

# Un gusano medidor en LEGO®

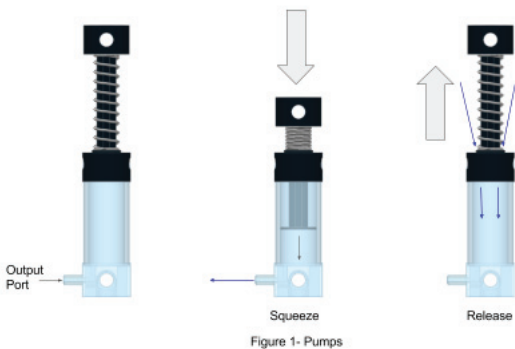
Por Kevin Clague

Imágenes por Kevin Clague

¿Alguna vez has inflado un globo? Tomas aire, aprietas tus pulmones y empujas el aire dentro del globo, haciéndolo expandir. Eso es la neumática: usar aire a presión para cambiar la forma de cosas. La neumática es la ciencia de controlar gas o aire presurizado.

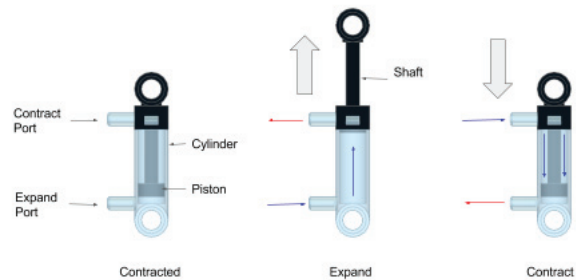
LEGO® emplea la neumática para representar la hidráulica en maquinaria de construcción como grúas y excavadoras. La hidráulica emplea fluidos, pero esos fluidos se pueden derramar, mientras que la neumática emplea aire y no tiene los mismos problemas. La neumática en LEGO® se introdujo en 1984 y desde entonces ha pasado por varias versiones, la última de las cuales se presentó en el Mercedes Arocs de 2016.

¿Qué componentes neumáticos hace LEGO? Empecemos con bombas [1] como muestra la **figura 1**. En descanso, una bomba presenta el aspecto de la bomba de la izquierda. Cuando aprietas le bomba, aire comprimido sale del puerto cerca de su base. Es parecido a cuando soplas aire en un balón. Cuando relajas la mano y sueltas la bomba, el muelle se expande y hace que la bomba respire para la siguiente vez que la aprietas.



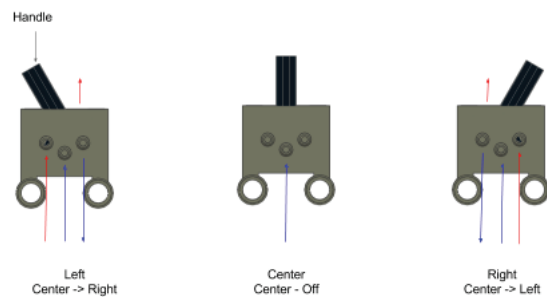
En la **figura 2** vemos actuadores lineales neumáticos. Los fans de LEGO® suelen llamarlos cilindros o pistones, pero de hecho los actuadores lineales están compuestos de un cilindro (el exterior) y un pistón (el interior). Por razones prácticas usaremos «pistón» para referirnos a accionadores lineales en el resto del artículo. Hay un eje que está unido al pistón y que sale del cilindro. El pistón está dentro del cilindro y divide el interior en dos partes (piensa en ellos como dos globos). En la figura 2 el pistón comienza en estado contraído. El puerto en la base de los cilindros es el puerto de expansión, porque cuando metes aire por el puerto de expansión la presión hace que el pistón se aleje de ese puerto y el actuador se expanda (se alarga, como se ve en el cilindro central). El puerto en la parte superior de los cilindros es el puerto de contracción, porque cuando metes aire por el puerto de contracción la presión hace que el pistón se aleje de ese puerto y el

actuador se contraiga (se acorta, como se ve en el pistón de la derecha).



En las **figuras 2 y 3** he usado flechas azules para indicar el aire que entra en el pistón y flechas rojas para el aire que sale.

Otro componente neumático es el interruptor (también llamado válvula) que se muestra en la **figura 3**. En la parte superior hay una manivela. Cuando la manivela se mueve a la izquierda, el aire que entra por el puerto central sale por el puerto de la derecha, como indican las flechas azules. El aire que entra por el puerto izquierdo sale por la carcasa de la válvula como muestran las flechas rojas. Esto proporciona una salida al aire que sale del pistón. Cuando la manivela está derecha el aire que entra por el centro no va a ninguna parte. Tampoco el aire entrando por la derecha e izquierda puede salir. El interruptor está apagado. Cuando la manivela se mueve a la derecha, el aire que entra por el puerto central sale por el puerto de la izquierda, como indican las flechas azules. El aire que entra por el puerto derecho sale por la carcasa de la válvula como muestran las flechas rojas.



La **figura 4** muestra el clásico circuito de LEGO® Pneumatic con los componentes neumáticos básicos. Contiene una bomba para generar presión, un interruptor para controlar el flujo del aire, un pistón para impulsar elementos en el modelo

de LEGO® y tubos para conectar todos los componentes neumáticos. En este circuito bombear aire, mueves el interruptor y el pistón se expande y contrae.

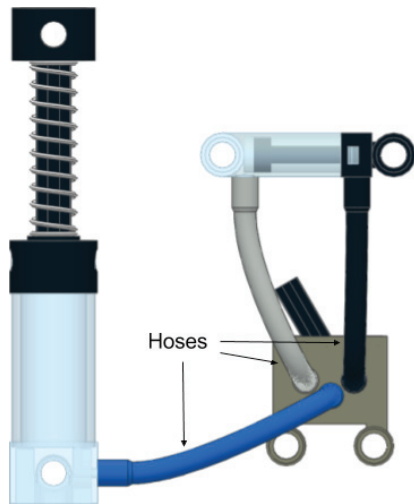


Figure 4 - Classic pneumatic circuit

Si miras la historia de LEGO® Technic, ha habido varios estilos de elementos neumáticos. Hoy en día LEGO® hace dos tamaños de bomba, la larga que hemos visto y uno pequeño (sin muelle) que sirve para bombear en conjunción con un motor. Actualmente hay cuatro tamaños de pistón. Hay uno pequeño que ya hemos visto y otro grande, más o menos del tamaño de la bomba. Cuando LEGO® sacó el Mercedes Arocs (42043), introdujo versiones más largas tanto del pistón diámetro pequeño como del grande.

Este circuito clásico no es el final de la historia. Si llevas las cosas un paso más allá, y haces que los pistones muevan válvulas (en vez de que un humano las mueva) se abre todo un mundo de nuevas posibilidades. Este video en YouTube de 1nxtmonster [2] muestra un motor de dos pistones y dos válvulas. El pistón delantero (marcado con rojo) mueve una válvula que hace que el pistón trasero adopte su posición. El pistón trasero (marcado con gris) mueve una válvula que hace que el pistón delantero invierta su posición. Añade aire a presión y el motor empieza a pasar por un patrón de acciones que se repite.

Vamos a tomar un poco de tiempo para aprender un poco de ciencia. La ley de Pascal (llamado así por Blaise Pascal) describe la fuerza que un pistón puede ejercer. Esta es la fórmula:

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} \times \text{Área}$$

Cuando el pistón se quiere expandir dispone de la fuerza que está disponible en la cara de del pistón que está más cerca del puerto de expansión multiplicado por la fuerza del aire. Cuando el pistón se quiere contraer dispone de la fuerza que está disponible en la cara de del pistón que está más cerca del puerto de contracción multiplicado por la fuerza del aire.

Con una determinada presión, cuanto más grande el área, más grande la fuerza y cuanto más pequeña el área, más pequeña la fuerza. Observa que la cara de expansión en el pistón tiene mucha más superficie que la de contracción porque allí también está eje que sale por la parte superior. Eso significa que los pistones de LEGO® tienen más fuerza al expandir que al contraer. De modo que si empiezas con el pistón contraído y aplicas la misma presión a ambos puertos, el pistón se expandirá lentamente.

Esto es importante porque un pistón pequeño no tiene la fuerza necesaria para accionar una válvula de la manera que se ve en el vídeo. Ahora veremos un modelo que usa este principio, pero que carece de cigüeñal. Requiere de dos pistones pequeños trabajando unidamente para accionar una válvula. Me gusta hacer modelos con pistones pequeños porque se expanden y contraen mucho más deprisa que los pistones grandes. Eso hace que el modelo sea más interesante de ver.

Necesitamos una conexión mecánica entre los dos pistones pequeños y la válvula de modo que esta cambie de posición cuando se expandan o contraigan los pistones. Esta conexión se muestra en la **figura 5**. Como hay dos pistones por conexión tenemos que conectar los dos puertos de expansión con tubos y una pieza T que tiene 3 puertos. Ahora ambos pistones intentarán expandirse a la vez. Los puertos de contracción también están unidos.

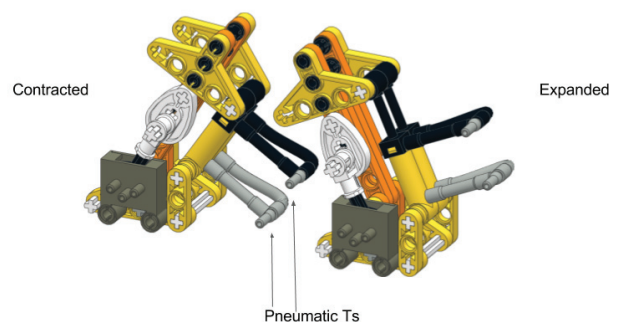


Figure 5 - Piston/switch linkage

La **figura 6** muestra un circuito análogo al del vídeo pero con pistones pequeños. La válvula de la izquierda cambia para hacer que los pistones de la derecha se sincronicen con los de la izquierda. La válvula de la derecha cambia para hacer que los pistones de la izquierda inviertan su posición.

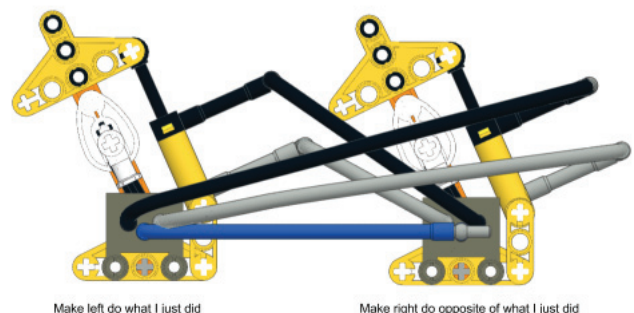


Figure 6 - Timing circuit

La **figura 7** muestra los cuatro estados del circuito

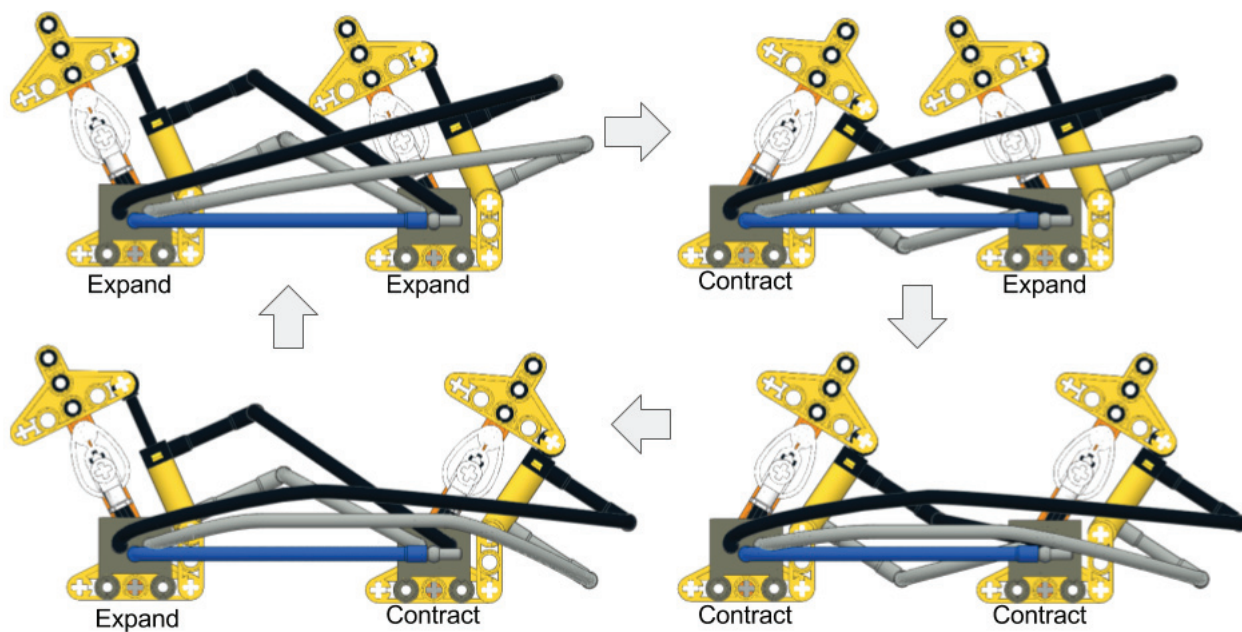


Figure 7 - Four states of engine

Si unimos los dos conjuntos mecánicos podemos construir una oruga como se ve en la **figura 8**. La base del conjunto delantero se convierte en la parte superior del conjunto trasero. También añadí piezas de goma como pies. La oruga se arrastra hacia delante cuando los conjuntos pasan por sus 4 estados de la figura 7.



Figure 8 - inchworm

Esta es la versión 12 de mi oruga con LEGO® Pneumatics y me ha llevado casi 10 años averiguar cómo hacerlo tan sencillo y pequeño. Aprendí algunas cosas sobre la física por el camino. Por ahora no sé cómo hacerlo más pequeño. Podría eliminar algunas piezas, pero eso no simplificaría ni el mecanismo ni el circuito.

Si tienes piezas de LEGO® Pneumatics, pero no tienes pistones pequeños, intenta crear tu propio conjunto mecánico para crear un motor o oruga medidora neumática.

Hay muchos tipos de caminantes que se pueden hacer basado en este sistema, incluidos caminantes a dos patas. Creando motores con tres grupos de pistones se pueden hacer caminantes de cuatro, seis y ocho patas, con las técnicas que se explican en mi tutorial sobre secuencias neumáticas, publicado en HispaBrick Magazine 13 y 14 . Con circuitos más complejos puedes incluso hacer motores que pueden cambiar de dirección con simplemente mover una válvula. Hay muchas cosas interesantes que se pueden hacer con LEGO® Pneumatics. ¡LEGO® Technic es una línea de lo más inventiva!

[1] La última versión de la bomba neumática tiene el muelle encapsulado. Las ilustraciones de este artículo usan la versión anterior por razones prácticas.

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=IXLnphCnKFU>

#