

Nuestros Antepasados

Inventaron instrumentos y máquinas para reemplazar la acción de sus manos, pies y músculos

Textos e ilustraciones:

EDGAR ANDRADE LONDOÑO

LUIS ALEJANDRO ANDRADE LOTERO

Ambientes de Aprendizaje

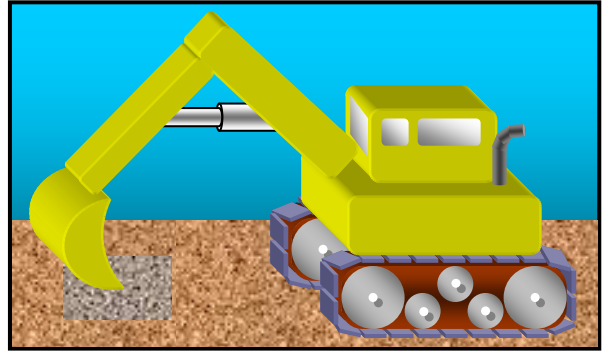
Alanda Difuciencia

2002

Para Reflexionar...

Las Máquinas

Las vemos por todas partes. Máquinas para moler los alimentos, máquinas para la limpieza, máquinas para cortar el pasto, máquinas para transportar la gente, etc., etc. Y además hay máquinas en las fábricas, allí donde se producen todas las cosas que usamos.



¡Bueno, ahí están! Pero ¿qué son? Lo primero que debemos pensar es que las máquinas no son cosas de la naturaleza. Por el contrario, son cosas inventadas y construidas por los seres humanos. Lo segundo es que debemos preguntarnos: ¿para qué los seres humanos han inventado y construido máquinas?

Para responder a esta pregunta será necesario conocer la historia de nuestros antepasados desde hace miles de años. Esto es desde la forma como vivían aquellos primeros *homo sapiens* en un medio completamente natural, hasta hoy, cuando habitamos en esos entornos artificiales que llamamos ciudades.

A diferencia de lo que sucede hoy, las necesidades de esos primeros seres humanos eran muy prosaicas, básicamente de supervivencia: proveerse de alimento, de abrigo y protección contra adversidades del clima y además, ponerse a salvo de animales carnívoros con los que convivían en aquel entorno natural.

En la brega por sobrevivir, nuestros antepasados comenzaron a tomar materiales de la naturaleza con el propósito de hacer cosas que les sirvieran para estas tareas de supervivencia.

Y las primeras cosas que seguramente hicieron fueron algo parecido a mazos y cuchillos de piedra con el fin de partir y cortar las presas de animales que les servían de alimento, o también macerar las nueces y bayas de los árboles para quitarles la dura cáscara. Este fue el origen de las herramientas.

Y así como nuestros remotos antepasados pensaban con el propósito de fabricar herramientas para el trabajo de supervivencia, también pensaban acerca de sus propias vidas tratando de sobrevivir. Fue así como empezaron a dibujar aquellos animales con los que convivían y que debían enfrentar en las paredes de las cavernas que habitaban.

Así se iniciaron todas las invenciones y creaciones de los seres humanos, en la actividad del trabajo para sobrevivir y en aquellos pensamientos en los que se veían a sí mismos participando, sintiendo miedo, alegría o compasión. Aquí ya no inventaron herramientas sino dibujos que representaban sus vidas. Fueron los primeros símbolos o medios de expresar lo que pensaban. Esto fue hace muchos miles de años, cuando nuestros antepasados pintaron por primera vez sobre las paredes y techos de las frías rocas de las cavernas donde habitaban.

En medio de tantas cosas artificiales, máquinas, artefactos y creaciones artísticas, ya no pensamos en los orígenes de todo esto como algo surgido de aquellos esfuerzos y sentimientos de nuestros lejanos antepasados. Hemos olvidado las preocupaciones, motivaciones y procedimientos que los llevaron a construirlos.

Pero ahora, nuestra intención es comprender ese entorno atiborrado de artefactos que hoy llamamos tecnología. Vamos entonces a comenzar a examinar y a pensar en la actividad de los seres humanos inventando y construyendo herramientas con el fin de ayudarse en el trabajo y en la fabricación de cosas que requerían para sobrevivir.

Nuestros antepasados...

Reemplazaron con herramientas la acción de sus manos

Nuestros antepasados necesitaban golpear y triturar las presas de animales que les servían de alimento. También necesitaron machacar y aplastar la dura cáscara de nueces y bayas que caían de los árboles para aprovechar el blando centro comestible. Como hallaban este trabajo difícil con sus solas manos, entonces acudieron inicialmente a las piedras que tenían a la vista para este fin. Las piedras que tenían una cara plana y una forma que pudieran sujetar, se convirtieron hace millones de años en los primeros mazos. Poco a poco, nuestros antepasados mejoraron esta herramienta golpeando una piedra con otra para cambiar su forma.

También estos primeros humanos encontraron que trozos de piedra naturalmente afilados podían utilizarse para cortar pieles y carne. Así se proveyeron de los primeros cuchillos. Pero luego se dieron cuenta que golpeando una piedra con otra más dura podían afilar un borde y así fabricar ellos mismos sus cuchillos.

Con una piedra afilada, nuestros lejanos antepasados pudieron cortar arbustos y bejucos largos en delgadas y resistentes fibras con las que fabricaron sogas para amarrar, cestas y mochilas para transportar cosas.



Pero no se contentaron con una sola forma. Aprovechando todas las posibilidades que ahora tenían, nuestros remotos antepasados pulieron piedras en forma de pequeñas cabezas puntiagudas que luego amarraron a una vara para hacer las primeras flechas y lanzas. A su vez, otras piedras más grandes y pesadas sirvieron para hacer hachas... y así, nuestros antepasados terminaron construyendo una variedad de herramientas de piedra que les facilitaron la labor de sobrevivir en un mundo poblado de animales más fuertes y veloces que ellos.

Nuestros antepasados...

Comienzan a reemplazar la acción de sus brazos y piernas

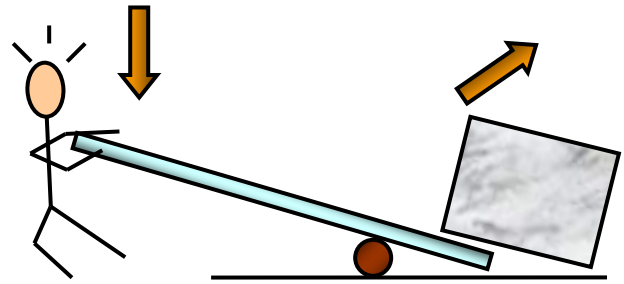
Luego de muchos miles de años de cazar, pescar, recolectar frutos y pastorear para obtener sus alimentos, llegó un momento en que nuestros antepasados comenzaron a hacer construcciones. Esto ocurrió después de que descubrieron que podían sembrar semillas de plantas comestibles y así tener su alimento sin verse obligados a caminar largas jornadas en busca de animales de presa, peces o frutos.

En este trabajo de construcción, con toda seguridad tuvieron que vérselas con la necesidad de mover piedras y troncos pesados. Al comienzo debieron utilizar con este fin sus brazos y piernas. Pero en algún momento pudieron darse cuenta de que si apoyaban en el suelo una rama de un árbol larga y resistente, con ésta podían comenzar a empujar y mover piedras y troncos pesados. Así debió ser el origen de aquella herramienta a la que se dio el nombre de palanca.

Pero si lo pensamos bien, esta nueva invención es algo más que una herramienta de mano. Veamos por qué:

La vara larga y resistente para que pueda cumplir con el propósito de mover objetos pesados requiere de:

1. Un peso, o resistencia, del objeto a mover.
2. Un punto para apoyar la vara.
3. Una fuerza hacia arriba o hacia abajo, dependiendo de cómo se necesite mover el objeto pesado.



Bueno, ahora se trata de reemplazar y potenciar la acción fuerte de brazos y piernas. Por esto se ha considerado a esta invención como una de las primeras máquinas inventadas por los seres humanos y que recibió el nombre de palanca.

Podría pensarse, imaginando los trasiegos de trabajo de aquellos antepasados tratando de mover piedras y troncos pesados, que en algún momento un tronco derribado y extendido sobre el piso resultara fácil de mover. ¿Por qué? Bueno, por su forma. Y ya podemos imaginar lo que pensarían a continuación nuestros antepasados. Este tronco acostado que gira fácil podrá ayudar a mover y a trasladar objetos pesados de un lugar a otro. Es bastante probable que en situaciones como la descrita se hallen los orígenes de la rueda.

¿Y qué otra cosa podía ocurrirse luego? Bueno, que entre los objetos pesados, unos más que otros, están los mismísimos seres humanos. Y en verdad que los seres humanos no han hecho otra cosa sino trasladarse de aquí para allá abarcando grandes distancias desde sus mismos orígenes. Desde el África hacia todos los continentes. A pie o a caballo, así durante miles de años.

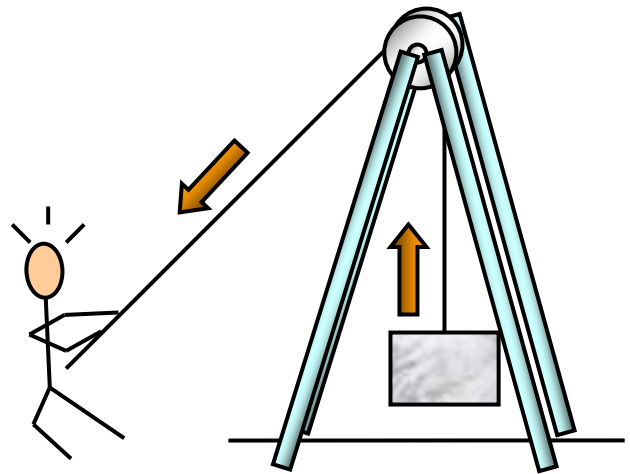
Pero aquellos troncos móviles podían utilizarse más delgados para mayor movilidad y a mayor movilidad mayores distancias en menor tiempo. Y si servían para mover objetos ¿por qué no a los mismos seres humanos? Y fue así como proveyeron formas de sujetarse y acomodarse sobre cuatro ruedas que giraban de dos en dos unidas por una vara fuerte llamada eje.

POLEA

Pasando el tiempo, los seres humanos no sólo se trasladaron por tierra, sino que comenzaron también a construir embarcaciones que los podían llevar más rápido y más lejos siguiendo el curso de los ríos y atravesando mares. Con las personas, las embarcaciones debían llevar también muchas cosas, agua dulce para beber, alimentos para la tripulación, armas para la defensa y mercancías para cambiar con otros pueblos.

Surgió entonces otro problema ¿cómo subir y bajar de las embarcaciones carga que podía ser pesada? Las ruedas que nos permiten mover cosas pesadas, ¿no servirían también para levantar las cargas que debemos subir y bajar de los barcos?, pensaron y se preguntaron nuestros antepasados.

Fue así como a algunos de esos antepasados se les ocurrió la idea de poner un eje a una rueda, levantarla y enrollar sobre su superficie redonda una cuerda fuerte y larga. De esta manera se inventaron otra herramienta que potencia la acción de los brazos y piernas porque sirve para levantar objetos pesados, a la que dieron el nombre de polea.

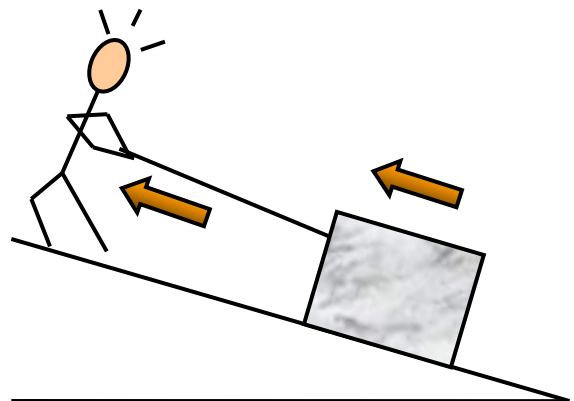


PLANO INCLINADO

Las construcciones y el comercio no sólo llevaron a nuestros antepasados a crear nuevos inventos, sino que también permitieron el crecimiento de ciudades. Cada ciudad ahora quería ser más importante que las otras y por ello comenzaron a pensar en hacer grandes edificaciones, tan grandes que sólo con verlas hablaran a los otros pueblos de su riqueza y poder.

Por eso surgieron construcciones como las pirámides de Egipto, los jardines colgantes de Babilonia, la bíblica torre de Babel y otras muchas.

Pero una construcción muy elevada plantea un nuevo problema, pues llega el momento en que no es fácil seguir subiendo piedras y troncos pesados. No se puede hacer una palanca tan larga como para subir tanto un peso, las cuerdas de las poleas deben ser muy largas y se rompen con el peso... ¿qué hacer?



Entonces algunos de nuestros antepasados pensaron y se preguntaron ¿no será que podemos **arrastrar** un peso en lugar de izarlo, pero que al mismo tiempo que se arrastra, se eleve sobre el nivel del piso?

Fue así como construyeron rampas que les permitieron hacer eso de arrastrar y subir al mismo tiempo un peso. La rampa es un camino construido en tierra o madera, que empieza al nivel del piso, pero que va haciéndose cada vez más alto, como un camino con una pendiente.

HISTORIAS DE MECANISMOS

Como leímos en una historia anterior, **nuestros antepasados** aprendieron a sembrar ciertos granos que llamamos **cereales**, de los cuales obtenían su alimento. Este aprendizaje, el descubrimiento de la **agricultura**, significó para nuestros antepasados no tener que estar yendo de un lado para otro en busca de frutos, peces o presas que cazar. Al fin nuestros antepasados lograron disponer de una fuente de alimentos que podían controlar. Ello les permitió residir en un mismo sitio, comenzar a construir poblados y, con el tiempo, grandes ciudades.

El descubrimiento de la agricultura ha sido tan importante para nosotros, que se dice que es el fundamento de la civilización, junto con la domesticación de animales y la invención de la escritura.

Bueno, pero volvamos al cuento de los granos que sembraban. De todos los productos agrícolas, resulta que los cereales son los únicos que contienen los nutrientes suficientes para sostener a los seres humanos. Es decir, comiendo cereales somos capaces de subsistir, sin enfermarnos ni reducir nuestra expectativa de vida. Por esta razón, todas las grandes civilizaciones clásicas están asociadas al cultivo de algún cereal.



Las grandes civilizaciones de la América precolombina, como los mayas, los aztecas y los incas, fueron conocidos como los "hombres del maíz". Como sabemos, las civilizaciones del extremo oriente, en el Japón, la China y Corea, basaron su alimentación en el arroz. Mientras que, por su parte, las civilizaciones europeas, como la griega y la romana, consumieron el trigo.

Pero con los cereales surge un problema. Una dieta con base en un cereal puede muy pronto volverse monótona. Imaginemos la situación de un niño chibcha que le pregunta a su madre: "Mamá, ¿Qué tenemos para el desayuno?" Por supuesto, la madre le responde "mazorca asada". Y ¿para el almuerzo? Otra vez, mazorca asada o, para variar un poco, mazorca cocinada. Pero, ¿para la comida? Y luego, ¿al día siguiente?...

Pero luego, con el maíz ¿no se pueden preparar arepas, coladas, panes, empanadas, sopas, etc.? Claro, pero con una condición. La gran variedad de productos que sabemos se pueden preparar con un cereal depende de una actividad que llegó a ser muy importante en el trabajo de los seres humanos: la de **moler**. Todavía utilizamos coloquialmente la palabra “moler” en el sentido de “hacer un trabajo”.

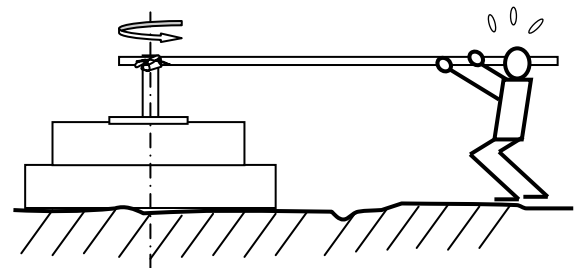
Moler significa triturar los granos de cereal hasta volverlos ese fino polvo que denominamos **harina**. Con la harina se pueden preparar muchas cosas. La harina es un producto cuya materia prima son los granos de cereal. Se necesita además un instrumento con el cual triturar los granos. Como veremos en estas lecturas, la historia de este instrumento tiene mucho que ver con el desarrollo de los **mecanismos de transmisión de movimiento**.

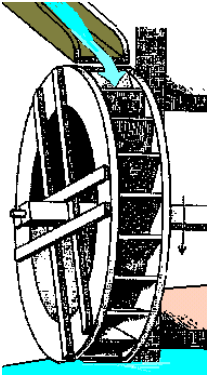
Es fácil adivinar que el primer molino que utilizaron los seres humanos fue el de su equipamiento natural. Todavía en algunas comunidades aborígenes se elabora una bebida de maíz mediante este procedimiento antiguo: Las mujeres **mastican** los granos cocidos hasta ablandarlos y luego los devuelven a una olla donde el resultado de su masticado es mezclado con agua. El resultado, una deliciosa chicha (¡aunque nosotros tendríamos dificultades para deleitarnos bebiéndola!).

El masticado no permite muchas posibilidades distintas a la de una espesa bebida, debido a que el resultado no es un polvo muy fino, sino una masa más o menos gruesa. Por esta razón, desde hace muchos, muchos años, se han empleado dos piedras para moler los granos de cereal. Una primera piedra, normalmente grande y pesada, es colocada en posición horizontal en el suelo, sobre la cual se colocan los granos que serán molidos. Luego, una persona utiliza otra piedra, más pequeña y liviana, para golpear los granos contra la piedra grande hasta que se obtiene la harina. Si tenemos en cuenta el primer procedimiento para moler, al que nos referimos en el párrafo anterior, será fácil entender por qué a las piedras para moler se les llama **muelas** (la grande es la muela fija y la pequeña la muela móvil) y por qué al procedimiento se le denomina **moler**.

Con el crecimiento de la población, se necesitaba más harina, por lo que el tamaño de las muelas aumentó. Una muela más grande significa una piedra más grande y pesada, por lo que para moverla se utilizó una palanca. El dibujo nos ayudará a entender este **molino**. La muela móvil tiene un agujero en el centro, con unas muescas enfrentadas diametralmente. Las muescas sirven para asegurar un eje vertical a la piedra. Este eje se sujeta a una palanca horizontal, que será empujada por alguien.

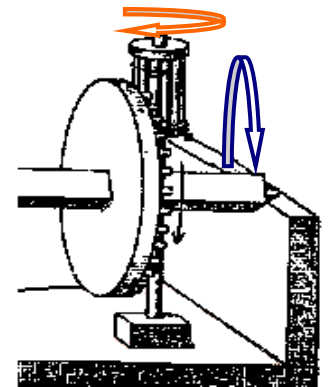
Podríamos imaginar a ese alguien, después de un largo y agotador día de empujar y empujar la muela móvil para hacer harina, recostado a la orilla de un río descansando y refrescándose, mirando el incesante correr del agua. De pronto, ¡una brillante idea viene a su mente! ¿No podremos --, pensó--, encadenar la palanca que tanto esfuerzo nos cuesta mover, a esta poderosa corriente de constante flujo?





En respuesta a su idea, aparecieron dos importantes inventos. El primero de ellos fue la **rueda hidráulica**. Como su nombre lo indica, la rueda hidráulica es una gran rueda, hecha normalmente de madera. Dos círculos enfrentados, unidos entre sí por unas tablas que semejan la paleta de un remo. En el centro de los círculos podemos ubicar un eje, el cual se moverá cuando el agua empuje las paletas que unen estos círculos. El dibujo nos ayudará a comprender la rueda hidráulica.

¿El segundo invento? Bueno, pongamos atención a lo siguiente. La rueda hidráulica se encuentra parada, parcialmente sumergida en la corriente de agua. Entonces, el eje que ubicamos en el centro de la rueda será un **eje horizontal**, que se mueve en un **plano de rotación vertical**. Este eje motriz no se mueve como lo necesitamos, porque la muela móvil se mueve empujada por un **eje vertical, en un plano de rotación horizontal**. Nos hemos encontrado con el primero de los tres grandes tipos de problemas de la transmisión del movimiento: ¿Cómo transformamos el plano de rotación? En el caso que tenemos, debemos transformar el plano de rotación vertical del eje motriz, en un plano horizontal, necesario para mover la muela del molino.



La respuesta a este problema fue un tipo de mecanismo de transmisión de movimiento que se ha denominado **ruedas dentadas**. En la ilustración, podemos ver los primeros tipos de ruedas dentadas, comprender cómo resuelven el problema de la transformación del plano de rotación y, de paso, entender por qué se llaman "ruedas dentadas". Estos dispositivos, hechos en madera, fueron los primeros de una gran familia de mecanismos que modernamente ha recibido el nombre de **engranajes**.

Al parecer, nuestro amigo trabajador, de quien estábamos hablando, tiene ya todo resuelto. La corriente de agua hace ahora por él ese arduo trabajo de girar y girar la muela para triturar granos. Pero, ¿estará todo resuelto?

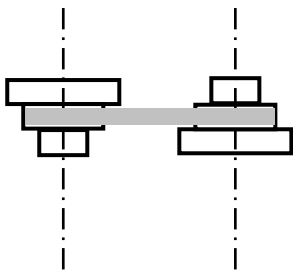
Una de las más inflexibles reglas de la historia de la técnica es que una vez se ha resuelto un problema, aparecerán otros como efecto secundario de esa solución. El caso que nos ocupa **no** es la excepción.

Resulta que al comienzo de la cosecha los granos contienen mucha humedad y son blandos. Se les deja secar un poco antes de molerlos, pero de todas maneras es una molienda que se hace empleando granos blandos. Con el paso del tiempo, los granos se han secado más y más, por lo que los últimos en ser molidos estarán más duros que los primeros. Lo anterior quiere decir que para los primeros granos, más blandos, la piedra puede ir más rápido pues necesita menos potencia para convertir los granos en harina. Pero también significa que los últimos granos, ya duros y secos, requieren de más potencia, o sea, de menor velocidad de la piedra de moler.

Ahora bien, la corriente de un río se mueve siempre más o menos a la misma velocidad, es decir, a velocidad constante. Entonces, ¿cómo podemos modificar la velocidad de la piedra de moler? Nos hemos tropezado con el segundo de los tres grandes tipos de problemas de la transmisión de movimiento: Modificar las velocidades de giro, lo cual implica modificar de manera inversa la potencia transmitida. Esto es, cuanto mayor sea la velocidad de giro de una rueda, menor será su potencia transmitida, y viceversa.

Desde luego, podría pensarse en resolver este problema por la vía de modificar la velocidad de la corriente de agua. Pero ello implicaría construir costosas canalizaciones, las cuales, de todas maneras, pueden hacer poco para modificar la velocidad, o caudal, de la corriente de agua. Existe sin embargo otro camino, el cual conduce a otras dos grandes innovaciones en la historia de la técnica mecánica.

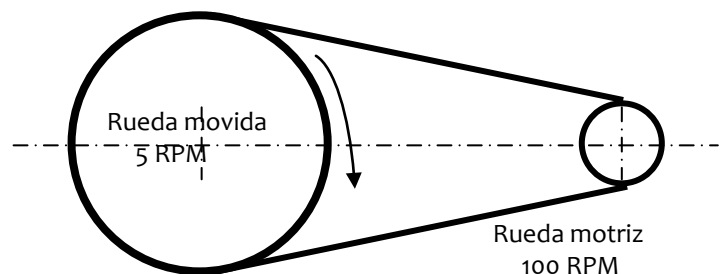
Primero, podemos verificar fácilmente que si variamos los diámetros de dos ruedas dentadas conectadas entre sí, variarán también las velocidades de giro relativas de una con respecto a la otra. En otras palabras, se modifica **la relación de transmisión**, es decir, la cantidad de vueltas que la más pequeña de las dos ruedas girará por cada vuelta de la más grande. Y lo más importante, esto mismo ocurrirá con cualquier otro mecanismo que transmita movimiento giratorio, como las poleas, por ejemplo. (Recordemos esto cuando efectuemos nuestros experimentos con los módulos de poleas).



Si tenemos que modificar el diámetro de las ruedas, o de las poleas, para evitar tener que estar quitando y poniendo ruedas o poleas de un eje, podemos construir lo que se denomina un **cono de poleas** (o de ruedas), que consta de varias ruedas de diferentes diámetros, unidas en una sola pieza, como puede verse en la ilustración. Así, se facilita la modificación de la velocidad de giro, variando los diámetros de las ruedas que están en contacto - directamente o por medio de una correa - para transmitir el movimiento giratorio. Estos conos han sido la base para lo que tiempo después se llamará **caja de transmisión**.

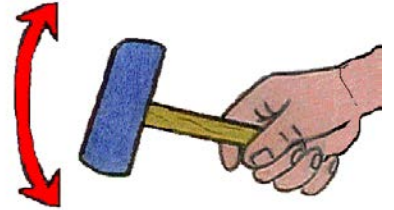
La segunda innovación es la de ubicar un eje adicional entre la rueda motriz y la rueda movida, esto es, un **eje intermedio**. Esta innovación presenta dos grandes ventajas. En primer lugar, permite conectar la rueda motriz a la rueda movida desde un lugar distante. Normalmente, debido a que la rueda hidráulica debe estar en el río o corriente de agua, por razones obvias, esta se encuentra en un sitio de difícil acceso, por ejemplo, en un sótano debajo del piso sobre el cual se instala el molino. Por esta razón, no siempre es fácil estar cambiando la rueda o polea motriz que transmite el movimiento al eje de la muela.

La segunda razón, como veremos en el **problema del molinero**, es que en ciertas circunstancias se requiere de relaciones de transmisión muy grandes, las cuales no se logran fácilmente mediante dos ejes. Por ejemplo, si la rueda del molino sólo gira a 100 RPM, y si la rueda motriz debe girar a 5 revoluciones por minuto (RPM), se necesitará entonces una relación de 1 : 20 entre ambas ruedas ($5 : 100 = 1 : 20$, dado que la relación es una **división**, ¿entendimos?).



Una vez terminado el tejido, el paño resultante es un poco áspero y conserva todavía grasa del animalito de origen. Así pues, si se hace una prenda con este paño y luego se lava, ésta perderá cierta cantidad de grasa, con lo que su tamaño se reduce y su talla ya no servirá a su dueño. Por esta razón, además de tener una textura muy lisa y suave, después de tejer el paño es necesario **batanearlo**. ¿Batanearlo? Y ¿eso qué significa?

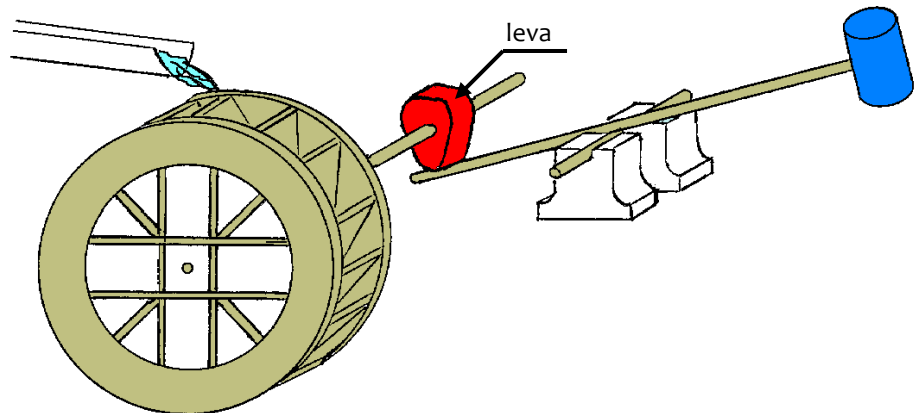
El proceso de bataneo consiste en lo siguiente: Un paño recién tejido se sumerge en agua y se golpea con una porra de madera hasta que la superficie quede lisa y haya salido toda la grasa. Generalmente, para que salga toda la grasa, la aporreada del paño en el bataneo debe ser de unas sesenta a setenta horas. ¡Es mucho tiempo! Y claro, podemos imaginarnos a algún bataneador después de una agotadora jornada de trabajo, descansando y refrescándose a la orilla de un río, mirando una rueda hidráulica girar y girar... Claro, en algún momento ese alguien se preguntó ¿no podremos utilizar una rueda hidráulica para este trabajo de bataneo, el cual es tan agotador?



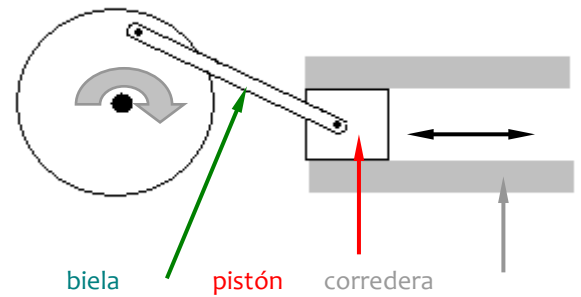
He aquí el tercero de los tres grande tipos de problemas de transmisión de movimiento. Resulta que la acción de aporrear, como la de martillar, es una acción de vaivén, arriba - abajo - abajo - arriba, en una línea recta o en un arco de círculo, repetida una y otra vez, como vemos en la ilustración. Pero el movimiento de la rueda motriz es un giro, es decir, un movimiento circular.

Vemos claro el problema. Se necesita de un mecanismo que convierta el movimiento circular de la rueda motriz, en un movimiento de vaivén, o lineal alternativo, como el de la flecha roja en la anterior ilustración.

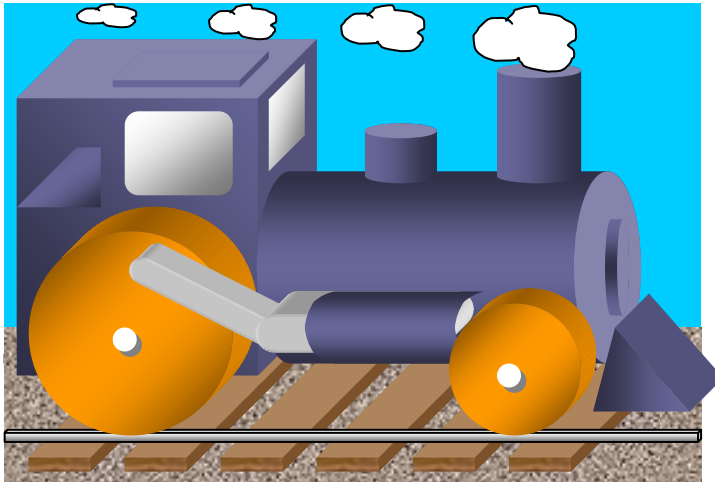
La primera solución a este problema fue el mecanismo denominado de **leva**, que podemos ver en la ilustración siguiente. Se trata de una pieza excéntrica, esto es, no simétrica al centro de la rueda, que en algún momento de su trayectoria empuja el martillo y lo levanta. De aquí su nombre. Cuando la leva gira, el martillo sigue su trayectoria y, en otro momento, pierde contacto y cae por su propio peso. Así, con cada vuelta, el martillo sube y baja.



Este mecanismo puede mejorarse, para que dos o tres levas levanten dos o tres veces el martillo por cada vuelta de la rueda, o colocar varios martillos y levas sobre el eje motriz. Pero estas soluciones tienen una limitación importante. La fuerza de golpe del martillo depende de su peso. Pero un martillo más pesado será más difícil de levantar, así como varios martillos a la vez.



Algún tiempo después, por esta razón, se ideó un mecanismo muy ingenioso que efectúa la misma conversión, pero tanto la ida como la venida del vaivén están determinadas por la potencia de la rueda que gira. Este mecanismo, que vemos en la siguiente ilustración, se llama de **biela - corredera - pistón**.



Una aplicación tan ilustrativa como llamativa de este mecanismo fueron las locomotoras a vapor, inventadas en el siglo XIX, las cuales se convirtieron en un eficaz medio de transporte de carga y pasajeros a largo de las largas vías que conectaban las ciudades. La impresionante fuerza del vapor comprimido empuja el pistón, el cual mueve la biela, y esta última hace girar las ruedas.

Debido a la temperatura que alcanza el agua hirviendo y las tremendas presiones necesarias para hacer funcionar el mecanismo, la máquina a vapor sólo pudo ser inventada y perfeccionada cuando se dispuso de materiales resistentes como el hierro para construir partes que resistieran el funcionamiento.

Hemos hecho un recorrido por la historia de los mecanismos de transmisión de movimiento, desde los orígenes de la civilización de los seres humanos, hasta mediados del siglo XIX. Los posteriores desarrollos de la técnica quedarán para otras historias.