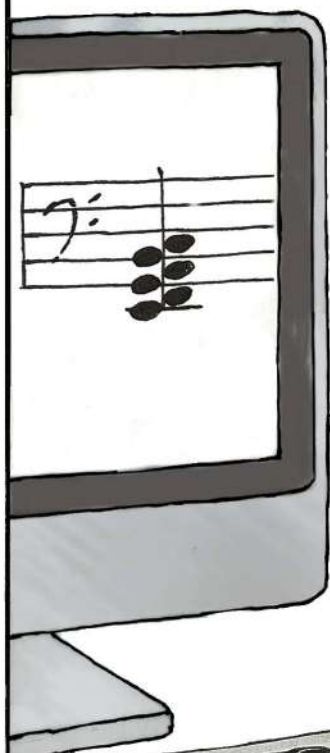
ISBN: 978-84-103802-0-2

Depósito legal: B 1889-2026

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser
reproducida, almacenada o transmitida por ningún medio sin permiso del editor.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o
transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus
titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español
de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear
algún fragmento de esta obra.

Impreso en China por Imago Group

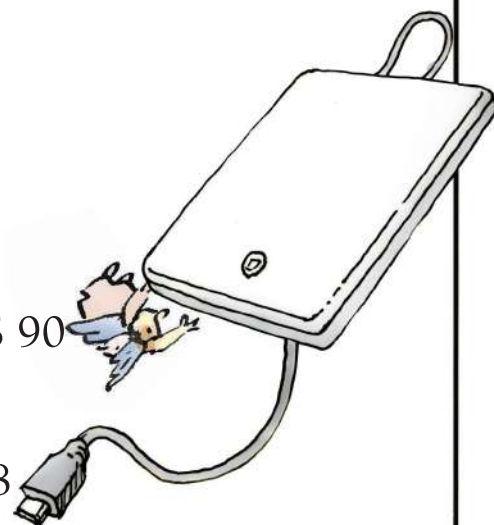


ÍNDICE

PRIMERA PARTE
LA MECÁNICA DEL
MOVIMIENTO 6



SEGUNDA PARTE
EL USO DE LOS ELEMENTOS 90



TERCERA PARTE
TRABAJO CON ONDAS 178

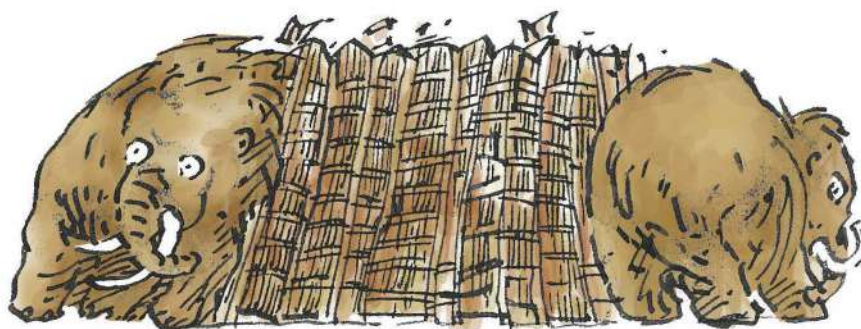
CUARTA PARTE
ELECTRICIDAD Y
AUTOMATIZACIÓN 258



QUINTA PARTE
EL MUNDO DIGITAL 316

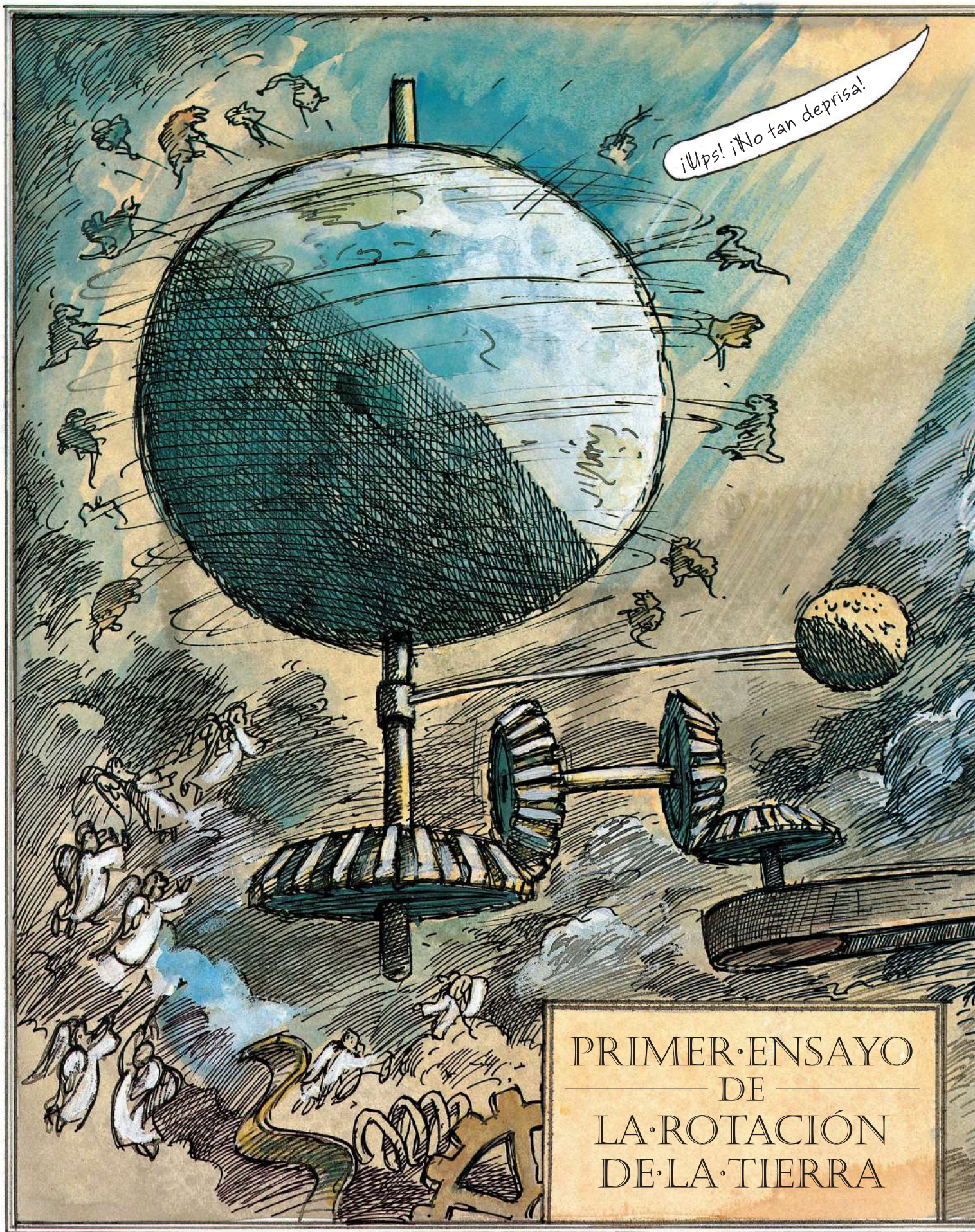


¡EUREKA!
LA INVENCIÓN
DE LAS MÁQUINAS 382



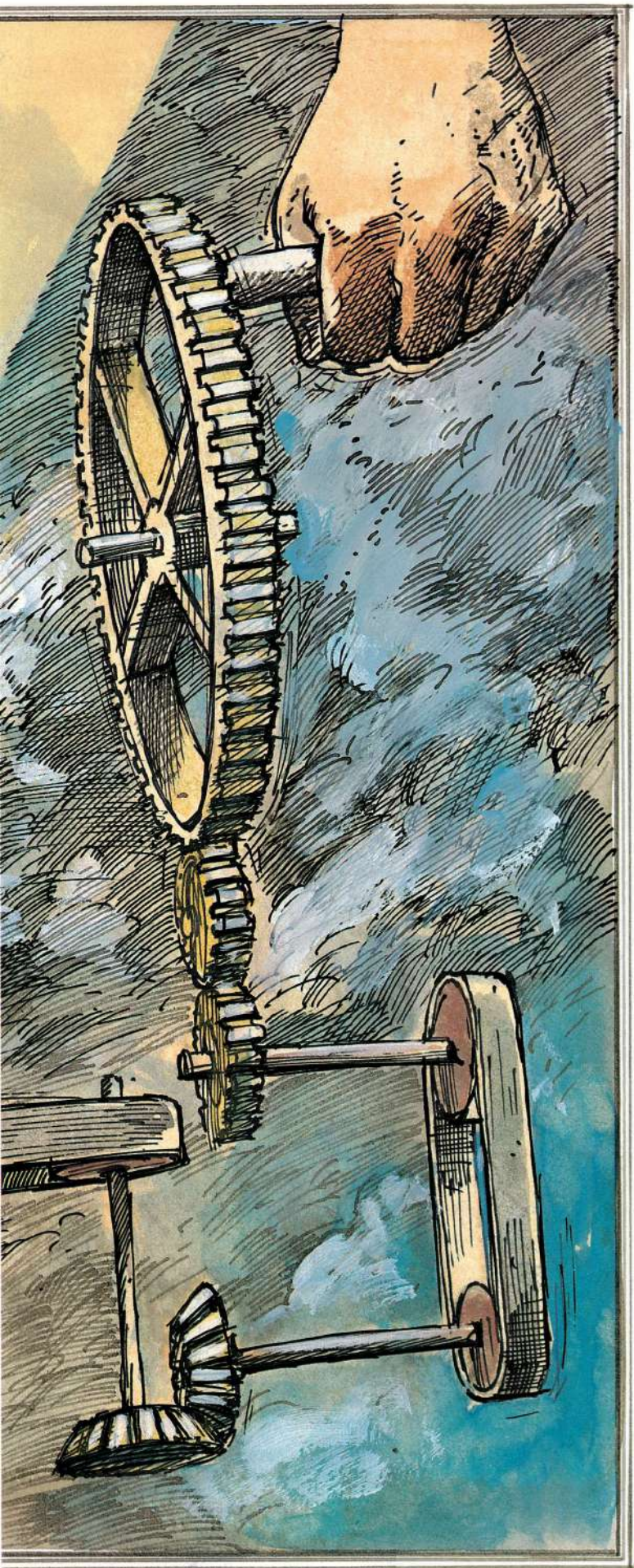
TÉRMINOS TÉCNICOS 398

ÍNDICE 404



¡Ups! ¡No tan deprisa!

PRIMER ENSAYO
DE
LA ROTACIÓN
DE LA TIERRA



PRIMERA PARTE

LA MECÁNICA DEL MOVIMIENTO

Introducción.....	8
El plano inclinado	10
Palancas.....	18
La rueda y el eje	30
Engranajes y correas	36
Levas y manivelas	48
Poleas	54
Tornillos	62
Ruedas	70
Muelles	78
Fricción	82

INTRODUCCIÓN

Todo lo que hace una máquina lo hace siguiendo una serie de **Leyes científicas**. Para ver cómo funciona una máquina, basta con que levantes la tapa y mires el mecanismo, pero para comprender lo que ocurre necesitas conocer los principios que gobiernan sus acciones. En esta parte del libro y en las siguientes, las máquinas no se agrupan según sus usos, sino según sus principios. Esto produce relaciones de vecindad interesantes: el arado se roza con la cremallera, por ejemplo, y la central hidroeléctrica con el taladro de dentista. Puede que sean muy diferentes en escala y que cumplan propósitos distintos, pero se basan en los mismos principios científicos.

MAQUINARIA EN MOVIMIENTO

Las máquinas mecánicas funcionan con partes móviles como **palancas, engranajes, correas, ruedas, levas, manivelas y resortes**. Estas partes móviles suelen estar interconectadas mediante mecanismos complejos, algunos tan grandes como para mover montañas, y otros casi invisibles. Su movimiento puede ser tan rápido como para desenfocarse en una imagen borrosa de ejes y engranajes que giran, o tan lento que parece inexistente. Ahora bien, sea cual sea su naturaleza, todas las máquinas que utilizan partes mecánicas están construidas con el mismo objetivo: cambiar la potencia o la dirección de una fuerza.

MOVIMIENTO Y FUERZA

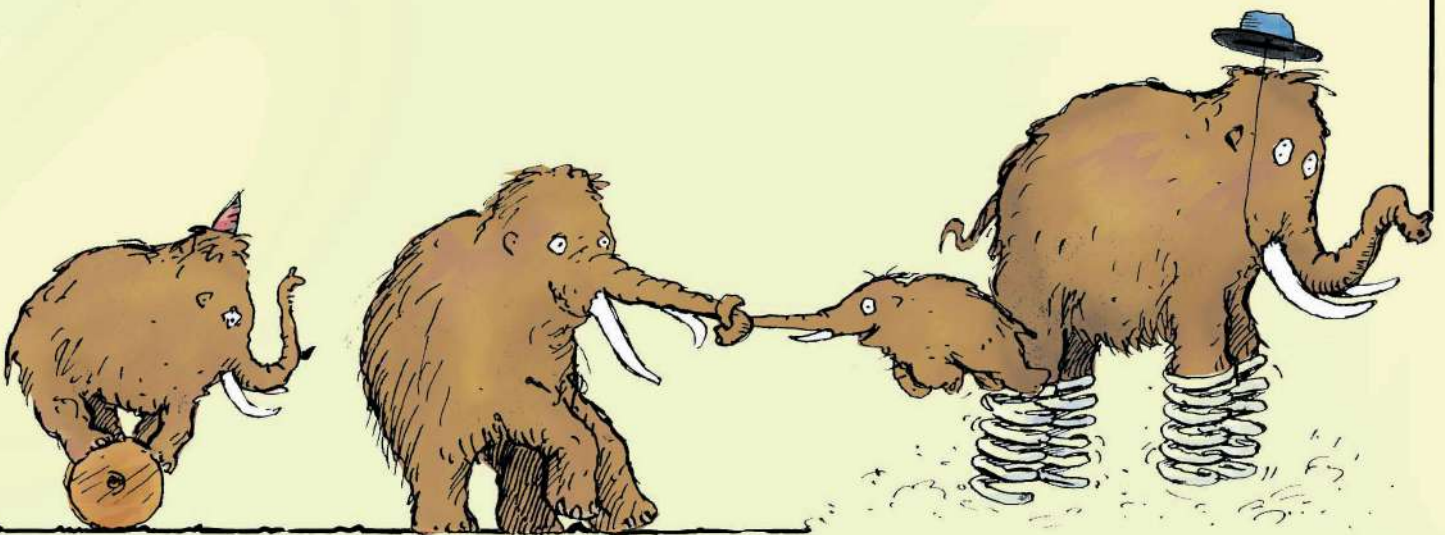
Muchas máquinas convierten una forma de movimiento en otra. El movimiento lineal se convierte en un movimiento circular o rotatorio, y viceversa, porque la fuente de energía que impulsa la máquina se mueve en una dirección, y la máquina, en otra. Sin embargo, tanto si se altera la dirección como si no, las partes mecánicas cambian la fuerza que se aplica en otra (mayor o menor) más apropiada para el trabajo a cumplir. Una fuerza puede ser el impulso de un motor o el tirón de un músculo o de la



gravedad, por ejemplo. Una máquina modifica la dimensión de esta fuerza y la aplica en el lugar preciso para efectuar un trabajo. Cuando giras la manija de un abrelatas, la hoja corta con facilidad la tapa de la lata. Esto hace que un trabajo aparentemente imposible sea coser y cantar. El abrelatas incrementa la fuerza que ejerce tu muñeca y la aplica en el punto necesario.

CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

En el funcionamiento de cualquier máquina subyace un principio que engloba a todos los demás: la conservación de la energía. Este principio asegura que una máquina sólo proporciona la energía que se le haya suministrado inicialmente, ni más ni menos. La energía puede adoptar diferentes formas. El movimiento es una forma de energía llamada **energía cinética**. Se produce al convertir otras formas de energía, como la **energía potencial** almacenada en un muelle, el calor en un motor de gasolina, la **energía eléctrica** en un motor eléctrico o la **energía química** de los músculos. Una máquina sólo puede gastar la misma cantidad de energía que se le proporciona para poner las cosas en movimiento. Si la fuerza que aplica la máquina es mayor, el movimiento producido debe ser proporcionalmente menor, y viceversa. En resumen, la energía total siempre permanece igual. El principio de conservación de la energía rige todas las acciones. Los resortes pueden almacenar energía y la **fricción** convertirá esta energía en **calor**, pero la energía ni se crea ni se destruye. Sin el principio de conservación de la energía, nada funcionaría. Si el funcionamiento de las máquinas destruyera energía, por muy potentes que fueran esas máquinas, todas se frenarían y se detendrían. Y si el funcionamiento de las máquinas creara energía, todas ellas acelerarían y la acumulación de energía adquiriría proporciones colosales. De una forma o de otra, el mundo llegaría a su fin: con un suspiro en un caso y con una explosión en el otro. Afortunadamente, el principio de conservación de la energía se mantiene y todas las máquinas lo obedecen: la energía no puede crearse ni destruirse, sólo **convertirse** en formas diferentes.

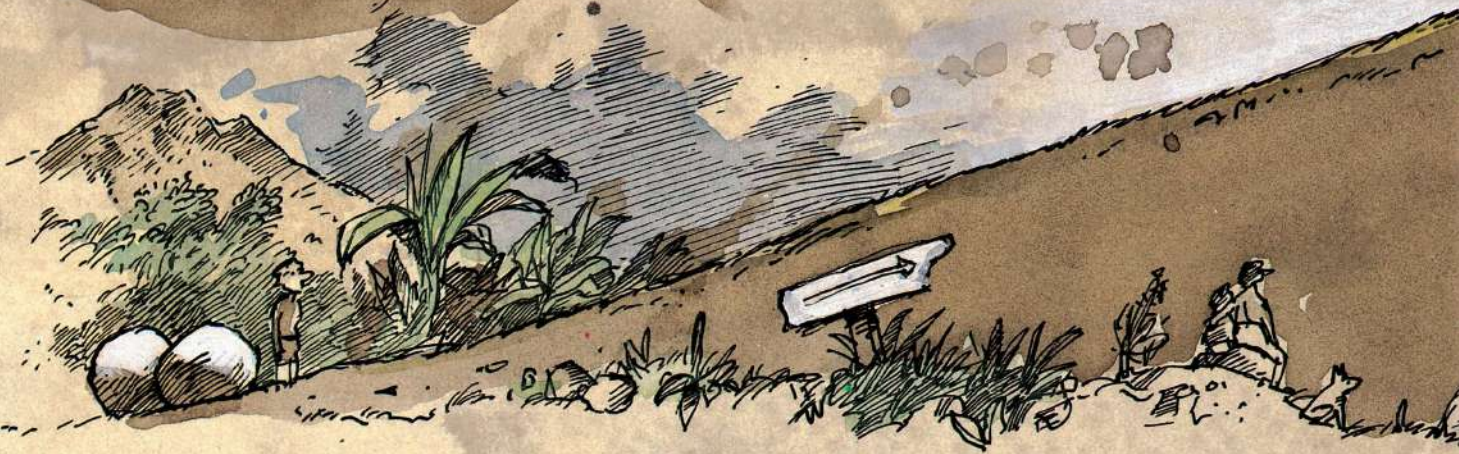
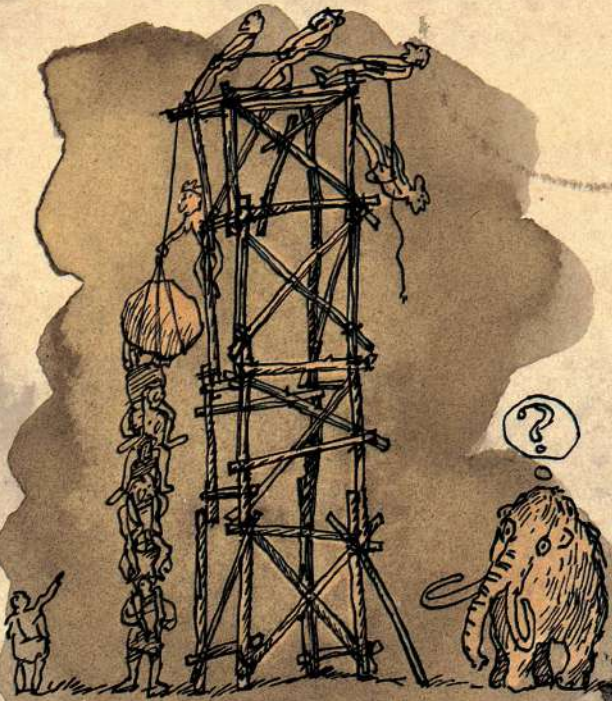


EL PLANO INCLINADO

LA CAPTURA DEL MAMUT

Esa primavera me invitaron a la tierra del muy deseado mamut lanudo, una tierra salpicada por las altas torres de madera de los cazadores que hoy nos resultan tan familiares. En tiempos antiguos se cazaba al mamut sólo por su carne. Sin embargo, su posterior utilidad en la industria y su creciente popularidad como mascota han propiciado el desarrollo de una forma de captura más sofisticada y menos extrema.

Antes se atraía a la confiada bestia hasta la base de una torre y, desde una altura compasiva, se dejaba caer una roca de dimensiones razonables sobre el grueso cráneo del animal. Una vez aturdido el mamut, resultaba fácil conducirlo al prado, donde, con un poco de hielo y hierba de la marisma, no tarda en superar los resquemores y la desconfianza innata.



EL PRINCIPIO DEL PLANO INCLINADO

Las leyes de la física establecen que elevar un objeto a una altura determinada, por ejemplo, una roca tan grande como para aturdir a un mamut, requiere cierta cantidad de trabajo. Esas mismas leyes también dictan que no hay forma de reducir esa cantidad. La rampa facilita las cosas no porque altere la cantidad de trabajo necesario, sino porque modifica la forma en que se realiza éste.

El trabajo tiene dos aspectos: el esfuerzo que se efectúa y la distancia a lo largo de la cual se mantiene. Si el esfuerzo aumenta, la distancia debe disminuir, y viceversa. Subir una colina por la ruta más empinada requiere un mayor esfuerzo, pero la distancia que hay que recorrer es más corta. Subir por la pendiente más suave requiere un

esfuerzo menor, pero la distancia es mayor. El trabajo, el mismo en ambos casos, es igual al esfuerzo (la fuerza que ejerces) multiplicado por la distancia a lo largo de la cual mantienes el esfuerzo.

Así que, lo que ahorras en esfuerzo, lo pagas en distancia. Ésta es una regla básica que cumplen muchos dispositivos mecánicos y es la razón por la que funciona la rampa: reduce el esfuerzo necesario para elevar un objeto al aumentar la distancia a la que se mueve.

El principio del plano inclinado ya permitió a los egipcios construir sus pirámides y templos. Desde entonces, el plano inclinado se ha utilizado en infinidad de dispositivos, desde cerraduras y herramientas de corte hasta arados y cremalleras, así como en todas las máquinas que utilizan roscas.

El proceso, aunque tenía cierto éxito, presentaba un par de inconvenientes importantes. El mayor problema consistía en subir una roca pesada a la altura adecuada. Esto requería un esfuerzo casi hercúleo, y Hércules aún tardaría varios siglos en nacer. El segundo problema era que el mamut, una vez golpeado, chocaba inevitablemente contra la torre y, o bien hacía caer al suelo a sus captores o, como mínimo, dañaba gravemente la estructura.

Después de hacer cuatro cálculos, informé a mis anfitriones de que ambos problemas podían resolverse al mismo tiempo, construyendo rampas de tierra en lugar de torres de madera. La solidez inherente de la rampa la haría en la práctica indestructible si un mamut impactaba contra

ella. Y, en lugar de intentar levantar la roca en vertical, se la haría rodar poco a poco hasta la altura requerida, y eso exigía mucho menos esfuerzo.

Al principio, la simplicidad de mi solución se recibió con un escepticismo comprensible. «¿Qué hacemos con las torres?», preguntaron. Hice algunos cálculos más y propuse establecer un centro comercial en los niveles inferiores y apartamentos de lujo en los superiores.



RELACIÓN ENTRE ESFUERZO Y DISTANCIA

La cara inclinada es el doble de larga que la vertical. Por tanto, el esfuerzo requerido para subir una carga por la cara inclinada es la mitad que el que se necesita para hacerlo por la cara vertical.



LA CUÑA

En la mayoría de las máquinas que utilizan el plano inclinado, éste aparece en forma de cuña. Una cuña para puertas es una aplicación sencilla: se empuja el extremo de la cuña por debajo de la puerta para mantenerla abierta.

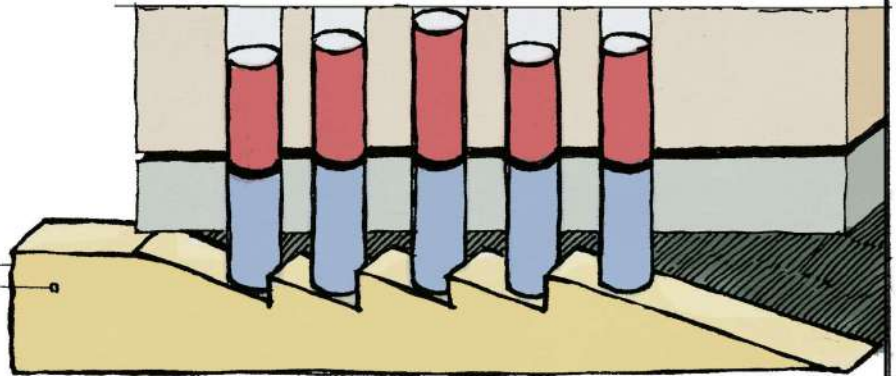
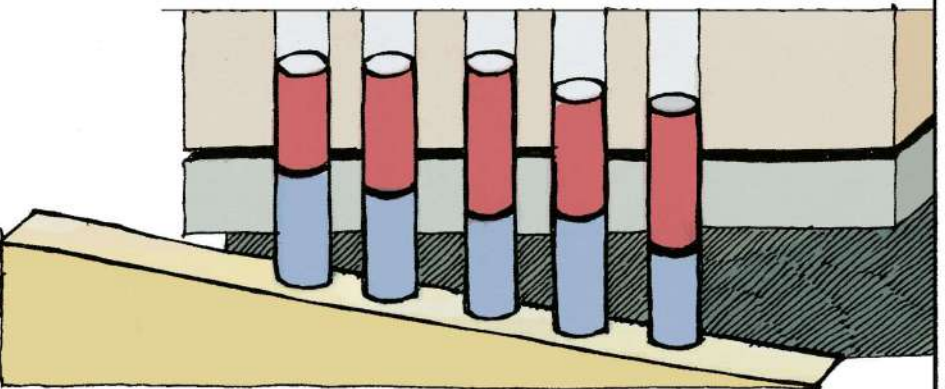
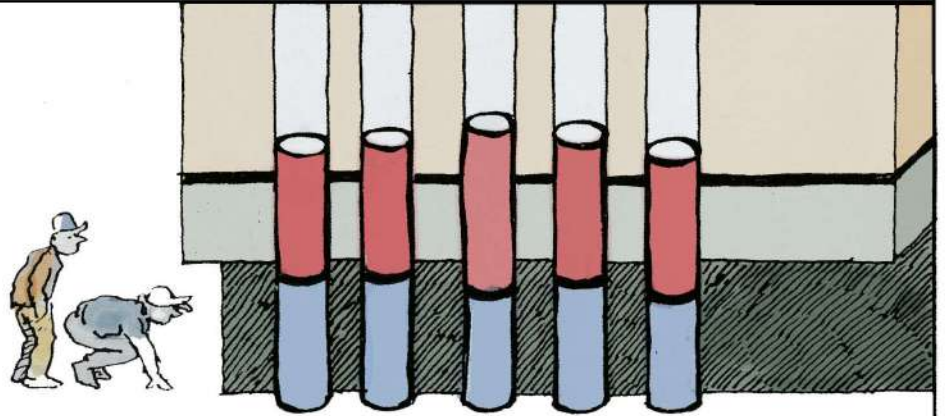
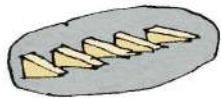
La cuña actúa como un plano inclinado móvil. En lugar de hacer que un objeto se eleve por un plano inclinado, es el propio plano el que se desplaza para levantar el objeto. Como el plano se mueve una distancia mayor que el objeto, eleva éste con una fuerza mayor. Al atascarse debajo de la puerta, la cuña levanta ligeramente la puerta y ejerce una fuerza sobre ella. A su vez, la puerta presiona con fuerza la cuña contra el suelo, y la fricción (pp. 82-83) hace que la cuña se aferre al suelo y mantenga la puerta abierta.

CERRADURAS Y LLAVES

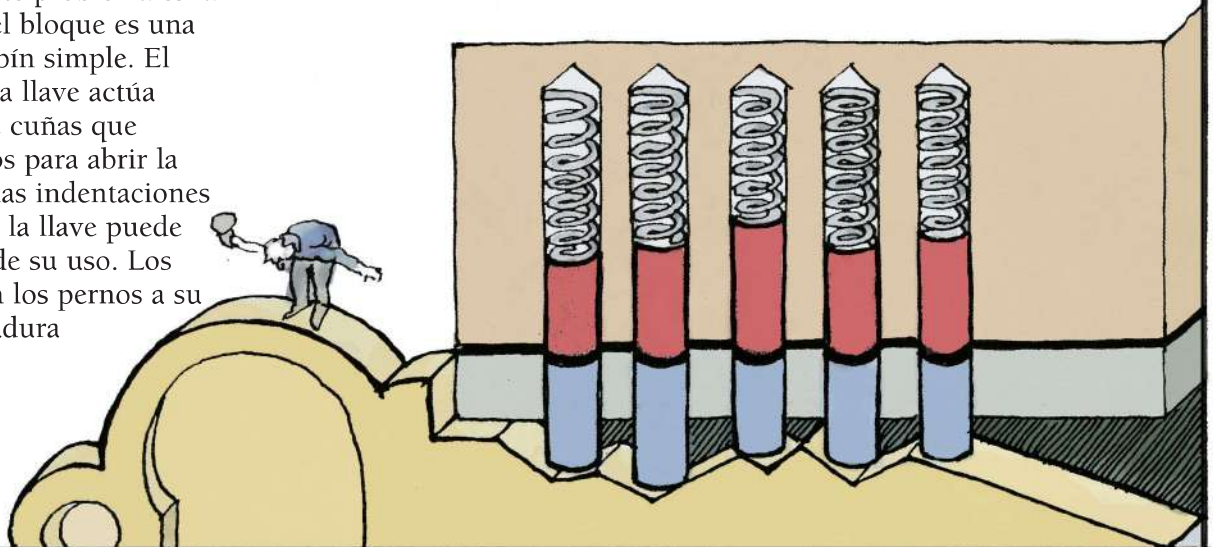
Veamos un acertijo relacionado con las cerraduras: cómo separar dos bloques que se mantienen unidos por cinco pernos de dos partes. En cada perno, el hueco que separa sus dos partes se encuentra a diferente altura. Para separar los bloques, es preciso elevar los pernos para que los huecos queden alineados.

Siguiendo el principio del plano inclinado, insertamos una cuña que levanta los pernos, pero no a una altura adecuada.

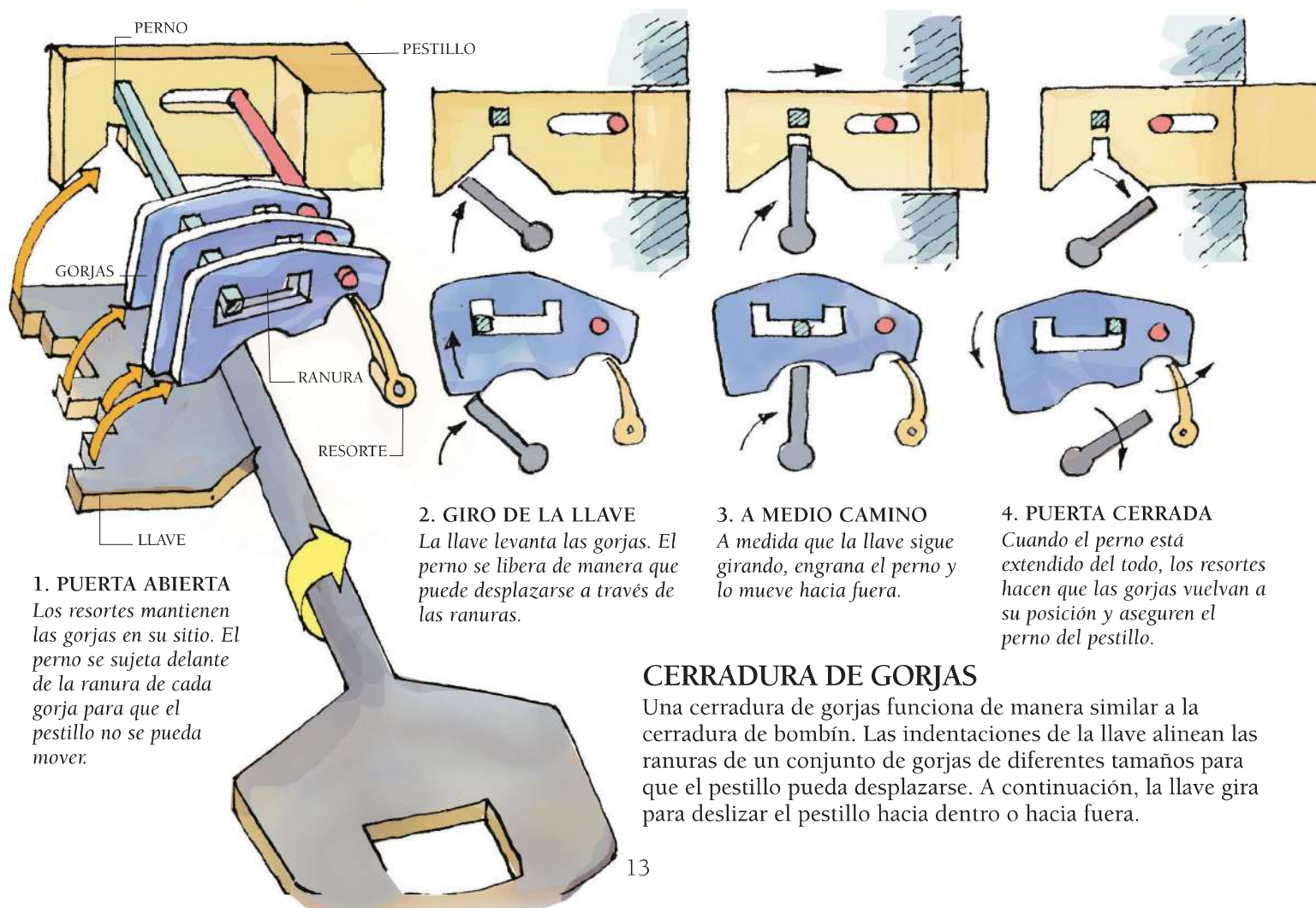
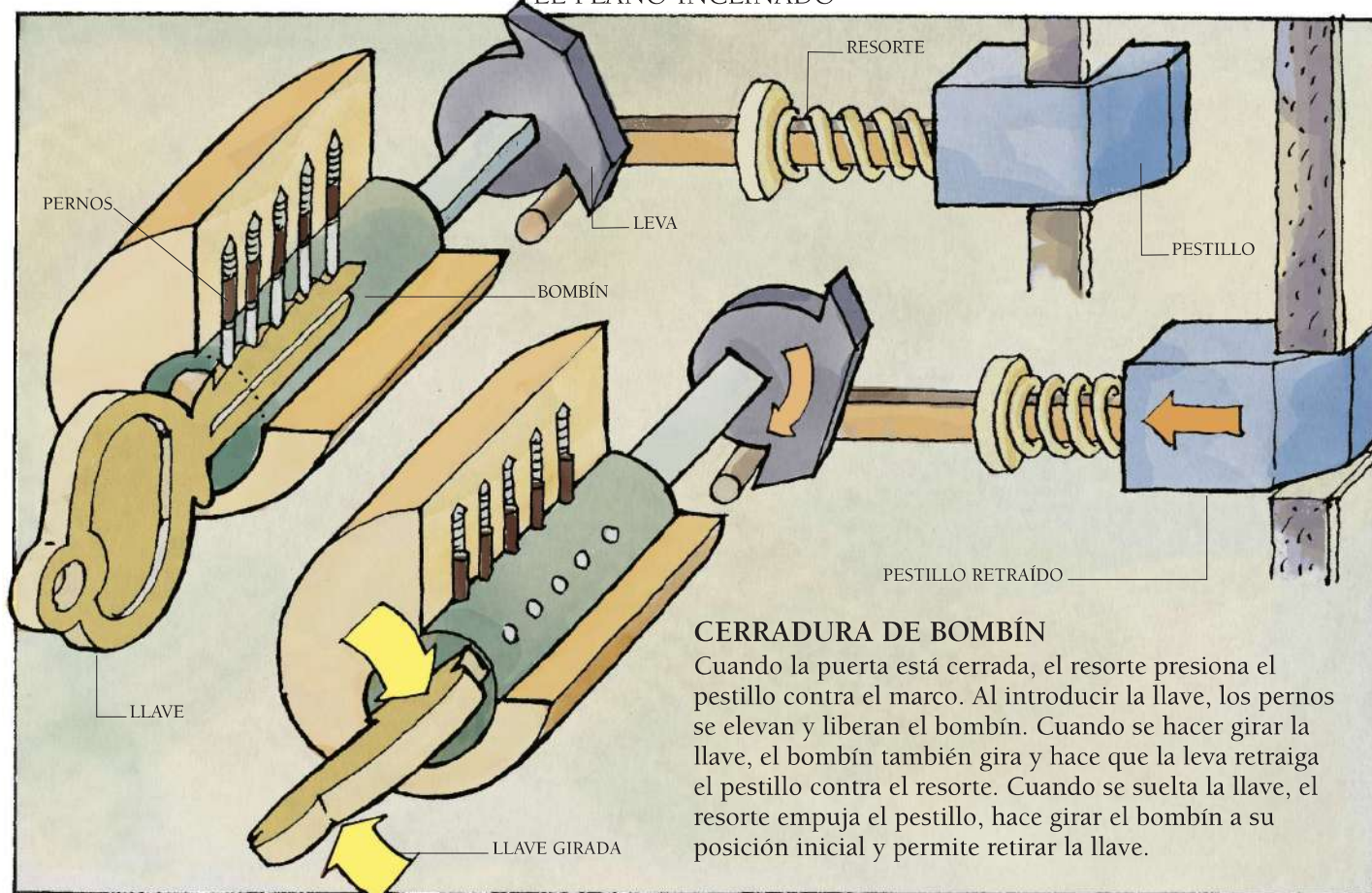
Pensándolo mejor, usamos cinco cuñas, una por cada perno. Así se levantan los pernos para que los huecos se alineen y las dos partes del bloque se liberen. Sin embargo, ahora tenemos las cuñas bloqueadas en la mitad inferior.



La solución a este problema es la llave, porque el bloque es una cerradura de bombín simple. El borde serrado de la llave actúa como una serie de cuñas que levantan los pernos para abrir la cerradura. Como las indentaciones son de doble cara, la llave puede retirarse después de su uso. Los muelles devuelven los pernos a su posición y la cerradura se bloquea.

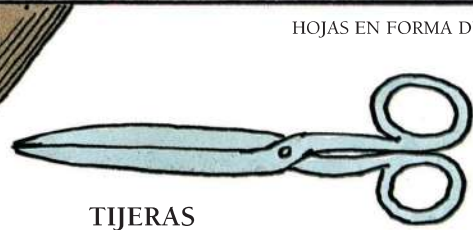
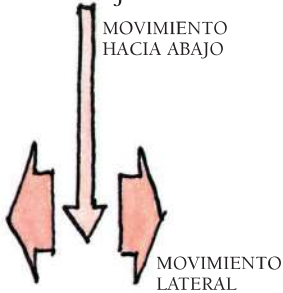


EL PLANO INCLINADO

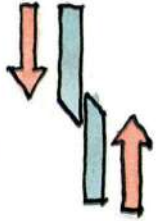


HERIDAS Y MIENTAS DE CORTE

Casi todas las herramientas de corte usan la cuña, una forma de plano inclinado. La hoja en forma de cuña convierte un movimiento hacia delante en un movimiento para partir que actúa en ángulos rectos a la hoja.



HOJAS EN FORMA DE CUÑA



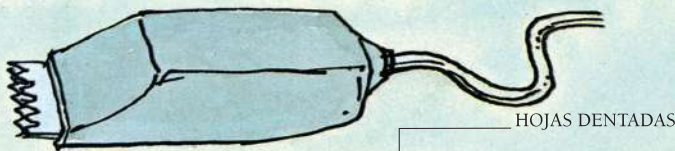
TIJERAS

Cada hoja actúa como una palanca de primer grado (p. 19). Los bordes afilados de las hojas forman dos cuñas que cortan con fuerza una tela desde direcciones opuestas. Al encontrarse, parten la tela lateralmente.

HACHA

Un hacha no es más que una cuña unida a un mango. El largo movimiento descendente del hacha crea una potente fuerza lateral que parte la madera.

El hacha tiene otra cuña incorporada: una astilla de metal se clava en el ojo del mango para que éste encaje firmemente en el hueco de la cabeza del hacha.

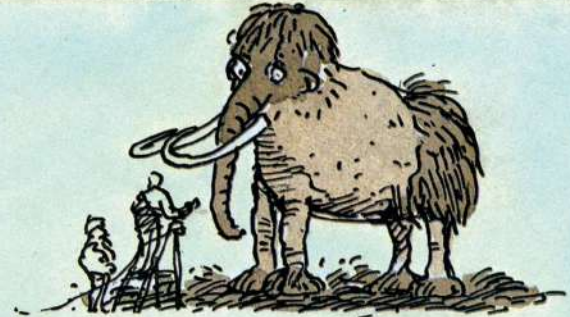


HOJAS DENTADAS

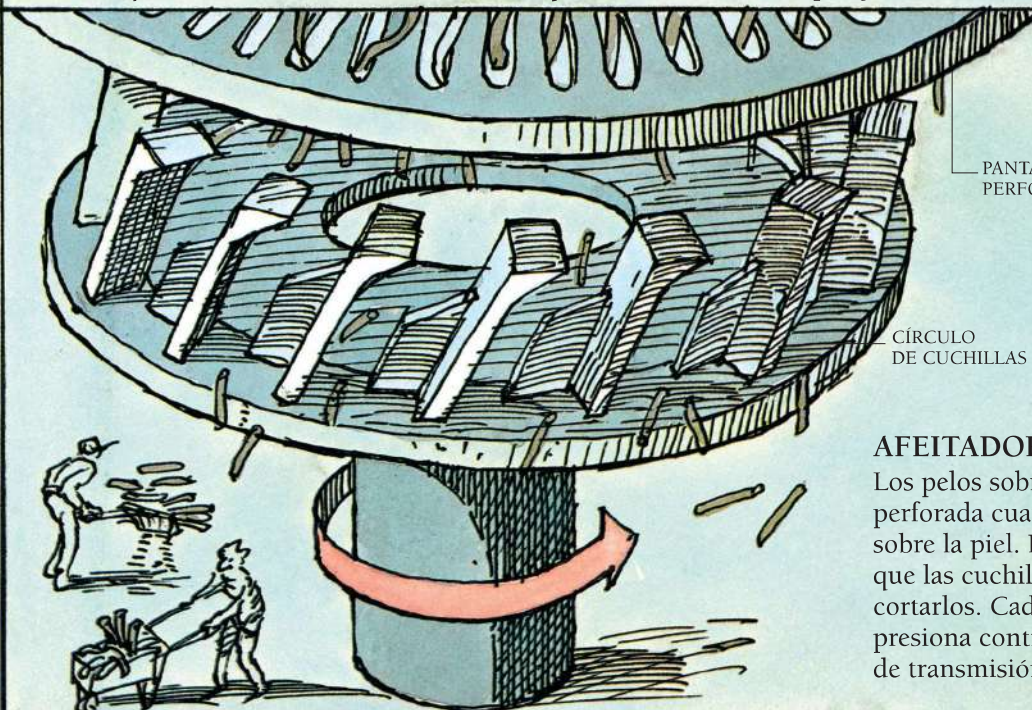


RECORTADORA ELÉCTRICA

Una recortadora eléctrica contiene dos cuchillas dentadas que se accionan por un mecanismo de manivela (pp. 48 y 49). Las cuchillas se mueven adelante y atrás una sobre la otra. A medida que se



abren espacios entre los dientes, los pelos entran y quedan atrapados para que las cuchillas los corten al cruzarse. Las cuchillas de la recortadora actúan como cuñas emparejadas, como las hojas de unas tijeras.



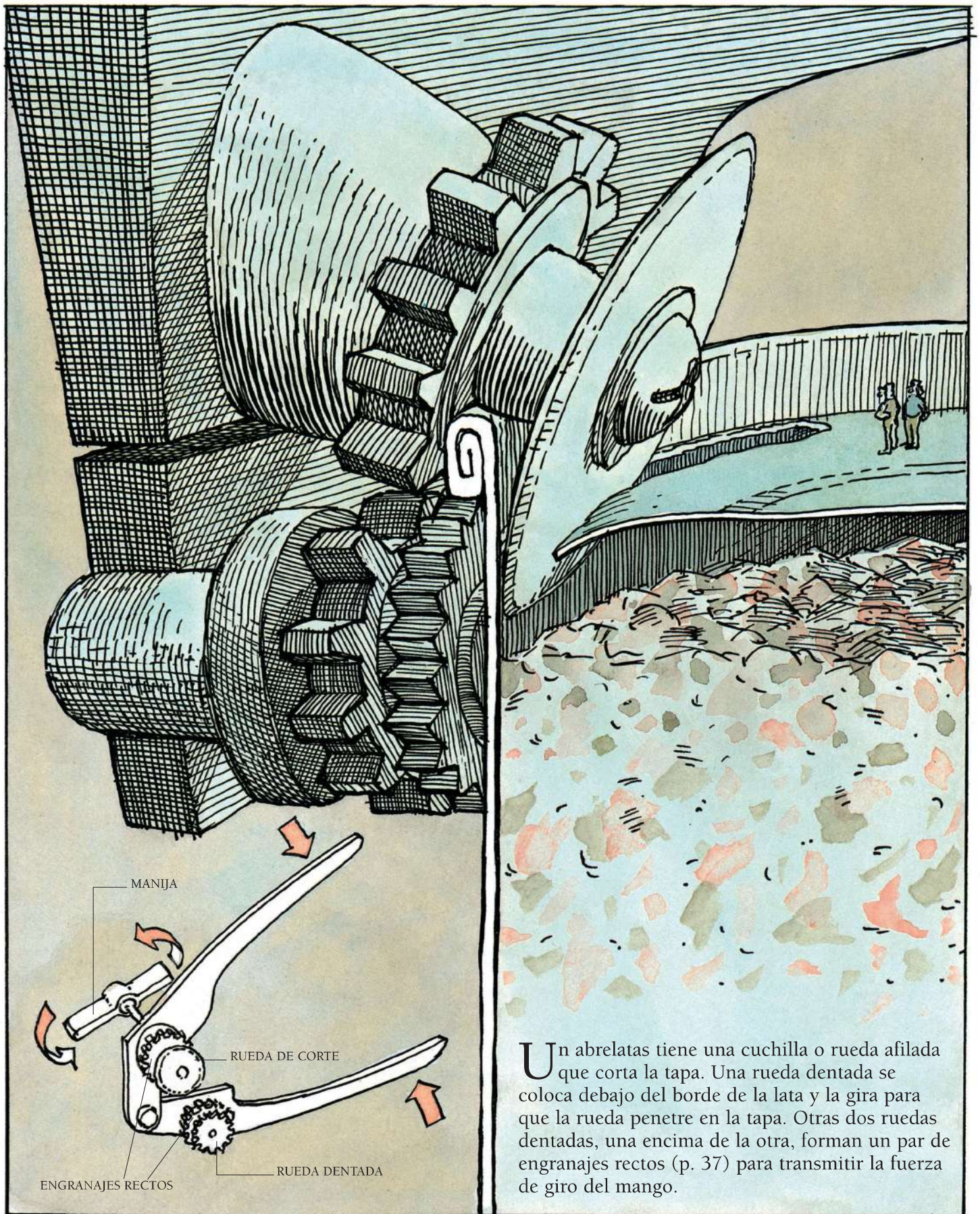
PANTALLA PERFORADA

CÍRCULO DE CUCHILLAS

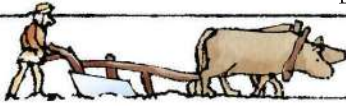
AFEITADORA ELÉCTRICA

Los pelos sobresalen a través de una pantalla perforada cuando la afeitadora se desliza sobre la piel. La pantalla sujeta los pelos para que las cuchillas situadas debajo puedan cortarlos. Cada círculo de cuchillas se presiona contra la pantalla mediante un eje de transmisión con resorte.

EL ABRELATAS



Un abrelatas tiene una cuchilla o rueda afilada que corta la tapa. Una rueda dentada se coloca debajo del borde de la lata y la gira para que la rueda penetre en la tapa. Otras dos ruedas dentadas, una encima de la otra, forman un par de engranajes rectos (p. 37) para transmitir la fuerza de giro del mango.



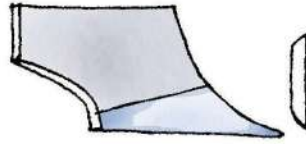
EL ARADO

Un arado es una cuña que un animal de tiro o un tractor arrastra por el suelo. Corta la capa superior del suelo y, a continuación, la levanta y le da la vuelta. De esta forma, se remueve el suelo para poder sembrar. Además, la vegetación queda enterrada, se descompone y proporciona nutrientes a los cultivos. El arado de madera es una de nuestras máquinas más antiguas y data de hace unos cinco mil años, aunque los de acero tienen menos de dos siglos.

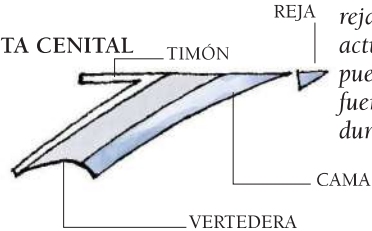


PARTES DE UN ARADO

VISTA LATERAL

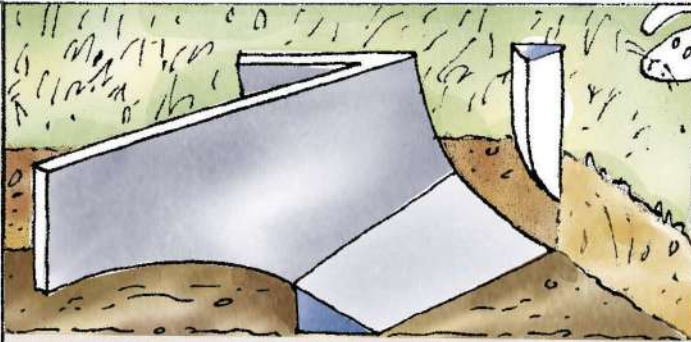


VISTA CENTRAL



Un arado tiene cuatro partes principales, todas ellas fabricadas en acero. La reja precede al cuerpo principal del arado, que consta de la cama, la vertedera y el timón. La reja, la cama y la vertedera actúan como cuñas y pueden ejercer una gran fuerza para arar suelos duros y pesados.

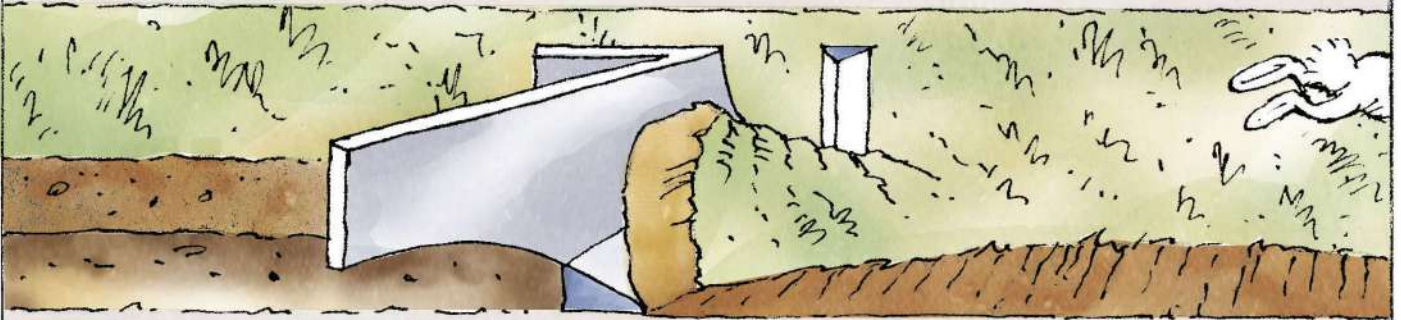
LA SECUENCIA DEL ARADO



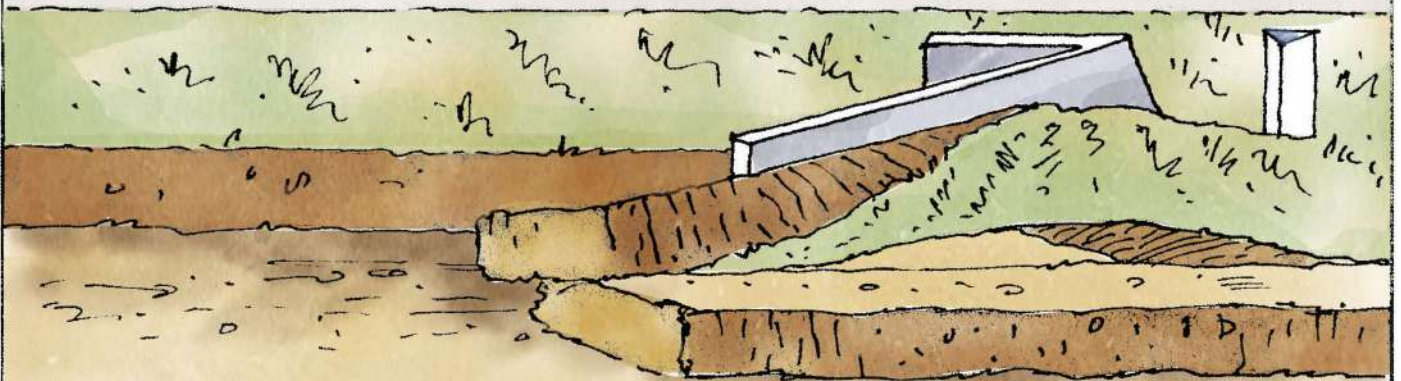
LA REJA crea un surco en el suelo.

La reja crea un surco al hacer un corte vertical en el suelo. En los arados tirados por animales, la reja es una cuchilla. Los arados de tracción mecánica suelen tener rejas de disco, ruedas afiladas que giran libremente a medida que el arado avanza.

La cama sigue a la reja y efectúa un corte horizontal que suelta la capa superior del suelo. Unida a la cama está la vertedera, que levanta y da la vuelta a la capa. El timón está fijado al lado de la vertedera y se desliza a lo largo de la pared vertical del surco. Empuja la vertedera hacia fuera para mover la capa de tierra.



LA CAMA suelta la capa superior del suelo.



LA VERTEDERA levanta y remueve el suelo.

LA CREMALLERA

La cremallera aprovecha con ingenio el principio del plano inclinado para unir o separar dos filas de dientes que se entrelazan. El tirador de la cremallera contiene cuñas que convierten el pequeño esfuerzo ejercido en él en una fuerza potente que abre y cierra. Los dientes están diseñados de manera que sólo se pueden abrir o cerrar uno tras otro. Sin el tirador, es casi imposible liberar los dientes o hacer que encajen entre sí.

TIRADOR

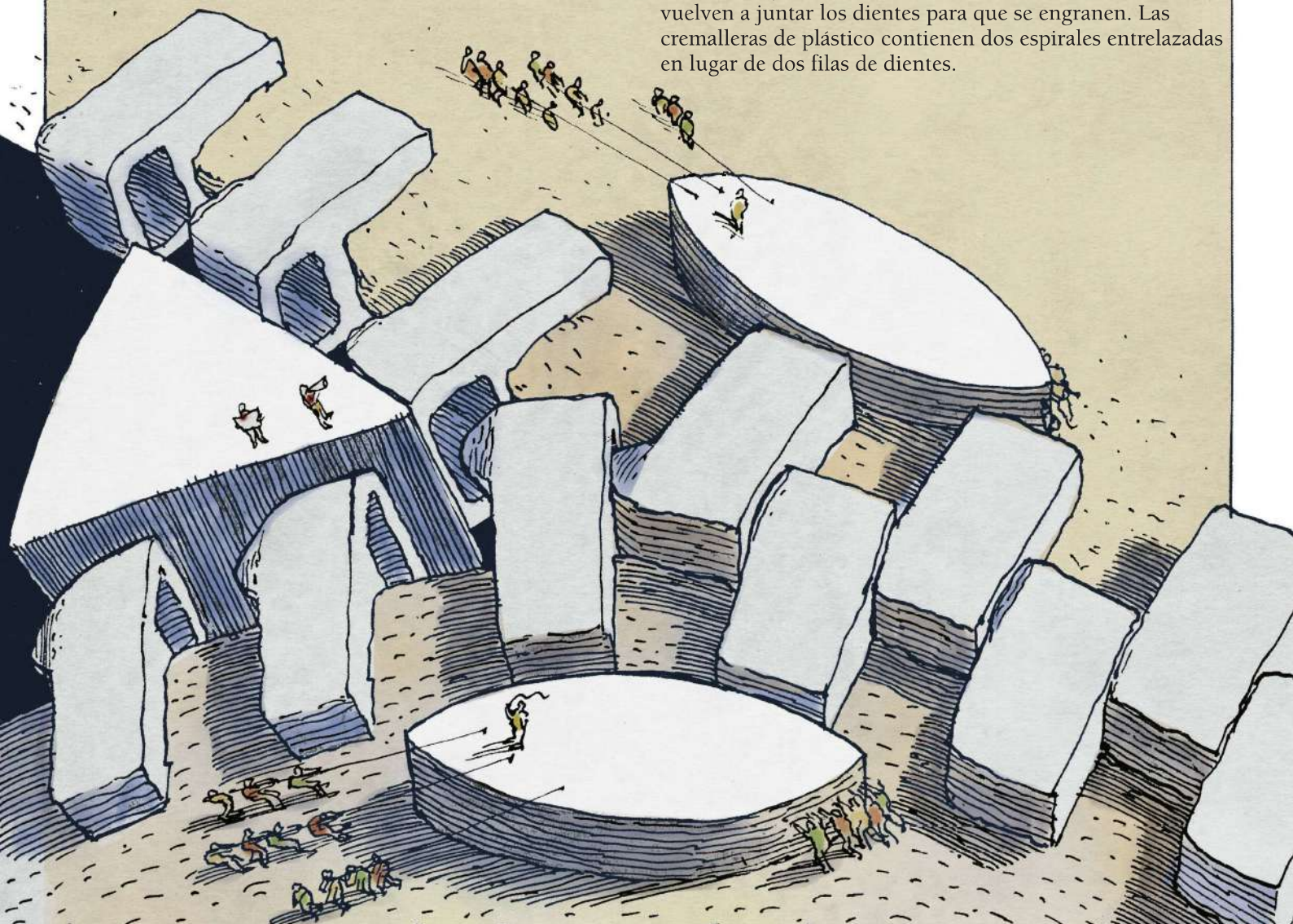
DENTRO DEL TIRADOR

CUÑA SUPERIOR

CUÑA INFERIOR

CUÑAS EN FUNCIONAMIENTO

Al abrir una cremallera, la cuña triangular superior del tirador separa los dientes. Al cerrarla, las dos cuñas inferiores (que suelen formar los lados curvos del tirador) vuelven a juntar los dientes para que se engranen. Las cremalleras de plástico contienen dos espirales entrelazadas en lugar de dos filas de dientes.



PALANCAS

PESAR UN MAMUT



Antes de enviar un mamut a su destino final, hay que pesarlo. Tuve la suerte de presenciar el procedimiento en una aldea. Se apoyó el centro de un tronco sobre una roca. A continuación, se bajó un extremo del tronco y se animó al mamut a sentarse sobre él. En cuanto el animal pareció sentirse razonablemente a gusto, varios aldeanos se subieron al otro extremo del tronco. Poco a poco, ese extremo se hundió y, al hacerlo, el mamut, sorprendido, se elevó en el aire. Me dijeron que, cuando el tronco alcanzaba una posición horizontal, el peso total de las personas era igual al del mamut. Me pareció bastante razonable.



EL PRINCIPIO DE LAS PALANCAS

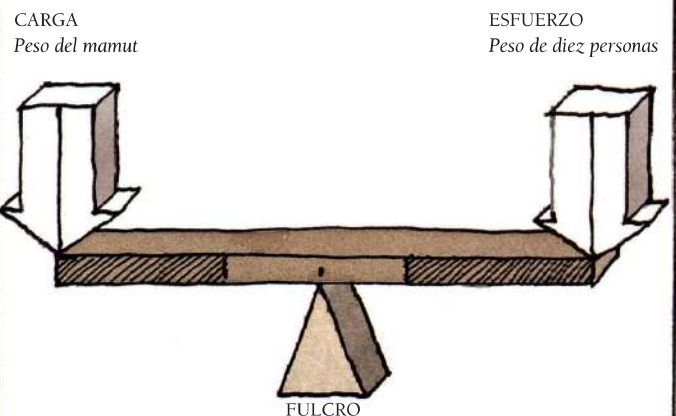
El tronco actúa como una palanca, que no es más que una barra que se inclina sobre un fulcro o punto de apoyo. Si se aplica una fuerza empujando o tirando de una parte de la palanca, ésta oscila sobre el fulcro para producir una acción útil en otro punto. La fuerza aplicada se llama esfuerzo, y la palanca se mueve en otro punto para levantar un peso o superar una resistencia, en ambos casos llamados carga.

El punto donde se mueve una palanca es tan importante como el esfuerzo que se le aplica. Se puede mover la misma carga con menos esfuerzo, siempre que se aplique más lejos del punto de apoyo; como ocurre con el plano inclinado, se gana en fuerza lo que se paga en distancia. Algunas palancas invierten este efecto para producir una ganancia en la distancia recorrida a expensas de la fuerza.

El principio de las palancas, que relaciona el esfuerzo y la carga, establece que el esfuerzo multiplicado por su distancia al punto de apoyo es igual a la carga multiplicada por su distancia al punto de apoyo.

FULCRO EN EL CENTRO

El esfuerzo y la carga están a la misma distancia del fulcro. En esta situación, la carga y el esfuerzo son iguales, y ambos se mueven la misma distancia arriba o abajo cuando la palanca se equilibra.



Fue entonces cuando vi, al otro lado de la plaza, un segundo mamut igual de grande a punto de ser pesado, esta vez con muchas menos personas como contrapeso. Mientras observaba, anticipando un desastre, hicieron rodar la roca hacia lo que sería el extremo del tronco del árbol donde se colocaría el mamut. Una vez que el mamut estuvo en su sitio, sólo unas pocas personas se subieron al otro extremo. Para mi sorpresa, el tronco del árbol enseguida adoptó una posición horizontal. Me explicaron que la longitud del tronco desde las personas hasta la roca multiplicada por el peso de todas ellas sería igual a la longitud del tronco desde la roca hasta el mamut multiplicada por el peso del animal.

Estaba en medio de los cálculos para verificar esta increíble teoría cuando oí un grito. Al parecer, no todos los aldeanos habían bajado del tronco al mismo tiempo, y eso provocó que un muchacho saliera propulsado de forma espectacular. Pensé que algún día podría ser útil.



PALANCAS DE PRIMER GRADO

Hay tres tipos diferentes de palancas. Todas las que aparecen en estas dos páginas son palancas de primer grado. Son palancas en las que el punto de apoyo siempre se encuentra entre el esfuerzo y la carga.

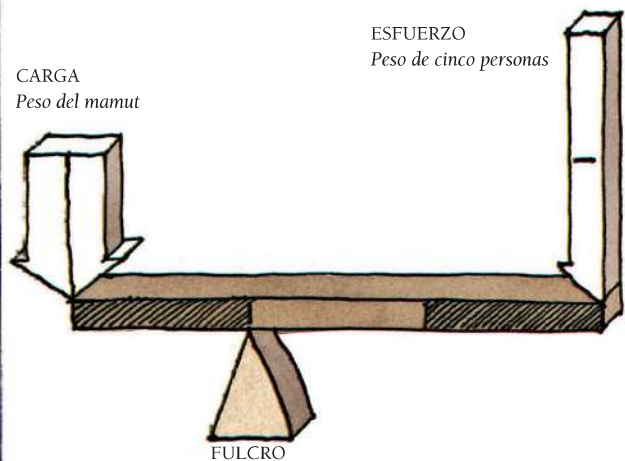
Si el fulcro se coloca en el centro, como en el diagrama de la izquierda, el esfuerzo y la carga están a la misma distancia de él y son iguales. El peso de las personas es el mismo que el peso del mamut.

Sin embargo, si las personas se colocan a una distancia del fulcro que es el doble que la distancia del fulcro al mamut, como en el diagrama de la derecha, basta con la mitad de personas para levantar al mamut. Y si las personas estuvieran tres veces más lejos del fulcro que el mamut, bastaría con una tercera parte, porque la palanca amplía la fuerza aplicada.

Estas palancas para pesar mamuts se equilibran para medir el peso. Este tipo de máquina de pesaje se denomina balanza. Cuando la palanca se detiene, la fuerza del esfuerzo equilibra la fuerza de la carga, que es su peso.

FULCRO DESCENTRADO

El esfuerzo está al doble de distancia del fulcro que la carga. Al situarse al doble de distancia, el esfuerzo se reduce a la mitad.



LA HIGIENE DEL MAMUT

Al comienzo de mis investigaciones, descubrí que a los mamuts huelen y, por lo tanto, también huele su entorno inmediato. Por eso me alegró observar que, para reducir cualquier pestilencia, el personal del prado de los mamuts entrena a los animales para que se sienten sobre unas esteras que se cambian con cierta regularidad.

Dado que los mamuts a menudo se niegan a moverse

una vez que se han acomodado, los cuidadores han aprendido a retirar las esteras mientras están en uso. Para ello, se desliza con cuidado un extremo de un tronco debajo del mamut. Al levantar el otro extremo desde una distancia considerable, el mamut se eleva lo suficiente como para que pueda retirarse la estera fétida.

Me sorprendió la facilidad con la que los cuidadores podían levantar a esos enormes animales. También observé que las carretillas son un recurso inestimable durante las sesiones de limpieza.

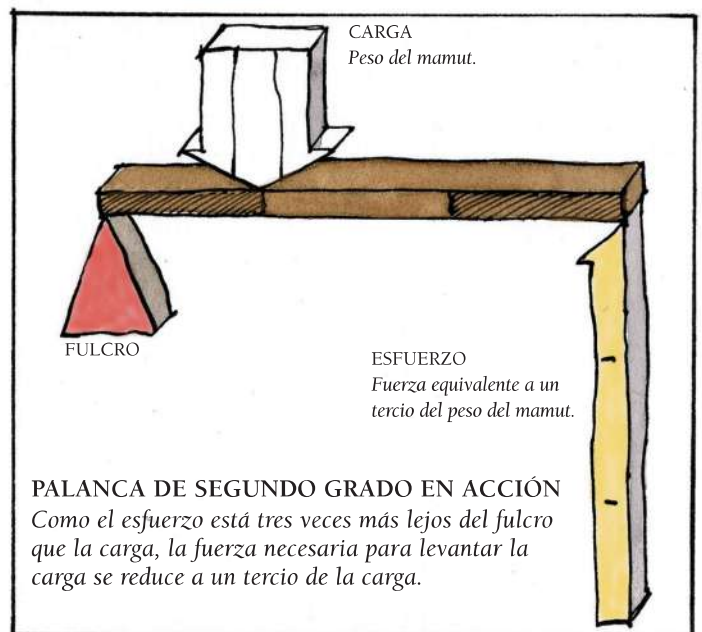


PALANCAS DE SEGUNDO GRADO

Tanto el elevador de mamuts como la carretilla son ejemplos de palancas de segundo grado. En este caso, el fulcro se encuentra en un extremo y el esfuerzo se aplica en el otro. La carga que hay que levantar se halla entre ambos.

Con este tipo de palanca, el esfuerzo siempre está más lejos del fulcro que la carga. Como resultado, la carga no puede moverse tanto como el esfuerzo, pero la fuerza con la que se mueve es siempre mayor que el esfuerzo. Cuanto más cerca del fulcro está la carga, más se aumenta la fuerza y más fácil resulta levantar la carga. Una palanca de segundo grado magnifica la fuerza, pero disminuye la distancia recorrida.

Una carretilla funciona igual que el elevador de mamuts: permite levantar y desplazar una carga pesada con la rueda como punto de apoyo. Las palancas también sirven para presionar objetos con gran fuerza. En este caso, la carga es la resistencia que el objeto opone a la fuerza de presión. Las tijeras y los cascanueces (p. 22) son ejemplos de palancas de primer y segundo grado. Estos dispositivos son palancas compuestas, es decir, pares de palancas articuladas en el fulcro.



PALANCA DE SEGUNDO GRADO EN ACCIÓN

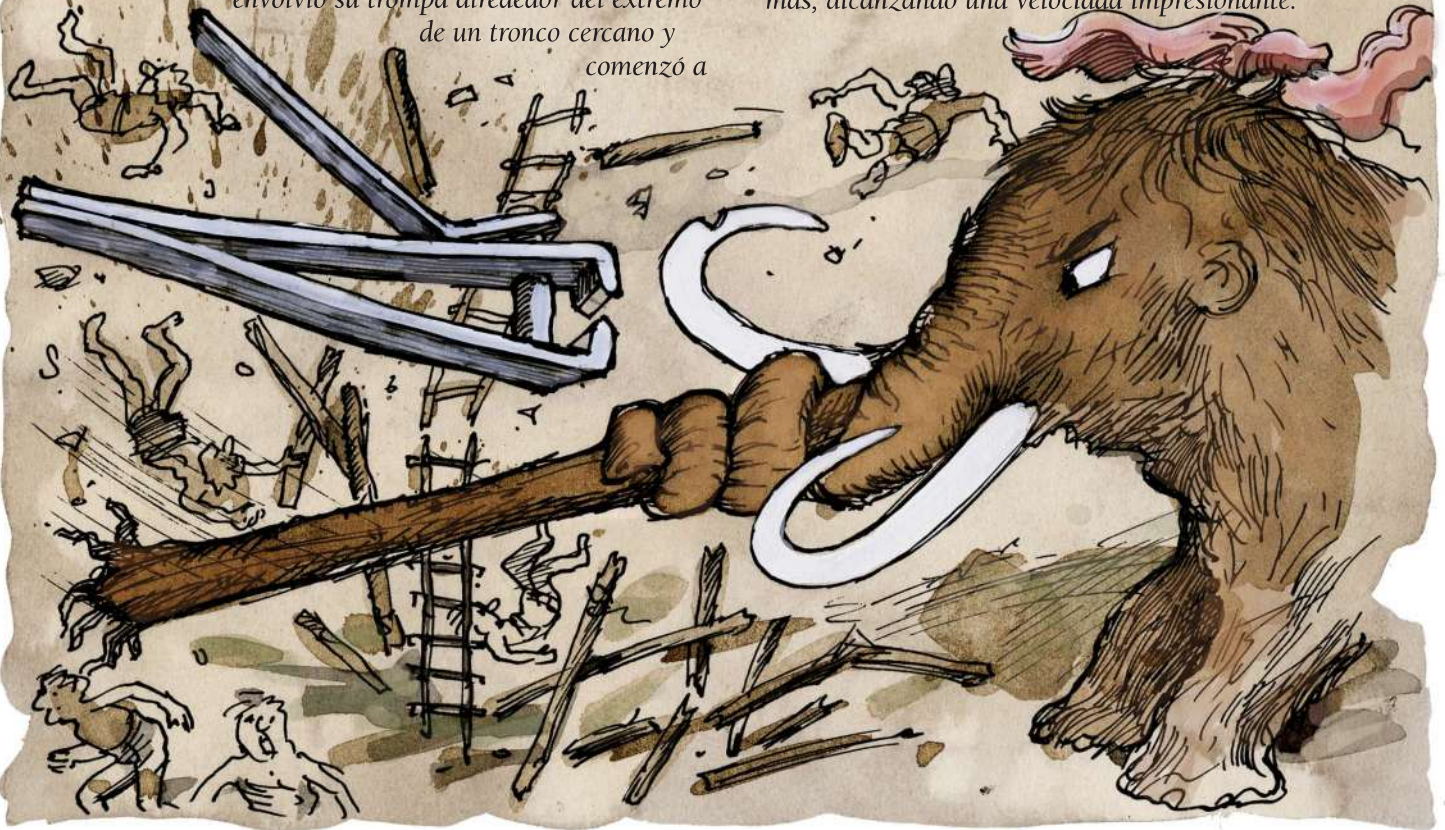
Como el esfuerzo está tres veces más lejos del fulcro que la carga, la fuerza necesaria para levantar la carga se reduce a un tercio de la carga.

RECORTE DE COLMILLOS Y PROBLEMAS RELACIONADOS

Observé con curiosidad cómo le recortaban los colmillos a un mamut como medida cautelar antes de transportarlo. El animal estaba muy descontento mientras los trabajadores le serraban y limaban los colmillos. La criatura enfurecida envolvió su trompa alrededor del extremo de un tronco cercano y comenzó a

sacudirlo de un lado a otro. Enseguida recordé el adagio que dice que sólo la ira de una mujer desechada supera a la furia de un mamut descontento.

Mientras presenciaba el derrumbe de la estructura montada para llevar a cabo el recorte de los colmillos, observé que, aunque la cabeza del mamut apenas oscilaba, el extremo libre del tronco se balanceaba mucho más, alcanzando una velocidad impresionante.

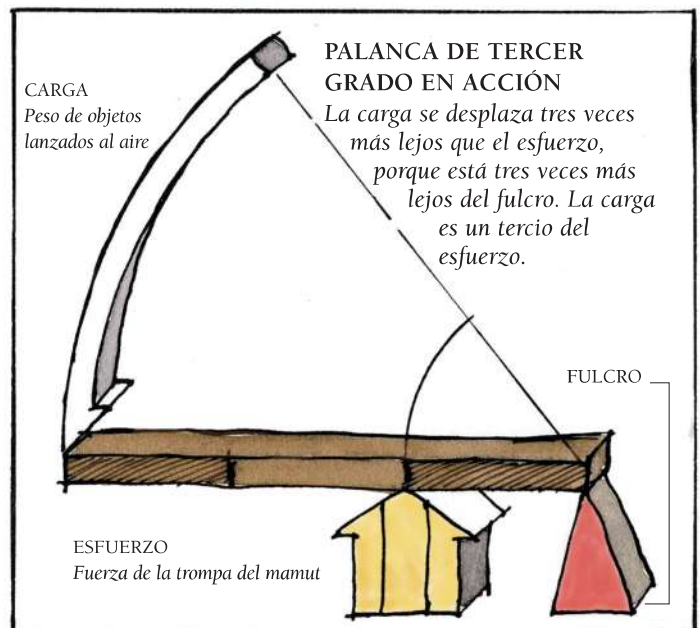


PALANCAS DE TERCER GRADO

Al extender su trompa con el tronco de un árbol, el mamut ahora tiene algo en común con artefactos tan inocuos como una caña de pescar o unas pinzas. Se ha convertido en una palanca gigante de tercer grado.

El fulcro vuelve a estar en un extremo de la palanca, pero las posiciones de la carga y el esfuerzo se invierten. La carga que hay que levantar o vencer está más alejada del fulcro, mientras que el esfuerzo se aplica entre el fulcro y la carga. Como la carga está más alejada, siempre se mueve con menos fuerza que el esfuerzo, pero recorre una distancia proporcionalmente mayor. Es decir, una palanca de tercer grado magnifica la distancia recorrida, pero reduce la fuerza.

El cuello del mamut es el fulcro, y el extremo del tronco se desplaza una distancia mayor que la trompa que lo sujeta. La fuerza con la que el tronco golpea a las personas es menor que el esfuerzo de la trompa, pero sigue siendo suficiente para superar su peso y hacerlos volar. El extremo del tronco se mueve más rápido que la trompa y alcanza una velocidad considerable que obliga a las personas a esquivarlo.



PALANCAS EN ACCIÓN



PALANCAS DE PRIMER GRADO

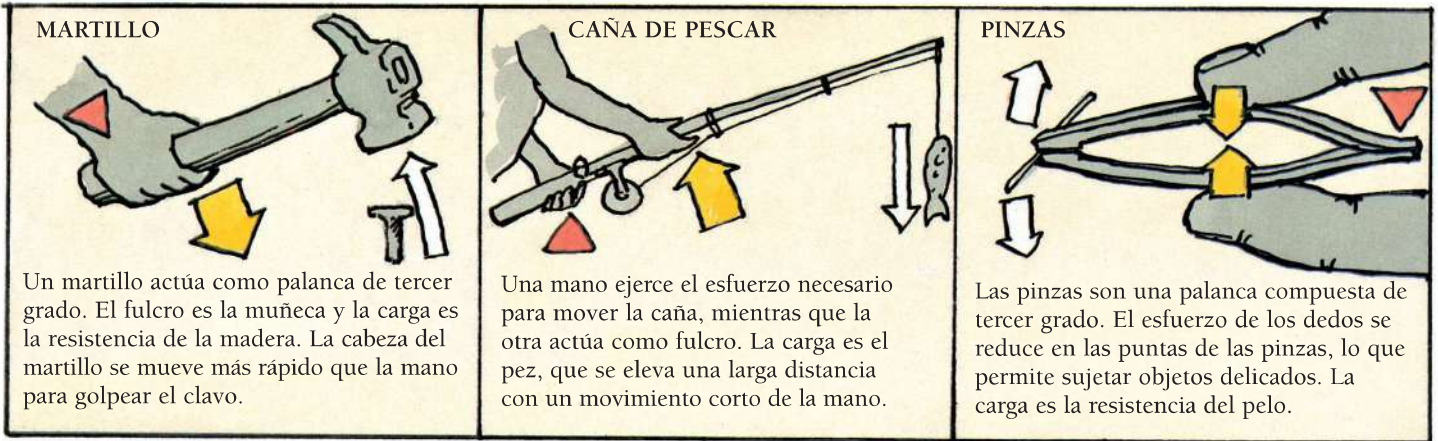
BALANZA El objeto a pesar es la carga, y las pesas hacen el esfuerzo. Se equilibran siendo del mismo peso cuando equidistan del fulcro. BALANZA ROMANA El fulcro está desviado del centro y la pesa se desplaza por la barra hasta que equilibra el objeto a pesar.	EXTRACTOR DE CLAVOS El esfuerzo de la mano se magnifica para arrancar un clavo; la carga es la resistencia del clavo a la extracción. CARRITO Inclinar las asas con un ligero esfuerzo levanta una carga pesada.	TENAZAS Se trata de una palanca compuesta (dos palancas con una bisagra en el fulcro). La carga es la resistencia de un objeto al agarre de las tenazas. TIJERAS Las tijeras son una palanca compuesta de primer grado. Producen una fuerte acción de corte muy cerca de la bisagra. La carga es la resistencia de la tela a las hojas de corte.
---	--	--

PALANCAS DE SEGUNDO GRADO

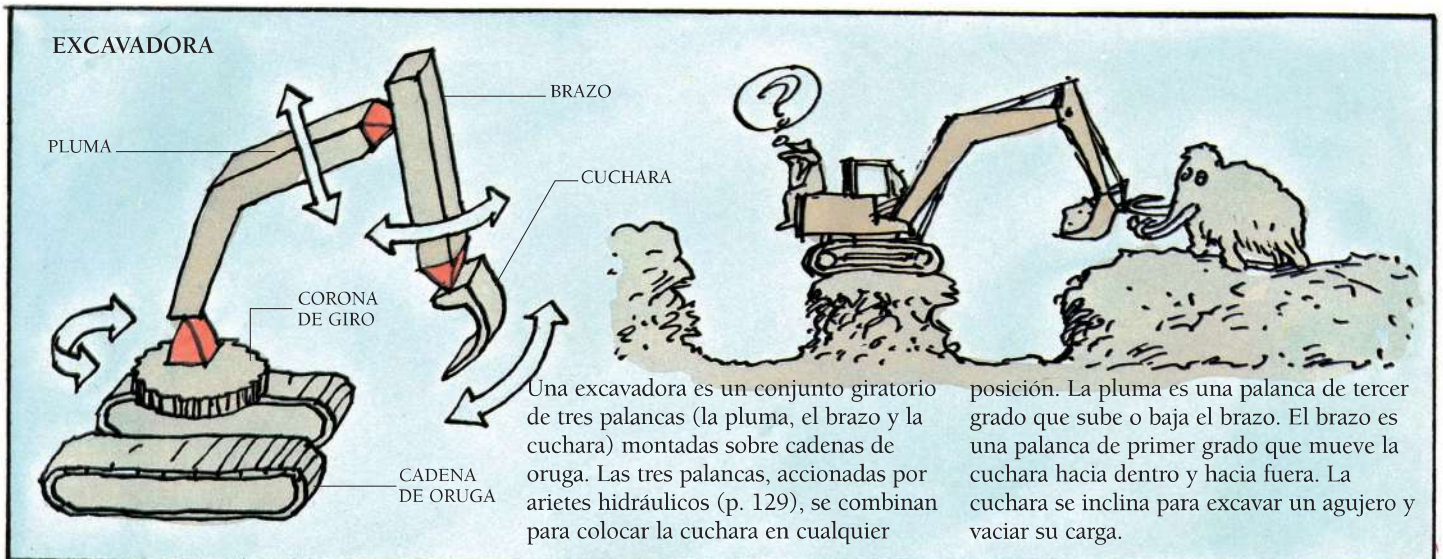
CARRETILLA Levantar las asas con un ligero esfuerzo eleva una carga pesada situada más cerca de la rueda.	ABREBOTELLAS Levantar el mango del abrebotellas supera la fuerte resistencia del tapón.	CASCANUECES Un cascanueces es una palanca compuesta de segundo grado. La carga es la resistencia de la cáscara.
---	---	---

PALANCAS

PALANCAS DE TERCER GRADO

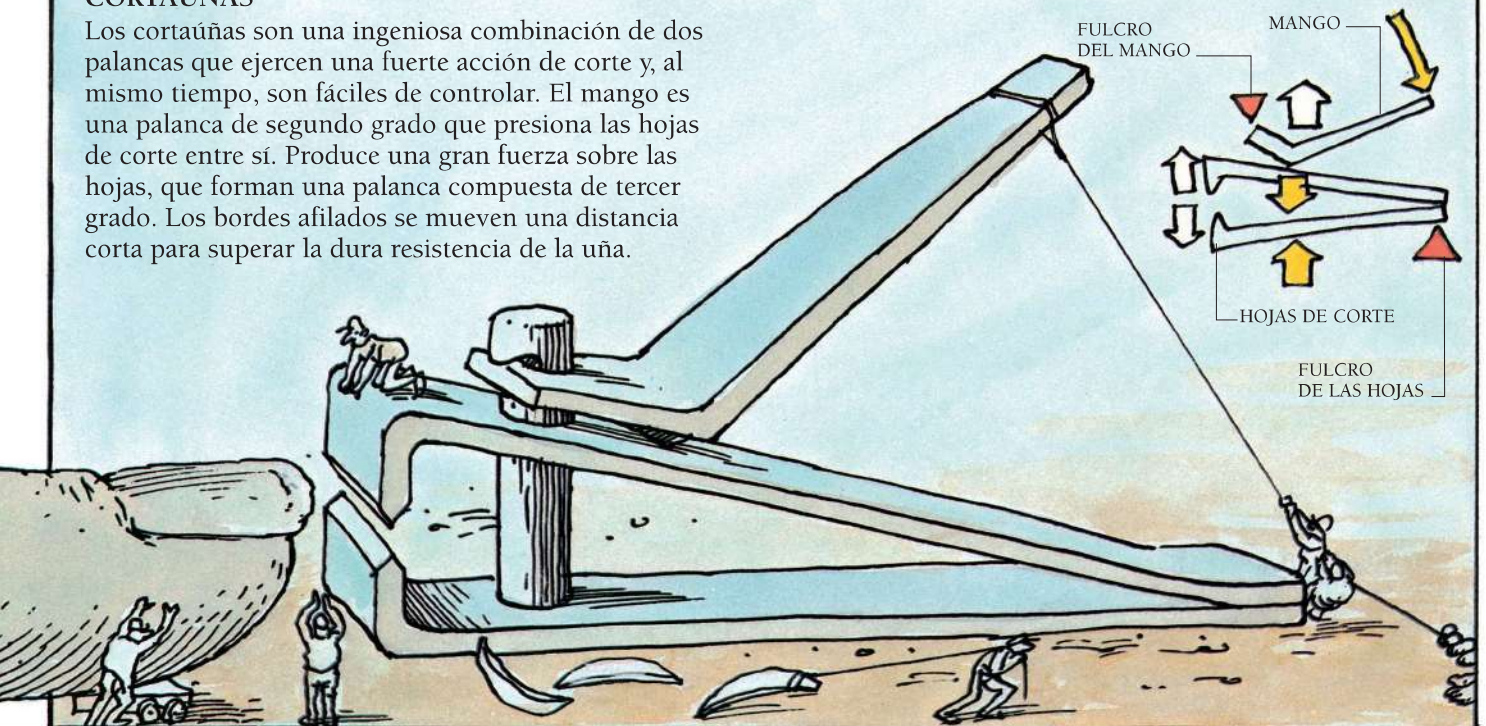


PALANCAS MÚLTIPLES



CORTAÚÑAS

Los cortaúñas son una ingeniosa combinación de dos palancas que ejercen una fuerte acción de corte y, al mismo tiempo, son fáciles de controlar. El mango es una palanca de segundo grado que presiona las hojas de corte entre sí. Produce una gran fuerza sobre las hojas, que forman una palanca compuesta de tercer grado. Los bordes afilados se mueven una distancia corta para superar la dura resistencia de la uña.



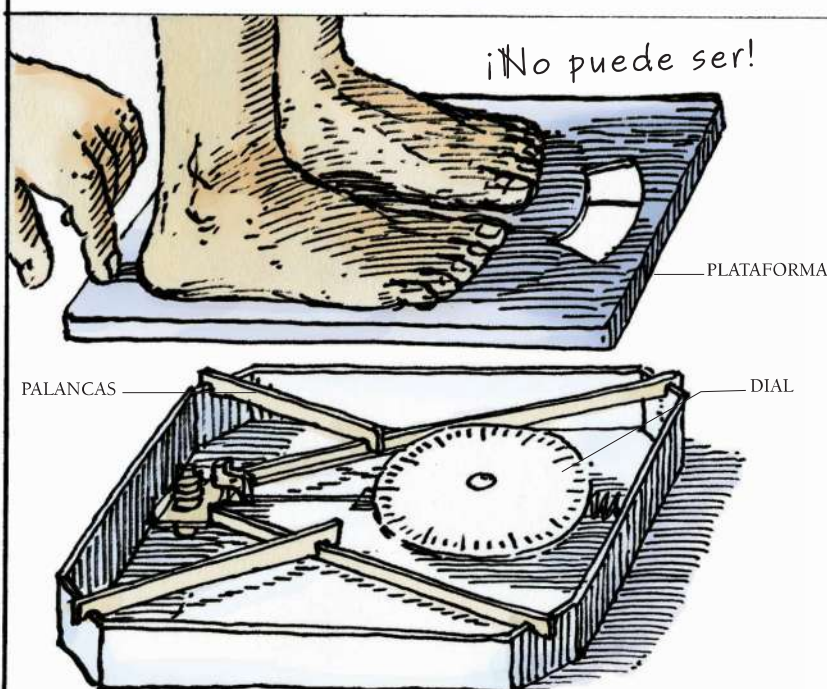
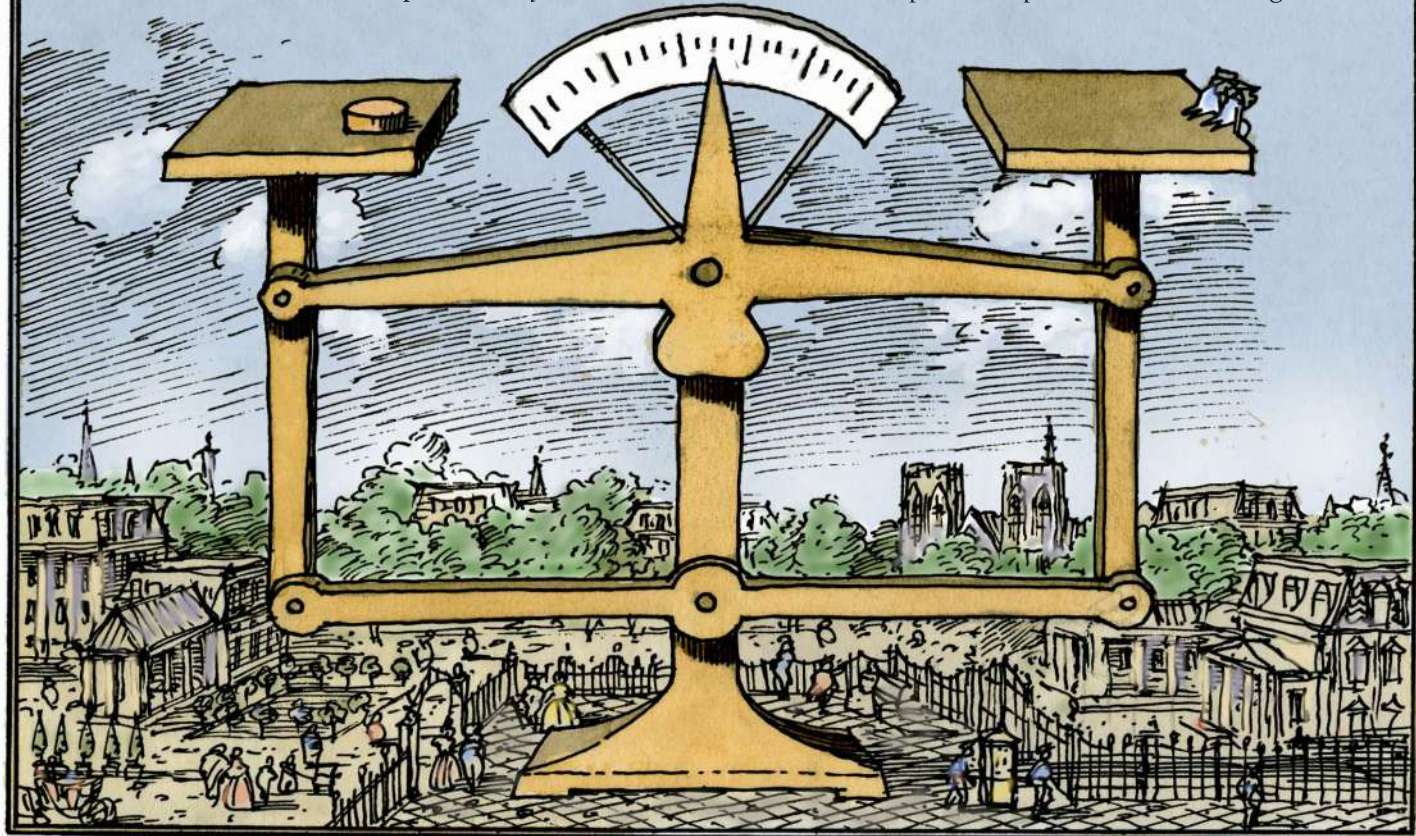
MÁQUINAS DE PESAJE

EL ENIGMA DE ROBERVAL

Esta sencilla balanza de cocina se basa en el enigma de Roberval, un sistema de palancas paralelas ideado por el matemático francés Gilles de Roberval en 1669. El sistema permite que los platos permanezcan horizontales y que los objetos y pesas puedan colocarse en toda el área de los platos sin que eso

afecte a la precisión de la balanza. Parece desafiar el principio de las palancas, de ahí el enigma, pero el peso actúa sobre el soporte de cada plato, y no sobre su posición en él.

Una balanza es una palanca de primer grado. Como los centros de los dos platos equidistan del pivote central, se equilibran cuando el peso de un plato es igual al del otro. Las balanzas con platos suspendidos funcionan igual.

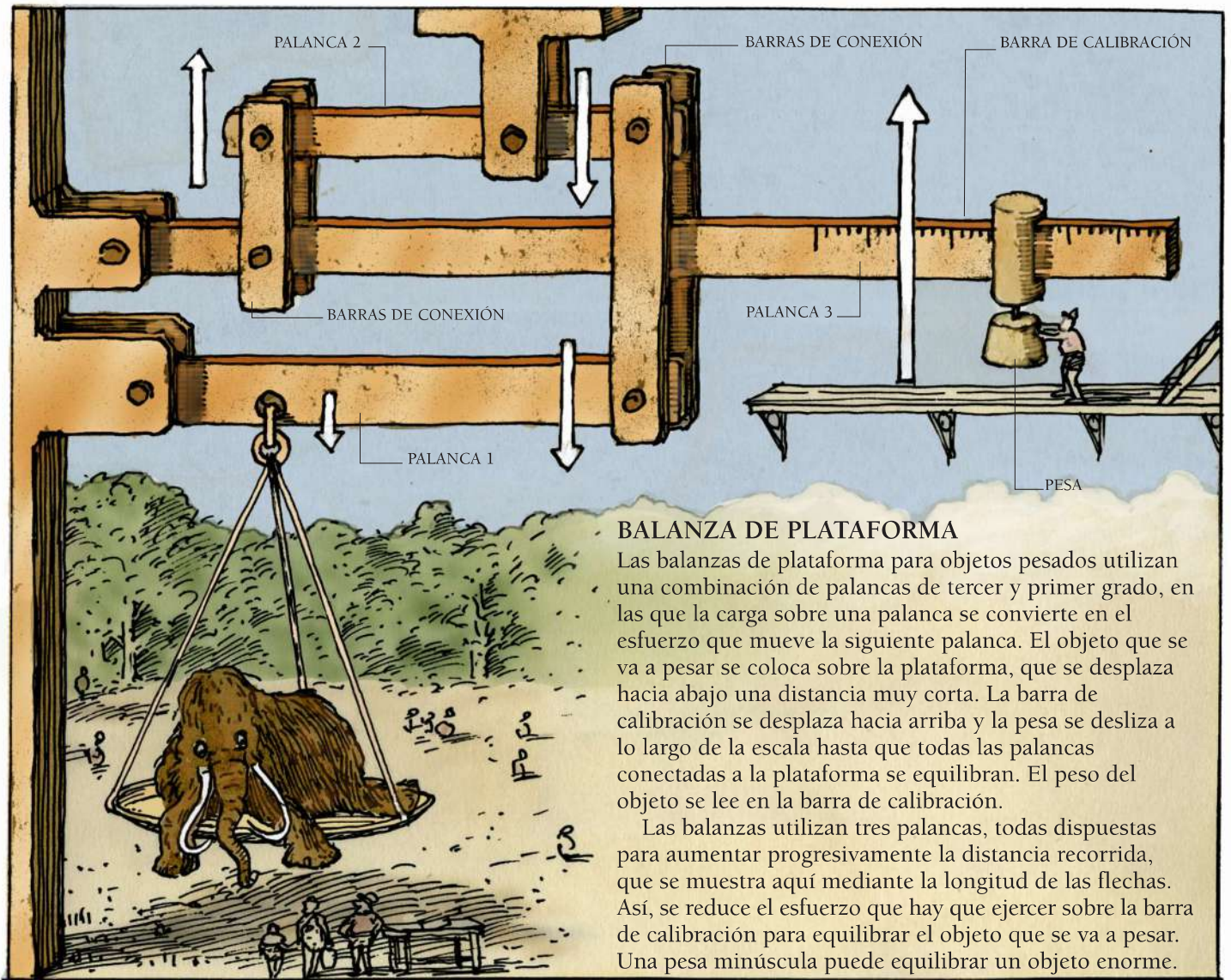


BÁSCULA DE BAÑO

Por motivos de seguridad, la báscula apenas se moverá cuando te subas a ella, sea cual sea tu peso. El mecanismo interno magnifica este minúsculo movimiento, girando el dial para registrar tu peso.

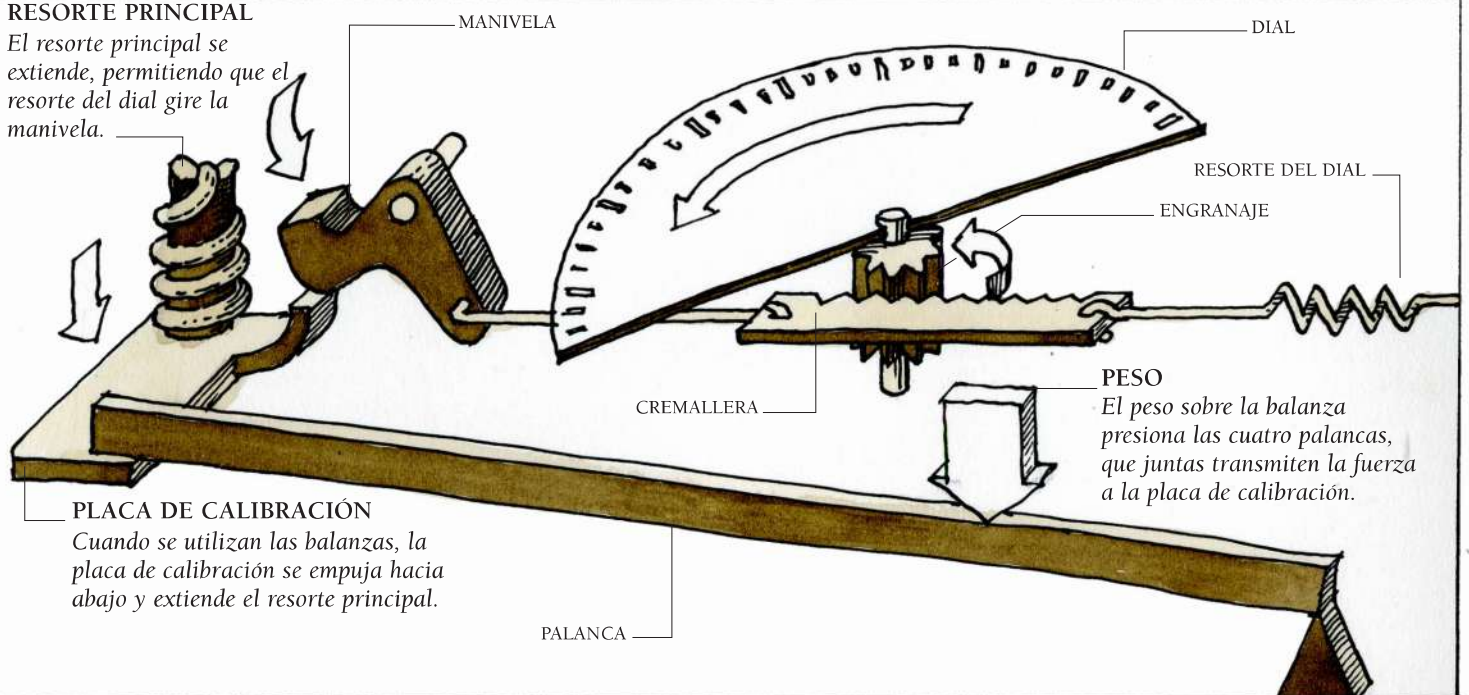
Un sistema de palancas de tercer grado que pivota sobre la caja situada debajo de la plataforma transmite el movimiento a la placa de calibración, que está unida al potente resorte principal. Las palancas empujan la placa hacia abajo y extienden el resorte en una proporción exacta a tu peso, una de las propiedades clave de los resortes (pp. 78-79). La manivela, una palanca de primer grado, gira, impulsada por otro resorte unido al mecanismo del dial. Éste contiene un engranaje de cremallera y piñón (p. 37) que gira el dial y muestra tu peso a través de una ventana en la plataforma.

Cuando bajas de la plataforma, el resorte principal se retrae, la plataforma se eleva y gira la manivela para volver a poner el dial a cero.



RESORTE PRINCIPAL

El resorte principal se extiende, permitiendo que el resorte del dial gire la manivela.



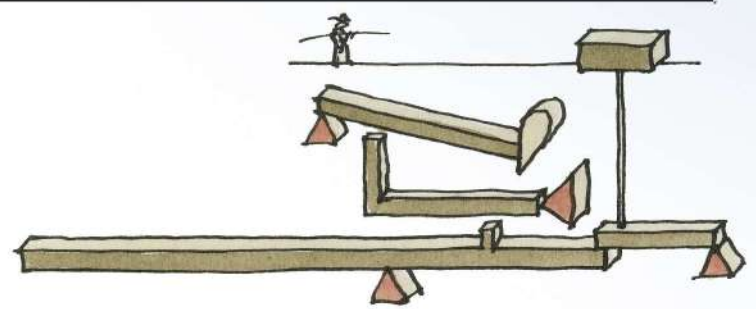
PIANO DE COLA

Cada tecla de un piano está conectada a un complejo sistema de palancas llamado mecanismo. Las palancas transmiten el movimiento de la yema del dedo al martillo con punta de fieltro que golpea la cuerda tensada del piano y produce una nota. El mecanismo aumenta el movimiento, de modo que el martillo se desplaza una distancia mayor que la yema del dedo del intérprete. El sistema de palancas es muy sensible, lo que permite al pianista tocar distintas notas con rapidez.



PARTES DEL MECANISMO

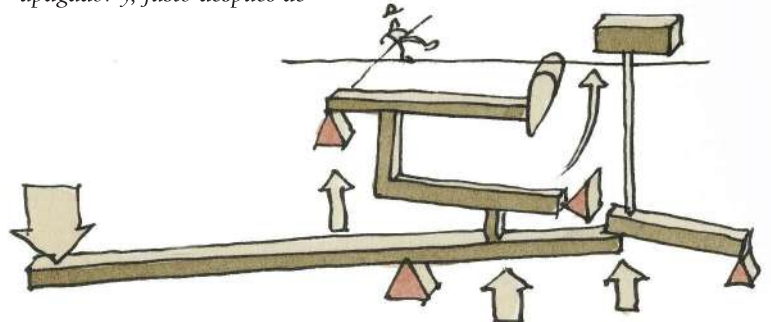
1. TECLA
2. PUENTE
3. PALANCA DE ESCAPE
4. CÁPSULA DEL MARTILLO
5. PALANCA DE REPETICIÓN
6. MARTILLO
7. CUERDA
8. APAGADOR
9. ATRAPE



EL MECANISMO EN ACCIÓN

La tecla eleva el puente, que empuja la palanca de escape contra la cápsula del martillo y levanta la palanca del martillo. La tecla también eleva el apagador y, justo después de

golpear la cuerda, el martillo vuelve a caer, permitiendo que la cuerda suene. Al soltar la tecla, el apagador vuelve a caer sobre la cuerda y corta el sonido.



PEDALES

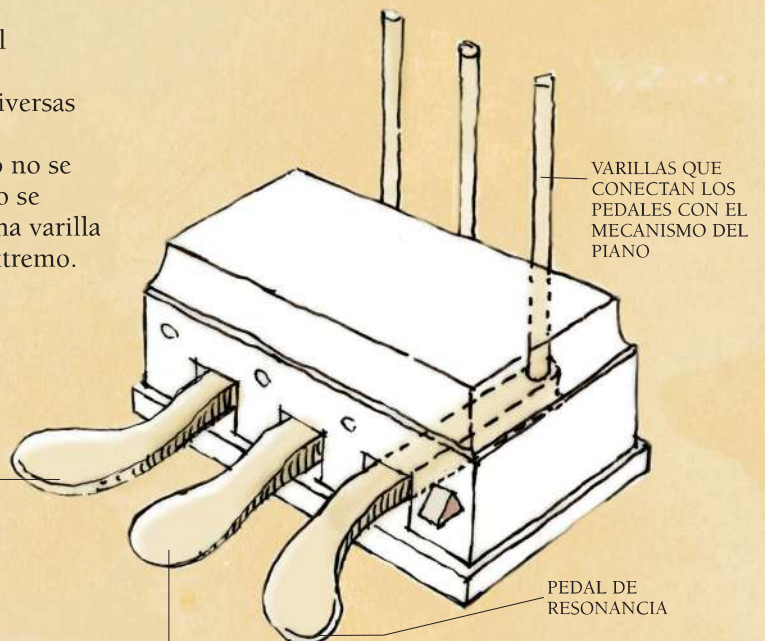
Los pedales del piano modifican el sonido que produce el instrumento. Son palancas de primer grado (p. 19), que transmiten la fuerza aplicada por el pie del intérprete a diversas partes del interior del piano. Como el punto de apoyo se encuentra a mitad de la longitud del pedal, al presionarlo no se modifica la intensidad de la fuerza aplicada, sino que sólo se cambia su dirección: un extremo de la palanca empuja una varilla hacia arriba cada vez que el intérprete presiona el otro extremo.

PEDAL UNICORDIO

La mayoría de las teclas tienen dos o tres cuerdas, que se golpean a la vez para producir la nota. El pedal unicordio desplaza el martillo hacia un lado, de modo que sólo golpea una o dos de las tres cuerdas, produciendo un sonido más suave.

PEDAL SOSTENUTO

El pedal central mantiene accionados los apagadores que ya se hayan levantado de las cuerdas. De este modo, ciertas notas pueden sostenerse mientras otras suenan normalmente.



VARILLAS QUE CONECTAN LOS PEDALES CON EL MECANISMO DEL PIANO

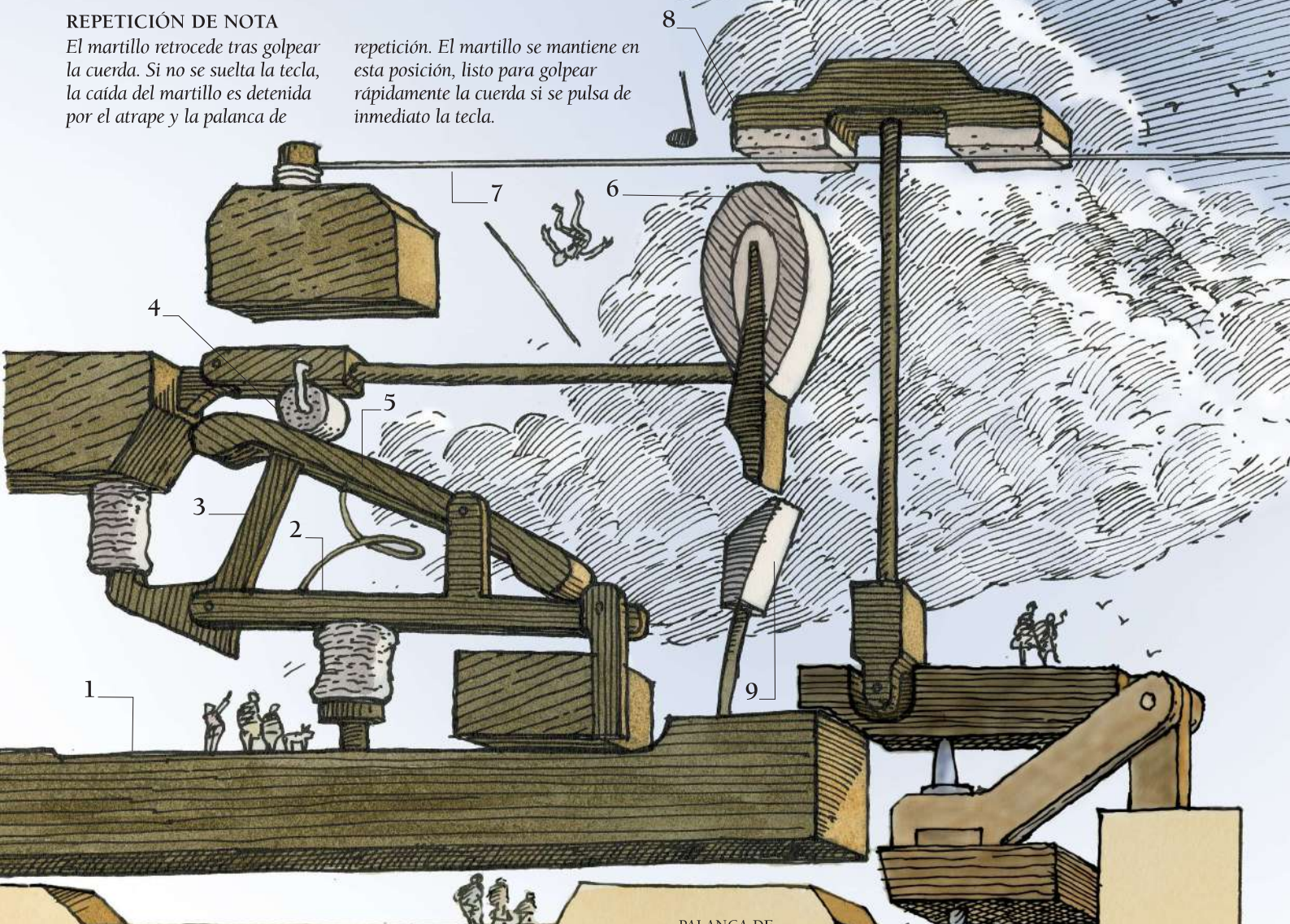
PEDAL DE RESONANCIA

PALANCAS

REPETICIÓN DE NOTA

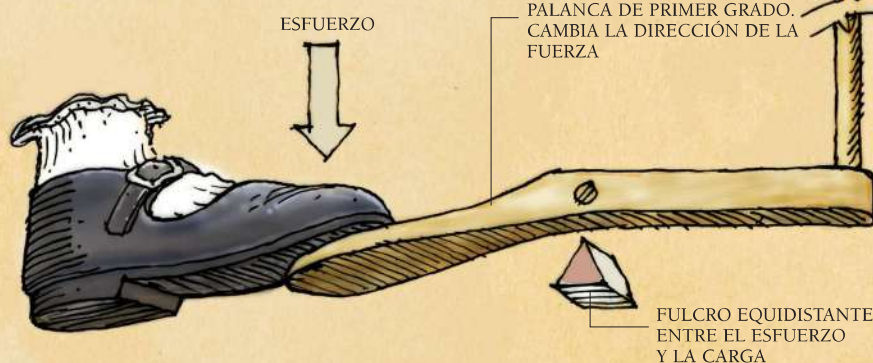
El martillo retrocede tras golpear la cuerda. Si no se suelta la tecla, la caída del martillo es detenida por el atrape y la palanca de

repetición. El martillo se mantiene en esta posición, listo para golpear rápidamente la cuerda si se pulsa de inmediato la tecla.



PEDAL DE RESONANCIA

El pedal de resonancia levanta los apagadores de todas las cuerdas del piano. Esto permite que las notas que se han tocado sigan sonando y que otras cuerdas vibren, lo que da al piano un sonido abierto y reverberante.



PALANCA DE SEGUNDO GRADO. AUMENTA LA FUERZA

LA VARILLA TRANSMITE LA FUERZA A OTRA PALANCA

FULCRO

AMPLIACIÓN DE LA FUERZA

Una leve presión sobre el pedal de resonancia puede elevar el peso de los apagadores a lo largo del teclado. El pedal en sí es una palanca de primer grado, que modifica la presión hacia abajo en una elevación. La fuerza proporcionada por el pie del intérprete se amplía mediante una palanca de segundo grado, cuyo punto de apoyo está más cerca de la carga que del esfuerzo.

FRENO DE BICICLETA

Un pequeño esfuerzo con las manos puede acabar en un instante con todo el esfuerzo realizado por las piernas para que la bicicleta alcance velocidad. El freno de una bici consta de un conjunto de tres palancas. Éstas transmiten la fuerza con la que la mano aprieta la maneta a las zapatas, que a su vez rozan las llantas de las ruedas. Cada maneta multiplica la fuerza de apriete. Los dos brazos de cada freno presionan las zapatas contra las llantas y producen la fricción suficiente (p. 82) para detener la bicicleta.

PIVOTE

CABLE

MANETA DEL FRENO
La maneta tira del cable que la conecta al freno. Es una palanca de segundo grado. El extremo de la maneta se desplaza una distancia mayor que el cable, que se tensa con más fuerza que la ejercida por la mano.

BRAZO

PIVOTE

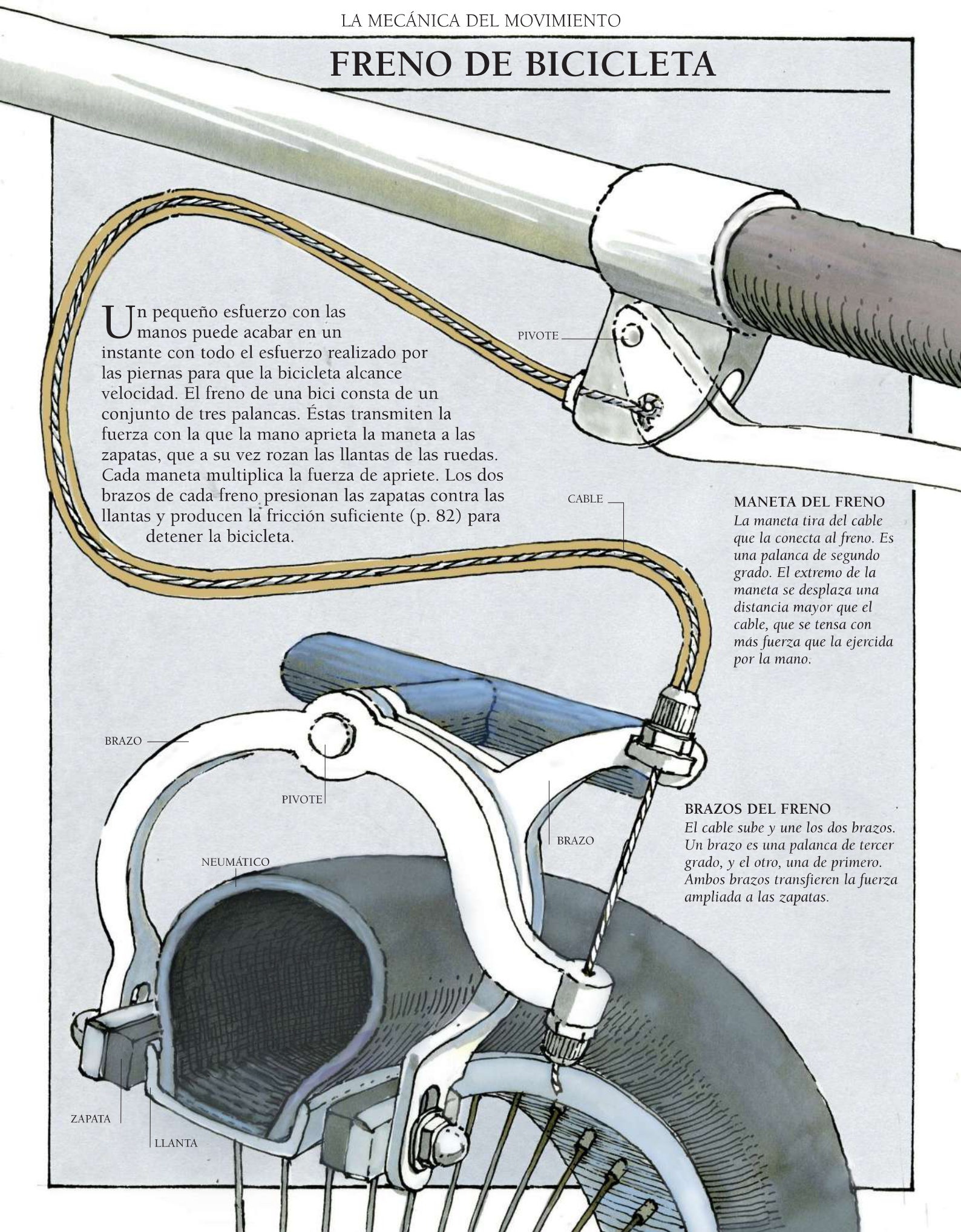
NEUMÁTICO

BRAZO

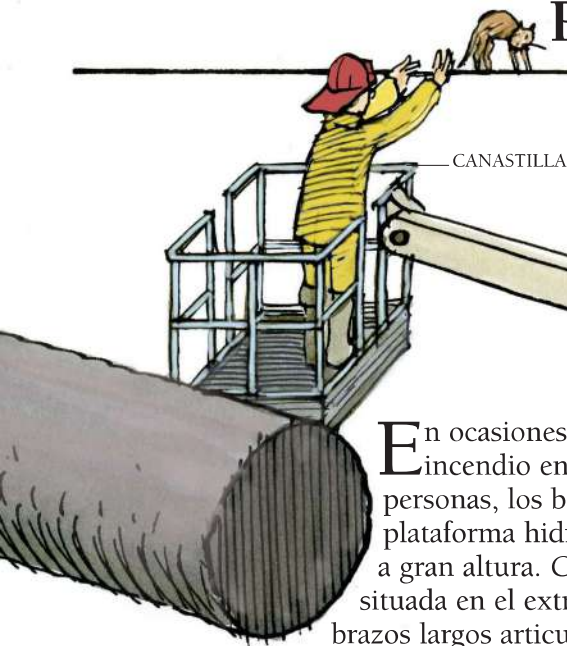
BRAZOS DEL FRENO
El cable sube y une los dos brazos. Un brazo es una palanca de tercer grado, y el otro, una de primero. Ambos brazos transfieren la fuerza ampliada a las zapatas.

ZAPATA

LLANTA



PLATAFORMA HIDRÁULICA



CANASTILLA

ELEVADOR SUPERIOR

Un cilindro montado en el elevador inferior se retrae para que suba la base del elevador superior. Este esfuerzo sube el extremo de la pluma para levantar la canastilla y al bombero hasta la posición deseada.

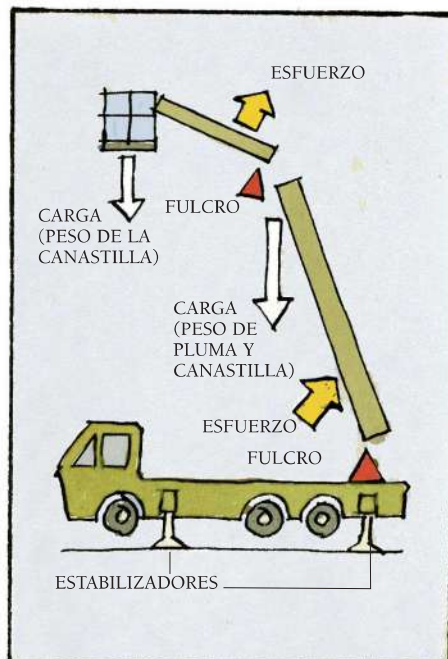
En ocasiones, hay que combatir un incendio en un edificio alto. Para rescatar personas, los bomberos utilizan una plataforma hidráulica que les permite elevarse a gran altura. Consiste en una canastilla situada en el extremo de un par de plumas o brazos largos articulados. El vehículo que transporta la plataforma primero baja los estabilizadores para fijarla al suelo con firmeza. A continuación, unos pistones hidráulicos (p. 129) desplazan las plumas, que son palancas de tercer grado. Los extremos superiores se elevan una distancia mayor que los cilindros, de modo que las

plumas pueden extenderse para alcanzar el fuego o a las personas.

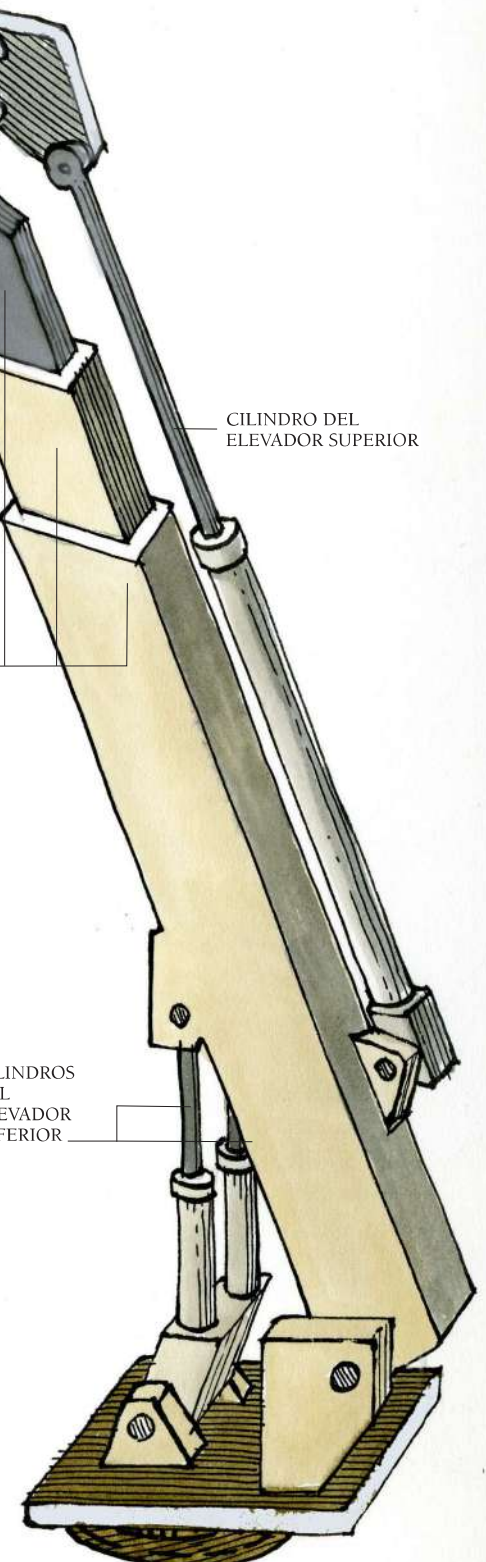
PLUMA EXTENSIBLE

ELEVADOR INFERIOR

Un par de cilindros levanta la base del elevador. El elevador inferior contiene varias secciones que se extienden para levantar el elevador superior.



CILINDROS DEL ELEVADOR INFERIOR



LA RUEDA Y EL EJE

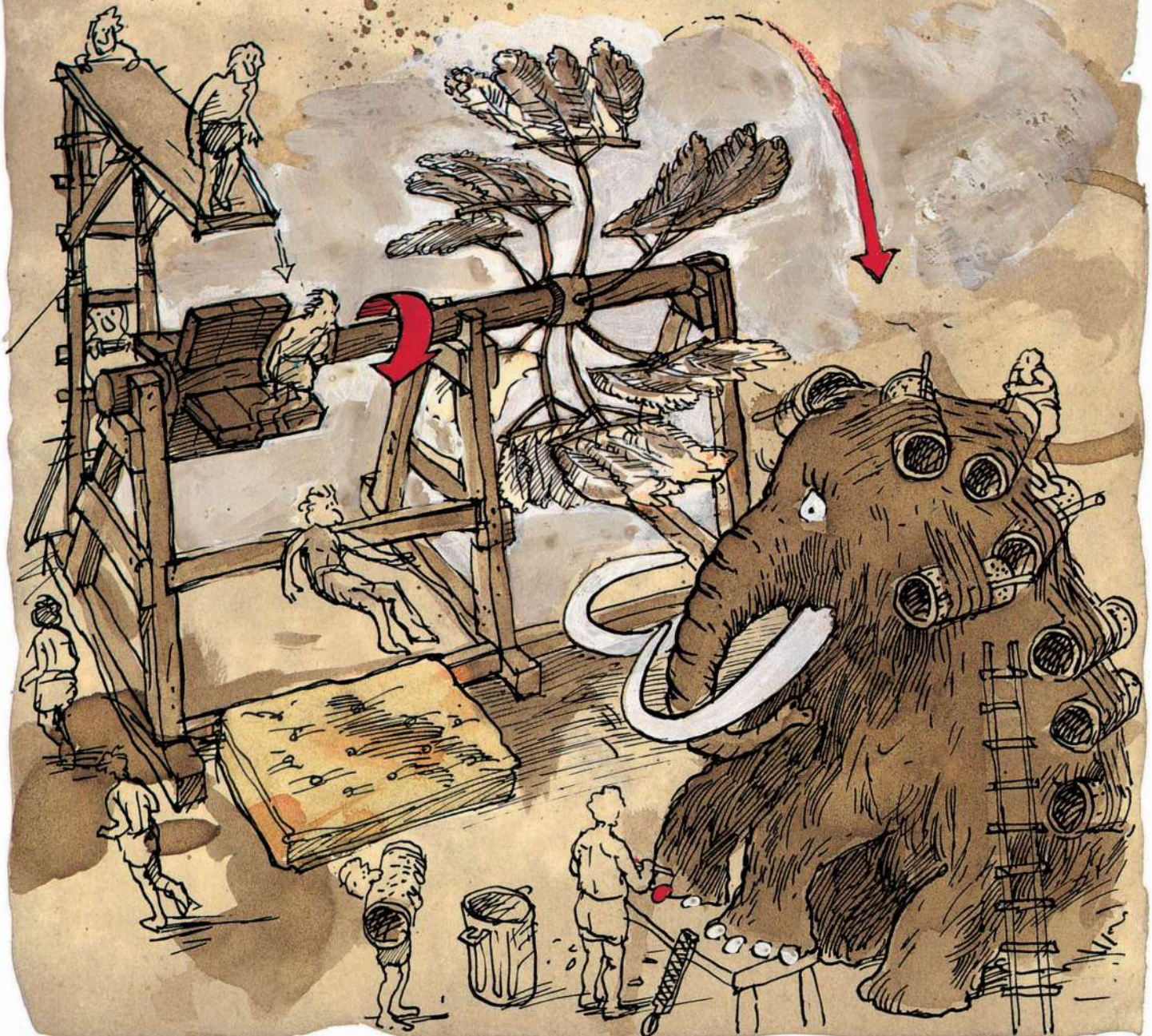
LA LIMPIEZA DE LOS MAMUTS

El problema de lavar a un mamut, suponiendo que puedas acercarte lo suficiente con el agua (una cuestión que abordaré más adelante), es el tiempo que tarda en secarse el pelaje del animal. El problema se complica cuando no hace sol.

Recordando el incidente entre el mamut y los recortadores de colmillos, y sobre todo el movimiento del extremo libre del tronco, inventé un secador mecánico. Estaba compuesto por plumas fijadas a los

extremos de largos radios que salían de un eje resistente. En el otro lado del eje había un conjunto de tablas cortas. Toda la máquina funcionaba gracias a una fila continua de trabajadores ágiles que saltaban uno tras otro desde una plataforma elevada a las tablas. Su peso en las tablas hacía girar el eje. Como los radios del extremo opuesto del eje eran considerablemente más largos que las tablas, sus extremos con plumas giraban a mayor velocidad, generando así el viento constante necesario para un secado rápido.

Un colega me sugirió una vez que sustituyera la fuerza humana por un flujo constante de agua. No le dejé ninguna duda sobre mi opinión acerca de esa ridícula propuesta.



En el mismo pueblo donde construí mi primer secador de plumas, comenzó la extraña —aunque muy de moda— práctica de modificar los colmillos. Ataban un mamut con los ojos vendados a un poste fijo o a un árbol mediante cuerdas sujetas a sus colmillos. El otro extremo de las cuerdas se fijaba al tambor de un potente cabrestante, un dispositivo muy ingenioso. A medida que los trabajadores giraban el tambor con unas manivelas

que sobresalían de él, conseguían enderezar los colmillos. Mantener los colmillos rectos requería, por supuesto, visitas frecuentes, lo que resultaba bastante lucrativo. Ahora bien, como el proceso no sólo impedía que el mamut pasara por las puertas, sino que también afectaba a la respiración del animal, tuvo que abandonarse.

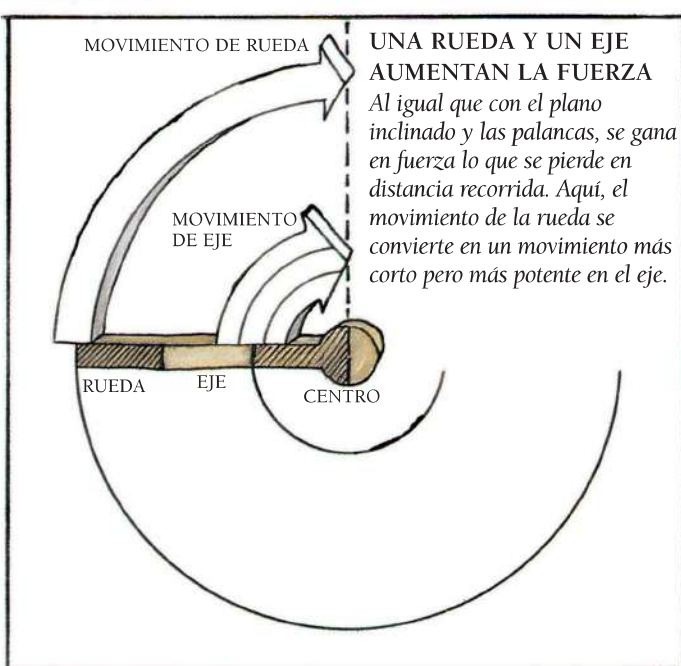


RUEDAS COMO PALANCAS

Aunque muchas máquinas funcionan con piezas que se mueven en vertical o en horizontal, la mayoría dependen del movimiento giratorio. Estas máquinas contienen ruedas, y no sólo como las que ruedan por las carreteras. Los dispositivos de rueda y eje, que se utilizan para transmitir fuerza, son igual de importantes. Hay dispositivos que parecen ruedas con ejes; otros, no. Pero todos giran alrededor de un punto fijo para actuar como una palanca giratoria.

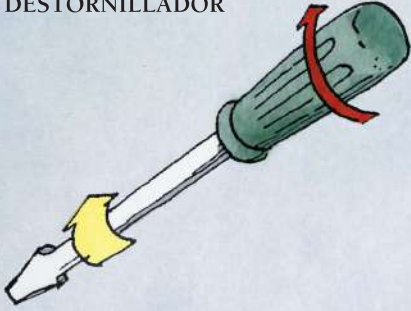
El centro de la rueda y el eje es el fulcro de la palanca giratoria. La rueda es la parte exterior de la palanca y el eje es la parte interior, cerca del centro. En el secador de mamuts, las plumas forman la rueda y las tablas son el eje. En el cabrestante, el tambor es el eje y las manivelas forman la rueda.

A medida que el dispositivo gira, la rueda se mueve una distancia mayor que el eje, pero gira con menos fuerza. El esfuerzo aplicado a la rueda, como en el cabrestante, hace que el eje gire con una fuerza mayor. Muchas máquinas usan la rueda y el eje para aumentar la fuerza. Girar el eje, como en el secador de mamuts, hace que la rueda se mueva a una velocidad mayor que el eje.

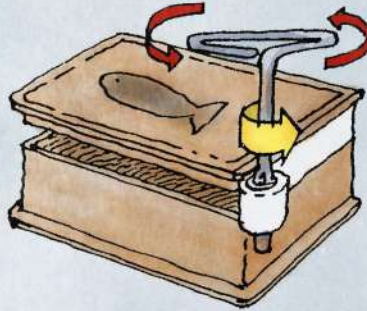


LA RUEDA Y EL EJE EN ACCIÓN

DESTORNILLADOR

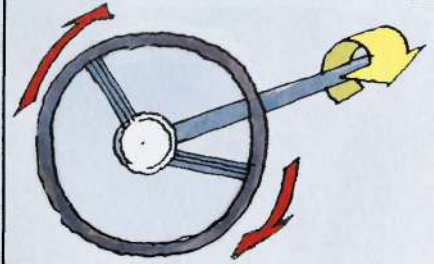


El mango de un destornillador no sólo sirve para sujetarlo. También amplifica la fuerza con la que lo giras para apretar o aflojar el tornillo.



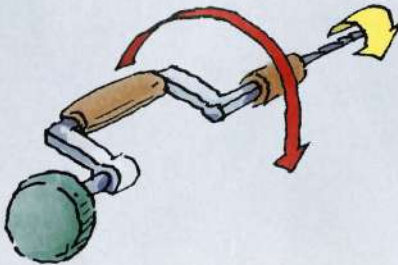
LATA DE SARDINAS

La llave de una lata de sardinas ejerce una gran fuerza para separar la plancha metálica de sellado de la lata.



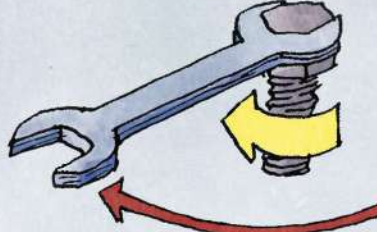
VOLANTE

La fuerza de las manos del conductor se amplifica, hace girar el eje y produce la fuerza suficiente para accionar el mecanismo de dirección.



BERBIQUÍ

El mango del berbiquí se mueve una distancia mayor que la broca en el centro, por lo que la broca gira con una fuerza mayor que el mango.



LLAVE FIJA

Al girar un extremo de la llave se ejerce una gran fuerza sobre la cabeza hexagonal del tornillo situado en el otro extremo, apretándolo.



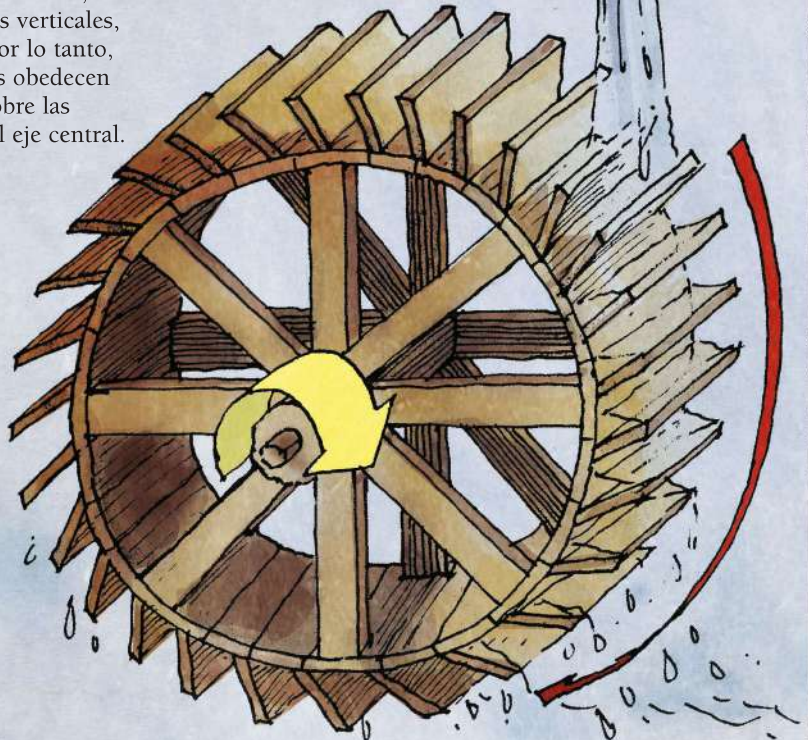
GRIFO

La llave de un grifo amplifica la fuerza de la mano para atornillar firmemente la junta del interior y evitar que el grifo gotee.

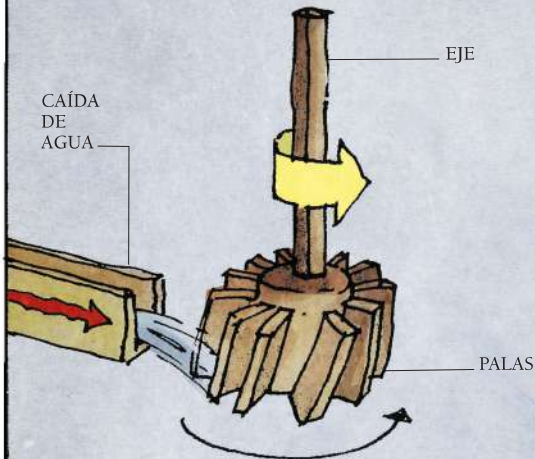
RUEDA HIDRÁULICA

La primera rueda hidráulica, un molino griego del siglo I a. C., tenía una rueda horizontal. Fue sustituida por ruedas verticales, que podían construirse en tamaños más grandes y, por lo tanto, desarrollaban mayor potencia. Las ruedas hidráulicas obedecen al principio de la rueda y el eje: la fuerza del agua sobre las palas del borde produce una gran fuerza motriz en el eje central.

RUEDA HIDRÁULICA DE CHORRO SUPERIOR



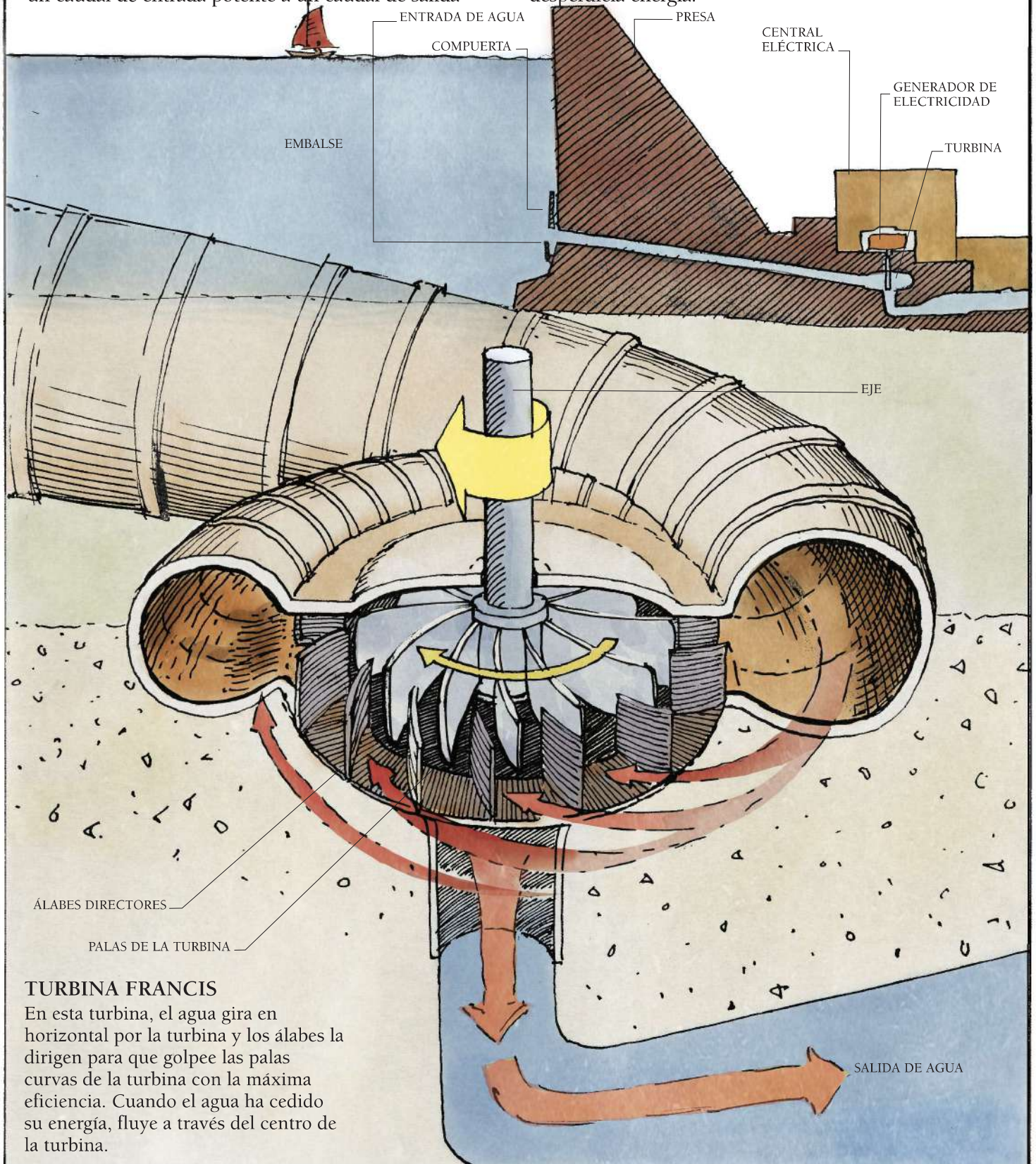
MOLINO GRIEGO



TURBINA HIDROELÉCTRICA

Las centrales hidroeléctricas utilizan turbinas hidráulicas que son descendientes directas de las ruedas hidráulicas. Una turbina eficiente extrae la mayor cantidad de energía posible del agua, reduciendo un caudal de entrada potente a un caudal de salida

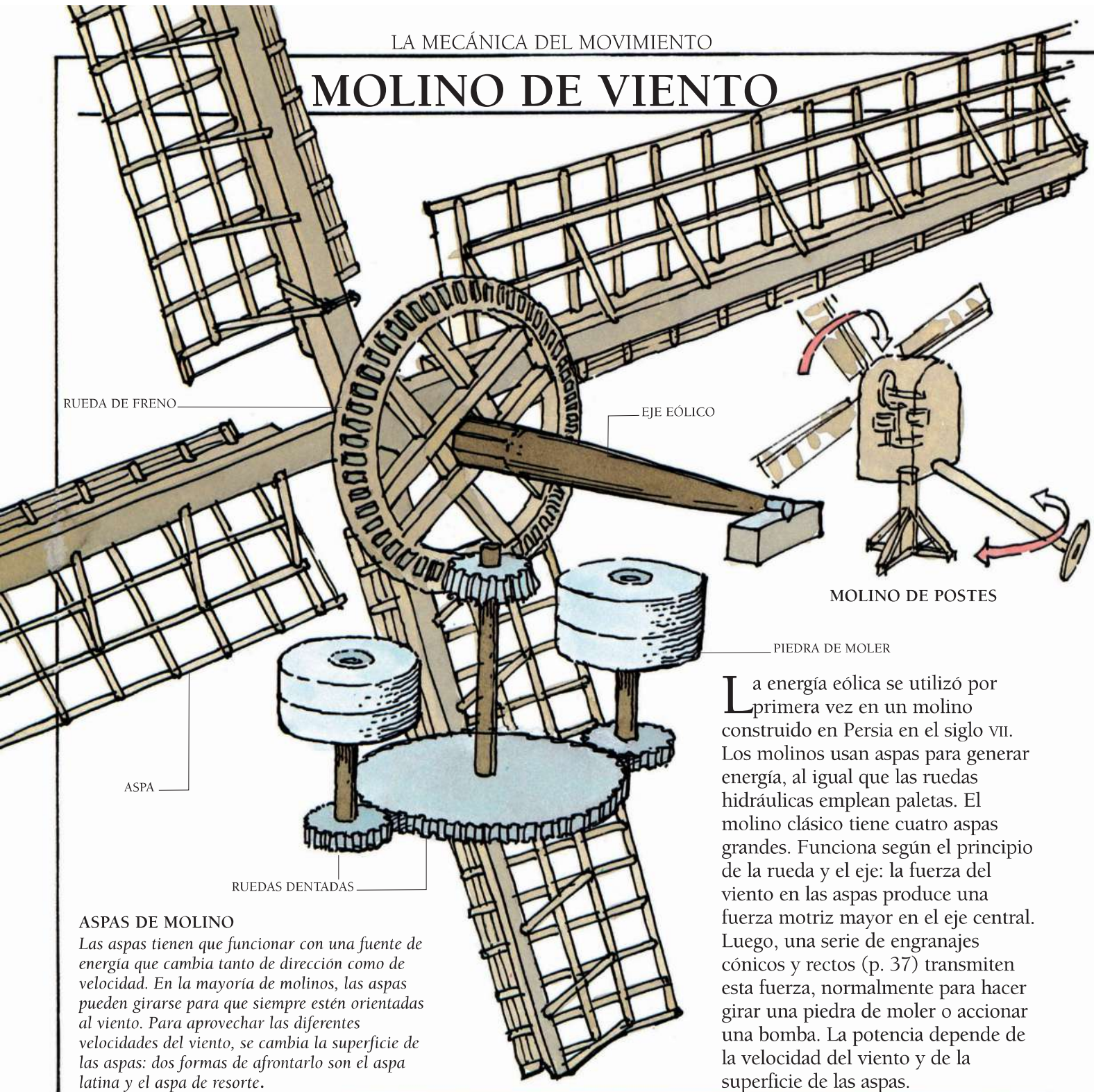
relativamente débil. Las turbinas modernas, como la turbina Francis que se muestra aquí, están cuidadosamente diseñadas para que el agua sea guiada hacia las palas con la mínima turbulencia que desperdicia energía.



TURBINA FRANCIS

En esta turbina, el agua gira en horizontal por la turbina y los álabes la dirigen para que golpee las palas curvas de la turbina con la máxima eficiencia. Cuando el agua ha cedido su energía, fluye a través del centro de la turbina.

MOLINO DE VIENTO



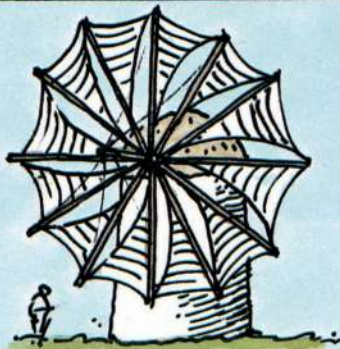
ASPAS DE MOLINO

Las aspas tienen que funcionar con una fuente de energía que cambia tanto de dirección como de velocidad. En la mayoría de molinos, las aspas pueden girarse para que siempre estén orientadas al viento. Para aprovechar las diferentes velocidades del viento, se cambia la superficie de las aspas: dos formas de afrontarlo son el aspa latina y el aspa de resorte.

La energía eólica se utilizó por primera vez en un molino construido en Persia en el siglo VII. Los molinos usan aspas para generar energía, al igual que las ruedas hidráulicas emplean paletas. El molino clásico tiene cuatro aspas grandes. Funciona según el principio de la rueda y el eje: la fuerza del viento en las aspas produce una fuerza motriz mayor en el eje central. Luego, una serie de engranajes cónicos y rectos (p. 37) transmiten esta fuerza, normalmente para hacer girar una piedra de moler o accionar una bomba. La potencia depende de la velocidad del viento y de la superficie de las aspas.

ASPA LATINA

A orillas del Mediterráneo, desde Portugal hasta Turquía, todavía pueden verse molinos de viento de aspas triangulares de tela. Para hacer frente a los cambios en la velocidad del viento, el molinero sólo tiene que enrollar o desenrollar las telas.



ASPA DE RESORTE

Las aspas compuestas por lamas de madera sustituyeron a las de tela a finales del siglo XVIII. Las lamas, que pivotan contra un resorte, se abren cuando sopla el viento y se cierran cuando amaina. Así, se mantiene una fuerza constante del viento sobre las aspas.



TURBINA EÓLICA

Esta versión moderna del molino de viento acciona un generador (p. 288) en lugar de una muela. Para obtener la mayor cantidad de energía posible, las palas del rotor son enormes: hasta 100 metros. Los sensores permiten que el ordenador de la turbina controle el movimiento del rotor y, en todas las condiciones de viento, produzca una potencia óptima.

SENSORES DE VIENTO

GENERADOR ELÉCTRICO

SOPORTE GIRATORIO

TREN DE ENGRANAJES

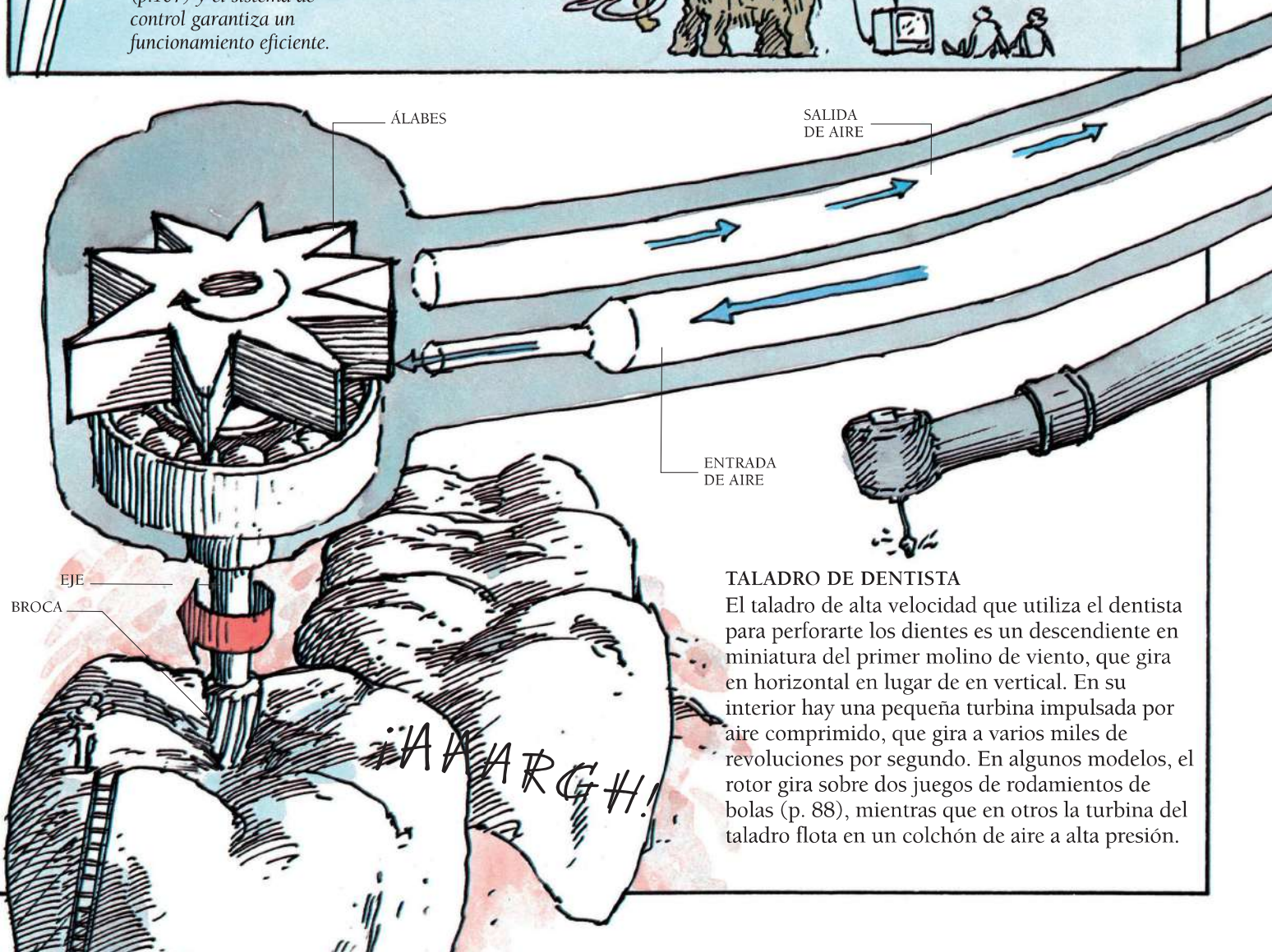
Como la generación de electricidad es más eficiente a altas velocidades, se utilizan engranajes para aumentar la velocidad del eje de transmisión del generador.

PALAS

Pueden llegar a tener la superficie de un ala de avión (p.107) y el sistema de control garantiza un funcionamiento eficiente.

SOPORTE GIRATORIO

El conjunto de la turbina gira sobre su soporte. El control de un ordenador garantiza que las palas estén siempre orientadas al viento.



ÁLABES

SALIDA DE AIRE

ENTRADA DE AIRE

EJE

BROCA

TALADRO DE DENTISTA

El taladro de alta velocidad que utiliza el dentista para perforar los dientes es un descendiente en miniatura del primer molino de viento, que gira en horizontal en lugar de en vertical. En su interior hay una pequeña turbina impulsada por aire comprimido, que gira a varios miles de revoluciones por segundo. En algunos modelos, el rotor gira sobre dos juegos de rodamientos de bolas (p. 88), mientras que en otros la turbina del taladro flota en un colchón de aire a alta presión.

ENGRANAJES Y CORREAS

LA ENERGÍA DEL MAMUT

Por lo que yo sé, los mamuts se utilizaron por primera vez en la industria para proporcionar energía en el famoso experimento del tiovivo. El ingenio consistía en dos ruedas, una grande y otra pequeña, colocadas borde con borde, de manera que, cuando los mamuts hacían girar una rueda, la otra giraba con ella. Al principio, los asientos se colgaron de la rueda pequeña, que era impulsada por la grande. El resultado fue un paseo espeluznante. Cuando se invirtieron las ruedas, el paseo resultó demasiado tranquilo. Al final, se utilizaron correas conectadas a ruedas motrices de diferentes tamaños para hacer funcionar dos norias simultáneamente, una rápida y otra lenta. El consumo de zanahorias durante el experimento fue astronómico.

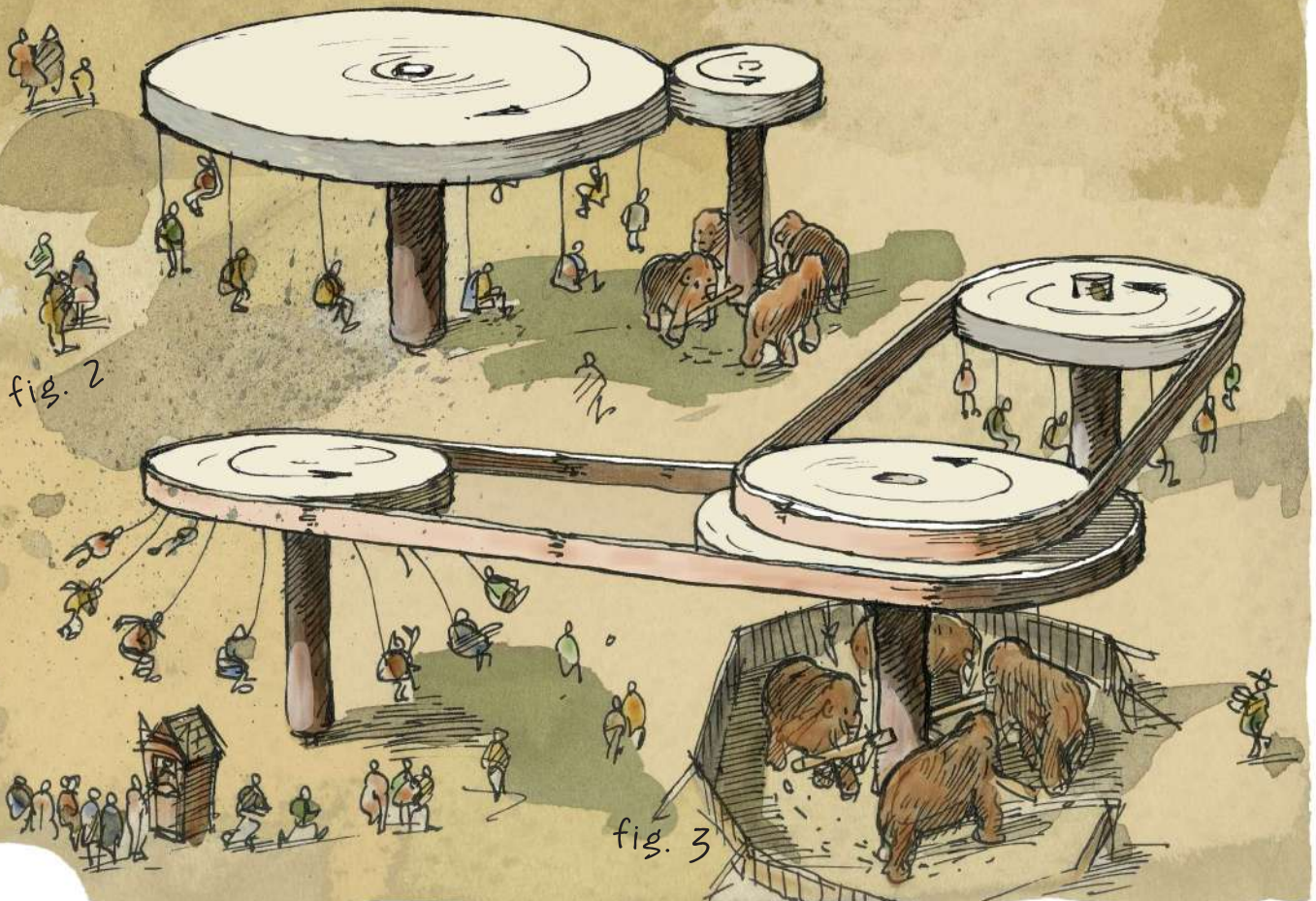


fig. 3

TIPOS DE ENGRANAJES

Hay engranajes de todos los tamaños, con dientes rectos o curvos e inclinados en ángulos diversos. Se conectan entre sí de diferentes maneras para transmitir movimiento y fuerza en las máquinas. Sin embargo, sólo hay cuatro tipos básicos de engranajes. Todos actúan de manera que una rueda dentada gira más rápido o más lento que la otra, o se mueve en una dirección diferente. Una diferencia de velocidad entre dos engranajes produce un cambio en la fuerza transmitida.

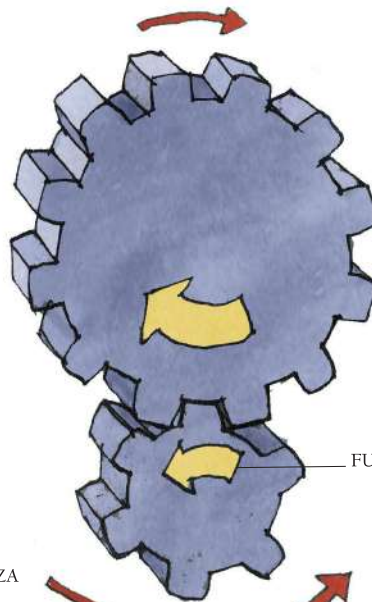
ENGRANAJES RECTOS

Dos ruedas dentadas se engranan en el mismo plano, regulando la velocidad o la fuerza del movimiento e invirtiendo su dirección.



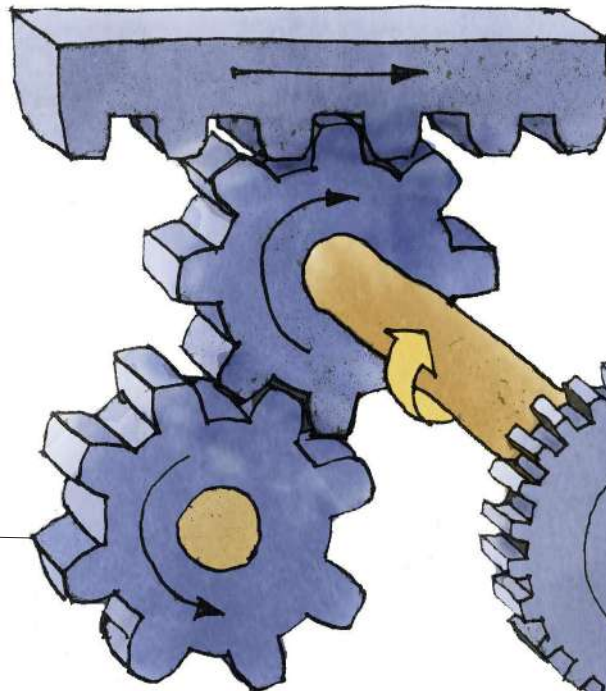
ENGRANAJES CÓNICOS

Dos ruedas se engranan en ángulo para cambiar la dirección de rotación, alterando también la velocidad y la fuerza si es necesario. A veces se denominan piñón y corona, o piñón y corona dentada.



ENGRANAJES DE CREMALLERA Y PIÑÓN

Una rueda, el piñón, engrana con una cremallera dentada que se desliza y convierte el movimiento giratorio en movimiento recíproco (adelante y atrás) y viceversa.



ENGRANAJES HELICOIDALES

Un eje con rosca se acopla a una rueda dentada para modificar la dirección del movimiento y cambiar la velocidad y la fuerza.



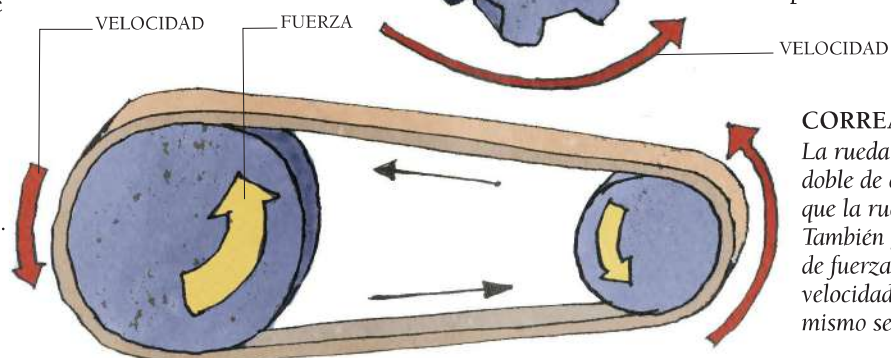
CÓMO FUNCIONAN ENGRANAJES Y CORREAS

La forma en que los engranajes y las correas controlan el movimiento depende del tamaño de las dos ruedas conectadas. En cualquier par de ruedas, la más grande girará más despacio que la más pequeña, pero lo hará con mayor fuerza. A mayor diferencia de tamaño entre las dos ruedas, mayor será la diferencia de velocidad y fuerza.

Las ruedas conectadas por correas o cadenas funcionan igual que los engranajes, con la única diferencia del sentido en el que giran las ruedas.

ENGRANAJES

La rueda grande tiene el doble de dientes y el doble de circunferencia que la rueda pequeña. Gira con el doble de fuerza y la mitad de velocidad en la dirección opuesta.



CORREAS

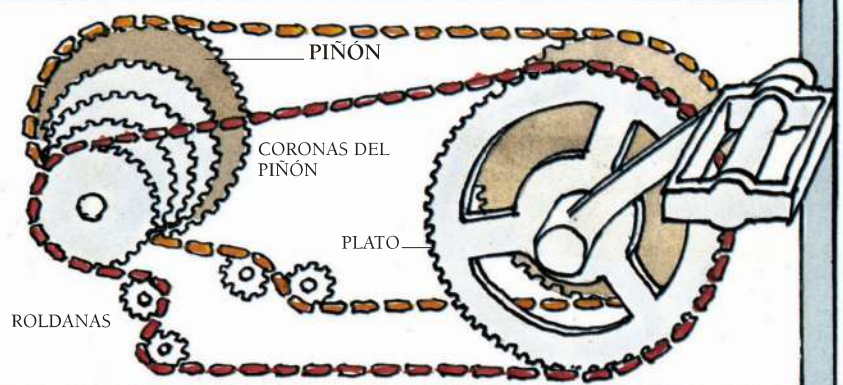
La rueda grande tiene el doble de circunferencia que la rueda pequeña. También gira con el doble de fuerza y la mitad de velocidad, pero en el mismo sentido.

ENGRANAJES RECTOS

CAMBIO DE MARCHAS

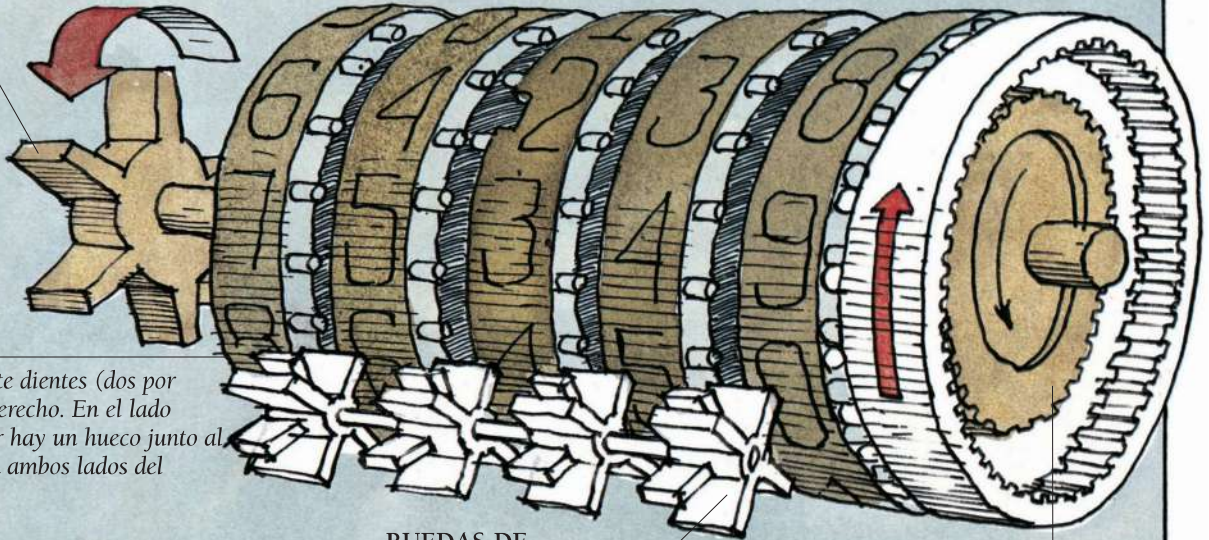
La cadena que conecta los pedales de una bici con la rueda trasera actúa como correa para lograr que la rueda gire más rápido que los pies. En llano o cuesta abajo, la corona del piñón debe ser pequeña para alcanzar una velocidad elevada; para subir cuestras, debe ser grande, para que la rueda trasera gire con menos velocidad pero con más fuerza.

El problema se resuelve con coronas de diferentes tamaños. El mecanismo transfiere la cadena de una corona a la siguiente.



ENGRANAJE MOTRIZ

El engranaje motriz gira un diente cada vez que gira la rueda. El odómetro registra el número de revoluciones que se producen y convierte esta cifra en la distancia recorrida.



TAMBORES

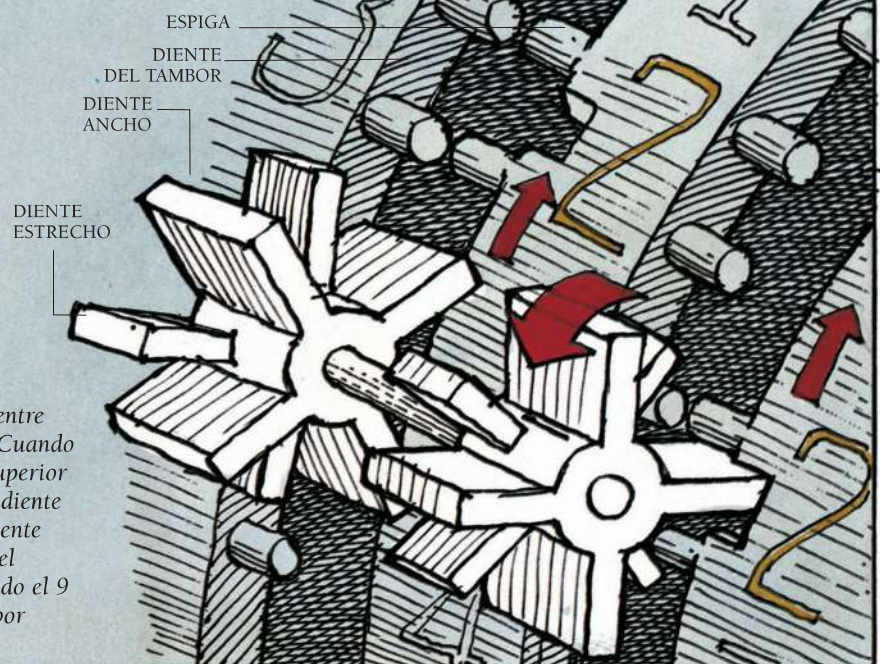
Los tambores tienen veinte dientes (dos por cada dígito) en su lado derecho. En el lado izquierdo de cada tambor hay un hueco junto al número 2 y dos espigas a ambos lados del hueco.

CUENTAKILÓMETROS DE BICICLETA

El cuentakilómetros, montado en el eje delantero, es accionado por una pequeña clavija fijada a un radio de la rueda delantera. Un engranaje reductor hace que el tambor numerado de la derecha gire una vez cada kilómetro. Al completar una revolución, hace que el siguiente tambor de la izquierda se mueva una décima parte de una revolución, y así sucesivamente. El movimiento de los tambores se produce mediante una serie de ruedecillas dentadas situadas debajo de éstos. Las ruedecillas tienen dientes alternativamente anchos y estrechos, lo cual permite bloquear los tambores contiguos cuando uno de ellos completa una revolución.

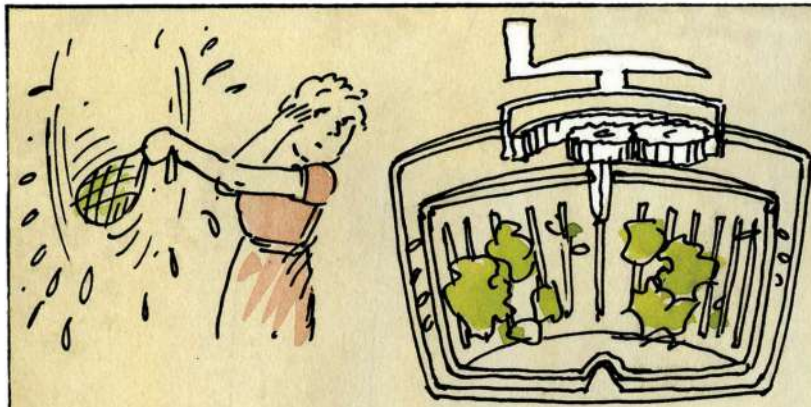
RUEDAS DE ENGRANAJE

Las ruedas se engranan con cada tambor, salvo la del extremo derecho.



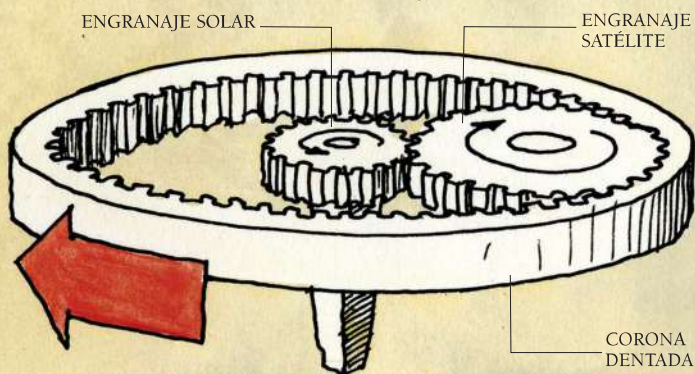
BLOQUEO DE TAMBORES CONTIGUOS

Normalmente, un diente estrecho de la rueda encaja entre dos dientes del tambor y los tambores no se mueven. Cuando un 9 sube a la ventana de visualización en la parte superior de los tambores, la espiga de ese tambor engancha el diente estrecho de la rueda dentada y hace que gire. El siguiente diente ancho encaja en el hueco junto al 2 y bloquea el tambor con el siguiente tambor de la izquierda. Cuando el 9 cambia a 0, la rueda dentada gira y el siguiente tambor también avanza al siguiente número.



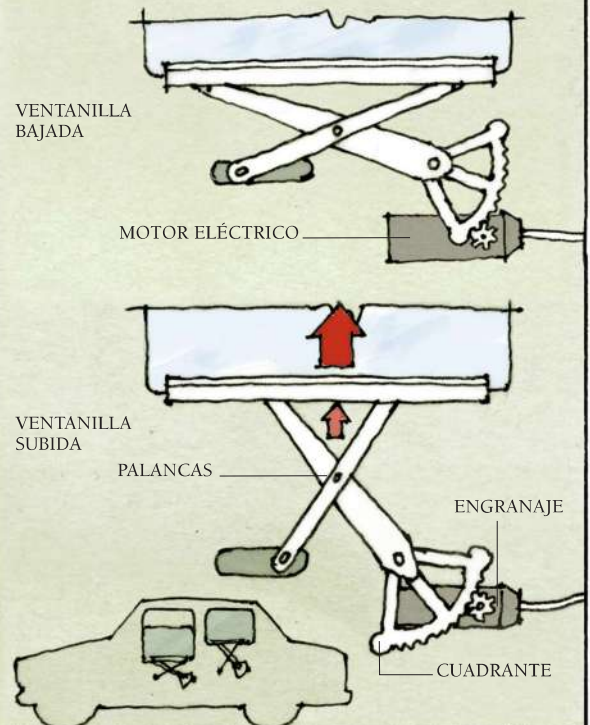
CENTRIFUGADORA DE LECHUGA

La velocidad de giro expulsa el agua por la fuerza centrífuga (p. 71). El mecanismo consiste en un engranaje epicicloidal o planetario, un sistema de engranajes rectos en el que una corona dentada exterior hace girar un engranaje satélite interior que acciona un pequeño engranaje solar central. Los engranajes epicicloidales pueden amplificar mucho la velocidad, pese a ser sencillos y compactos.



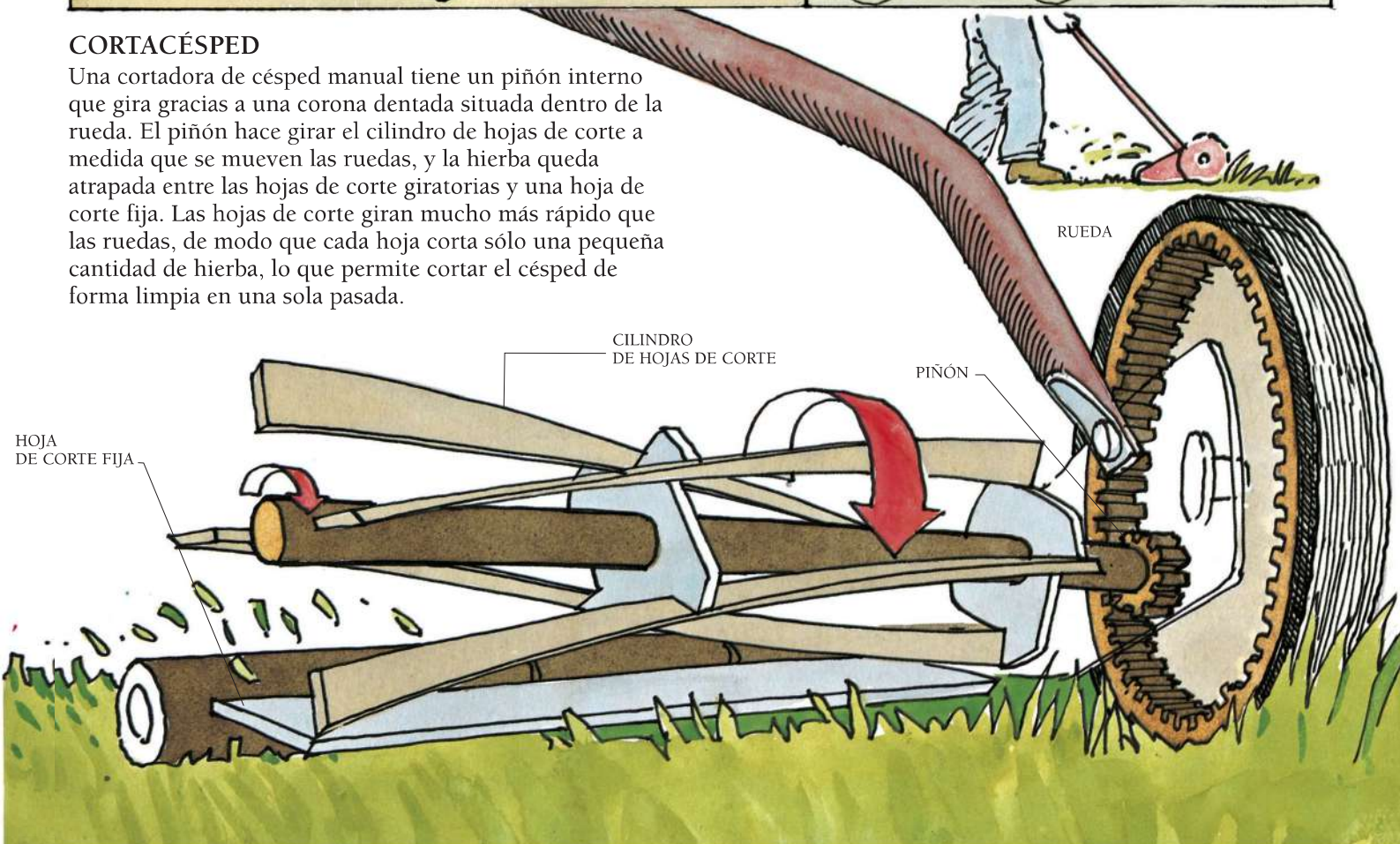
ELEVALUNAS ELÉCTRICO

Las ventanillas de los coches pueden abrirse y cerrarse con sólo pulsar un botón. Un motor eléctrico hace girar un pequeño engranaje que mueve un cuadrante dentado (una sección de un gran engranaje recto), que a su vez sube o baja las palancas que sostienen la ventanilla. Dentro de la carcasa del motor hay engranajes que permiten un movimiento potente.



CORTACÉSPED

Una cortadora de césped manual tiene un piñón interno que gira gracias a una corona dentada situada dentro de la rueda. El piñón hace girar el cilindro de hojas de corte a medida que se mueven las ruedas, y la hierba queda atrapada entre las hojas de corte giratorias y una hoja de corte fija. Las hojas de corte giran mucho más rápido que las ruedas, de modo que cada hoja corta sólo una pequeña cantidad de hierba, lo que permite cortar el césped de forma limpia en una sola pasada.



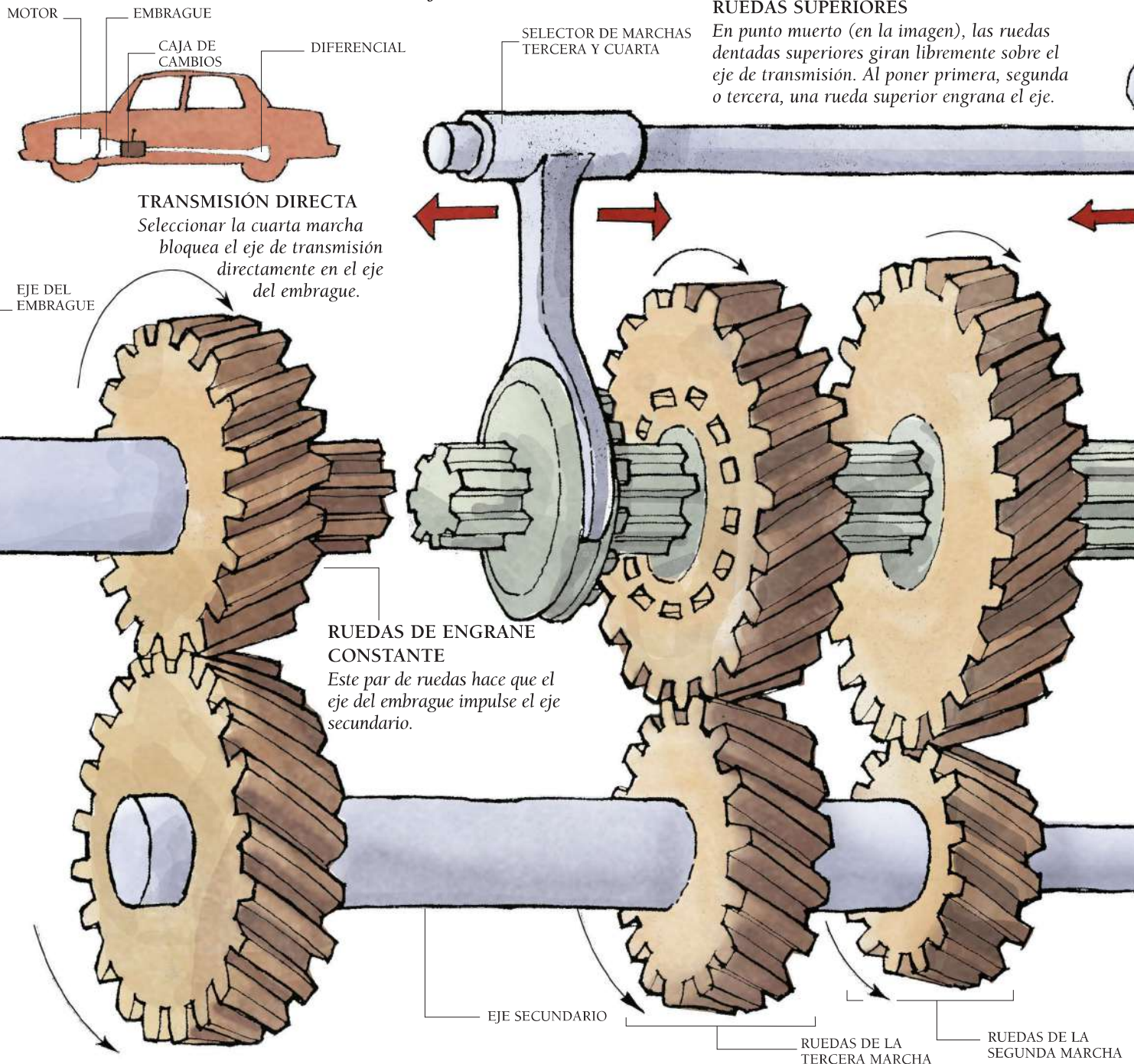
LA CAJA DE CAMBIOS

Los motores de gasolina y diésel funcionan mejor a un régimen de revoluciones alto pero limitado. La caja de cambios logra que el motor funcione a su régimen más eficiente en un amplio rango de velocidades. El cigüeñal (p. 51) hace girar primero un eje en el embrague (p. 84). Al soltar el embrague, el cigüeñal deja de hacer girar la caja de cambios, lo que permite al conductor seleccionar entre las diferentes marchas. Cuando el embrague está acoplado, la rotación se transmite a las ruedas dentadas del eje de transmisión, una rueda dentada para cada una de las velocidades. Todas las ruedas dentadas del eje de

transmisión giran, cada una a una velocidad diferente. Pero sólo una hace girar el eje de transmisión en cada momento. Las diferentes relaciones de los dientes de la cadena de engranajes entre el embrague y el eje de transmisión determinan la velocidad a la que gira el eje. Al poner la marcha atrás se introduce una rueda dentada adicional, que invierte la rotación del eje de transmisión. Las ruedas de los coches eléctricos (p. 159) las accionan motores eléctricos, que pueden girar a una amplia gama de revoluciones, por lo que no requieren caja de cambios.

RUEDAS SUPERIORES

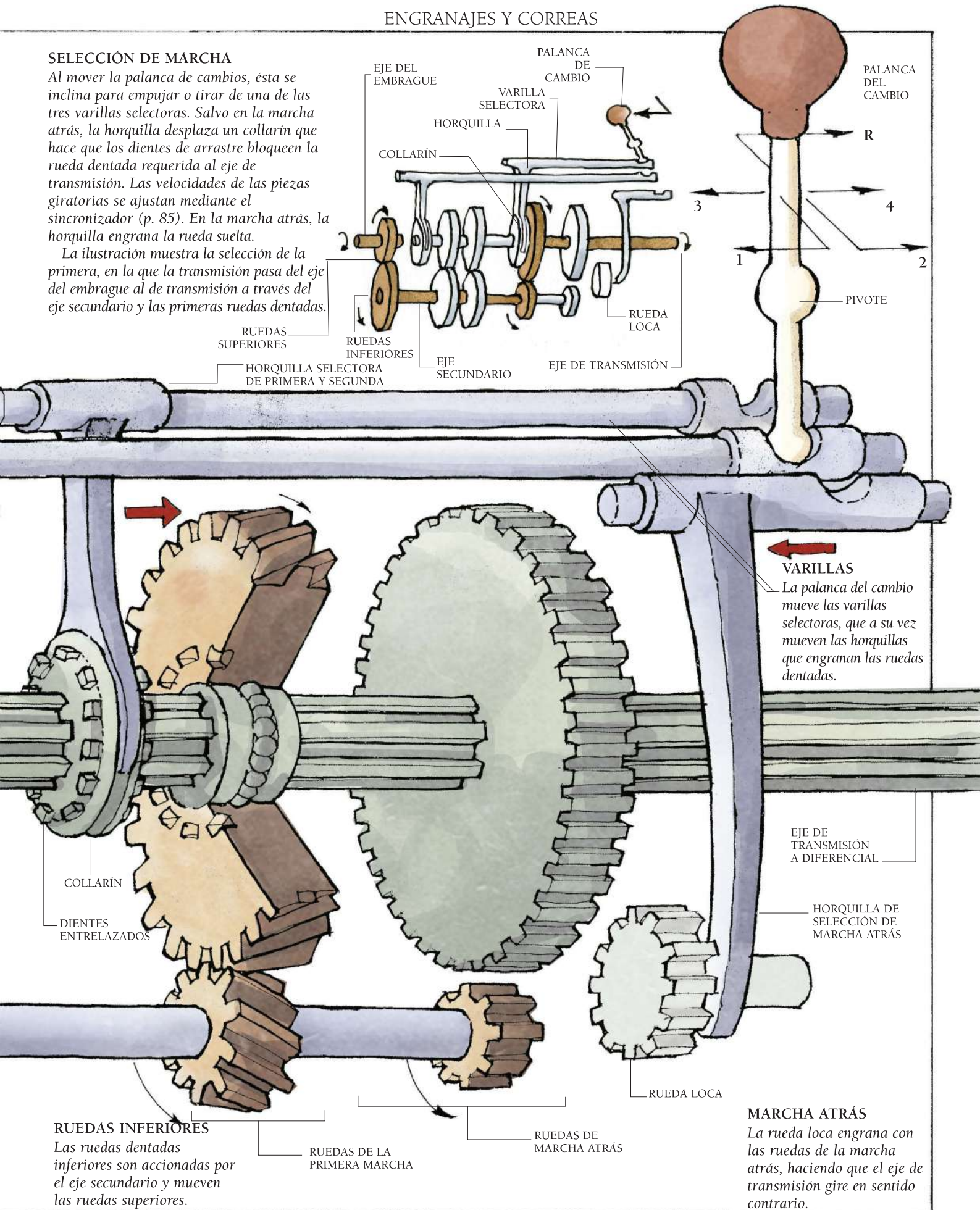
En punto muerto (en la imagen), las ruedas dentadas superiores giran libremente sobre el eje de transmisión. Al poner primera, segunda o tercera, una rueda superior engrana el eje.



SELECCIÓN DE MARCHA

Al mover la palanca de cambios, ésta se inclina para empujar o tirar de una de las tres varillas selectoras. Salvo en la marcha atrás, la horquilla desplaza un collarín que hace que los dientes de arrastre bloqueen la rueda dentada requerida al eje de transmisión. Las velocidades de las piezas giratorias se ajustan mediante el sincronizador (p. 85). En la marcha atrás, la horquilla engrana la rueda suelta.

La ilustración muestra la selección de la primera, en la que la transmisión pasa del eje del embrague al de transmisión a través del eje secundario y las primeras ruedas dentadas.



MARCHA ATRÁS

La rueda loca engrana con las ruedas de la marcha atrás, haciendo que el eje de transmisión gire en sentido contrario.