

# Eficiencia en estructuras LEGO®:

## Mediciones y consejos en Mecánica Technic

Por Oton Ribic

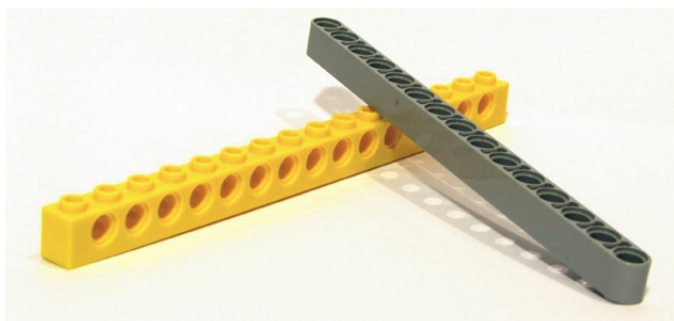
Uno de los problemas más comunes en el diseño de modelos Technic radica en juzgar la cantidad adecuada de refuerzos estructurales. Pocos y el modelo se flexiona y retuerce, o incluso se colapsa; demasiados y el modelo tendrá menos espacio disponible para las funciones, posiblemente quede comprometido estéticamente, y sea más pesado - pudiendo necesitar un mayor refuerzo, de nuevo.

A pesar de este problema de equilibrio que se presenta en, como mínimo, cada modelo de tamaño mediano (de hecho, no sólo en LEGO®, sino en Ingeniería Mecánica en general), una forma de minimizarlo es, en primer lugar, asegurarse de que los refuerzos se utilizan al máximo. Precisamente, el objetivo de este artículo es ofrecer las medidas y directrices para la eficiencia estructural Technic.

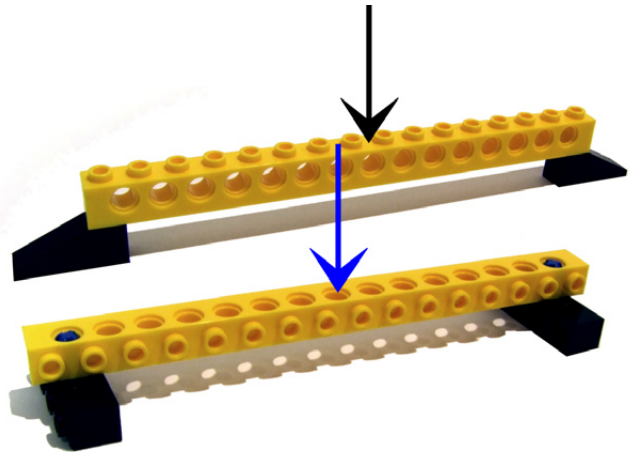
Comencemos por abordar un tema de debate muy común entre los constructores Technic: la diferencia en la fuerza entre las vigas con studs y las vigas sin - nuestras piezas estructurales elementales. Podemos asumir con seguridad que ambos tipos de piezas, y la mayoría de las piezas de LEGO® en este tema, tienen resistencia suficiente cuando son sometidas a compresión o tensión, es decir, al empujar o tirar a lo largo. Se trata de la flexión, que es la que provoca la mayoría de los problemas en la práctica. Hay dos planos básicos de la flexión con respecto a la orientación de sus agujeros - llamémosles vertical (perpendicular a los agujeros) y horizontal (en paralelo, a lo largo de los agujeros).

Hay pocas dudas de que las vigas con studs son notablemente más fuertes que sus homólogas sin, pero son mucho más pesadas. ¿Cuánto exactamente?, y ¿cuál de las dos ofrece mejor resultado? A efectos de medición, se puede construir un sencillo puente asegurando los extremos de las vigas, aplicar una fuerza sencilla hacia abajo sobre su centro, y medir el desplazamiento.

Utilizando una viga 16L con studs y una 15L sin studs, que son más o menos equivalentes, los resultados son muy interesantes. Sometido a una fuerza de 25N (peso de 2,5kg), la viga sin studs flexiona 1,5mm, mientras que con studs aproximadamente la mitad: 0,8 mm. Bajo la misma fuerza, pero en sentido horizontal ("Sideways"), ambas dan un poco más - con studs 1,5mm y 2,5mm sin studs. La relación es



menor en horizontal, esto se puede atribuir a que las vigas son de anchura similar, pero ligeramente diferentes en altura.

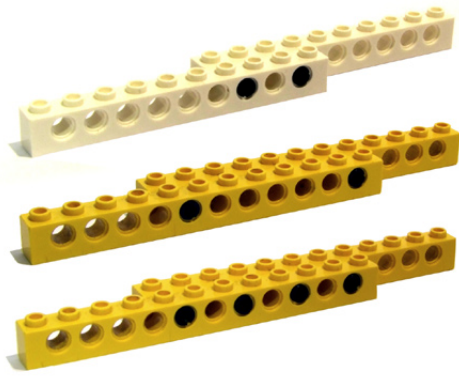


Vamos a analizar estas cifras teniendo en cuenta las masas de las vigas - que equivalen a 4,1g y 3,1g respectivamente. La viga sin studs es menos de un cuarto más ligera que la que tiene studs, sin embargo, apenas logra ofrecer la mitad de la fuerza vertical, y menos de dos tercios en horizontal. Las vigas con studs por tanto, tienen mucha mejor relación resistencia-peso, y por tanto, son mejor material de construcción para las partes principales de la estructura con mayor tensión - un chasis del vehículo, el esqueleto de un robot, etc.

Sin embargo, la resistencia estructural no se apoya en las vigas únicamente, los pins de conexión entre ellas también cuentan. Así que vamos a "dividir" la viga 16L en dos 10L con studs, conectadas por dos pins con fricción, con una sección de unión de 4L para conseguir una longitud total de 16 studs, y lo sometemos a la misma fuerza vertical que antes. (La fuerza horizontal separaría fácilmente las vigas de esta estructura, por lo que no tiene mucho sentido medirla - es más bien una cuestión de diseño inteligente, el evitar la aplicación de la fuerza paralelamente a los pins.)

Dicha viga compuesta pierde mucha de su fuerza - flexiona hasta 2mm en posición vertical. En otras palabras, esta conexión reduce la fuerza en comparación con una viga compacta hasta en cuatro veces, haciéndolo, también, significativamente más débil que la viga sin studs equivalente.

El aumento de la sección de unión debe mejorar la fuerza: vamos a sustituir dos vigas de 10L por un par de vigas de 12L, que tengan una sección de unión de 8L conectadas con cuatro pins con fricción para tener, de nuevo, una longitud total de 16L. Sorprendentemente, se desvía solamente 0,7 mm en el centro, lo que significa que este tipo de estructura es más fuerte que ¡una sencilla viga compacta de 16L! Sin embargo, el número de pins conectando las vigas es importante: la eliminación de dos de los pins internos de esta estructura, aumenta el desplazamiento de la flexión hasta los 1,5 mm - el mismo que el de una viga sin studs de 15L. Esto no es un problema, excepto para los modelos más pesados.



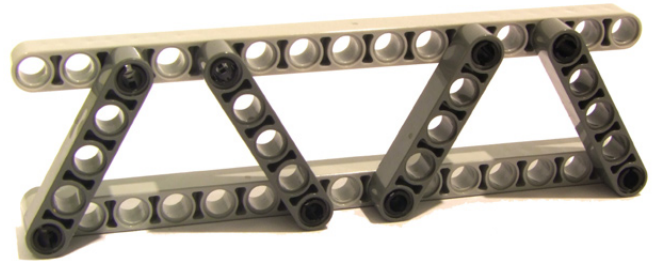
Cuando sea posible, son preferibles pins con fricción para la fuerza máxima, dado que sustituir los dos pins con fricción en esta última estructura, por dos axles 4L con casquillos (ver imagen) o por un par de pins sin fricción aumenta el desplazamiento en 0,2 mm, es decir, reduce la resistencia total en un 15%.



La fuerza total de una estructura de vigas se define, por supuesto, por su configuración estructural. Aunque hay demasiadas posibles formas como para considerar siquiera el centrarse en ellas específicamente, las medidas anteriores ofrecen pautas útiles. Por ejemplo, todas las fuerzas significativas deben, idealmente hablando, actuar longitudinalmente a lo largo de las vigas - pero si la construcción no lo permite, una viga con studs, montada de manera que la fuerza principal actúe verticalmente sobre ella, debe ser la siguiente mejor solución.

Esta es la razón por la cual las estructuras triangulares y atirantadas son tan importantes y útiles en Technic, y en Ingeniería Mecánica en general. Casi cualquier fuerza externa que actúa sobre este tipo de estructuras, directa o indirecta somete a una o más de sus vigas a compresión, lo que resulta en una rigidez especialmente elevada.

Como ejemplo, podemos comparar un "clásico" marco Technic compuesto por tres vigas con studs, separadas por plates y reforzadas por dos vigas verticales en sus extremos, frente a un marco triangular simple, construido sólo con vigas sin studs del 6. El primer instinto nos dice que, quizás la estructura con studs es muchísimo más fuerte, y en algunos aspectos lo es, pero sometido a una pesada carga desde arriba, el cual será su uso habitual, todo recae en la flexión de la viga 16L de arriba. La estructura sin studs es, en realidad, varias veces más fuerte en la parte superior, gracias a su forma triangular, y sin embargo casi la mitad de ligera. En una visión más amplia, colocar las vigas de manera inteligente es, al menos, tan importante como su propia fuerza.



Todos estos datos se pueden resumir en unas cuantas conclusiones simples que pueden servir de directrices para la creación, que se puede leer en el cuadro adjunto.

Por supuesto, hay muchas otras medidas que se podrían hacer con respecto a las propiedades mecánicas de las piezas Technic (tales como la fuerza a torsión de la viga, los límites de la cadena de transmisión, la fricción y flexibilidad de los axles, etc.) para mejorar las construcciones aún más. Esta vez nos hemos centrado en las vigas como material básico de construcción Technic - ¡pero manteneros atentos a este espacio para futuros proyectos de medición!

#

<http://legoism.blogspot.com/>

#### Datos para la construcción con vigas Technic

- En comparación con sus equivalentes sin studs, las vigas con studs son, aproximadamente, el doble de fuertes en sentido vertical y 2/3 más fuertes en sentido horizontal, pero sólo 1/3 más pesadas.
- La fuerza general de la estructura se ve mucho más afectada por las conexiones entre vigas que por la fortaleza inherente de las vigas.
- Las vigas de carga importantes deben estar conectadas por largos tramos comunes (por ejemplo, 6L o más). Secciones comunes cortas disminuyen drásticamente la fuerza general.
- Mayor densidad de pins en una sección común (por ejemplo, 4 en vez de 2 pins con fricción) aumenta notablemente la resistencia de la unión, posiblemente aún más que la de las vigas compactas.
- El uso de pins sin fricción o axles como conectores de vigas reduce la fuerza alrededor del 15% en comparación con los pins con fricción.
- Estructuras atirantadas y triangulares aumentan enormemente la rigidez, a menudo a niveles más altos que el de las clásicas vigas apiladas, pero, sin embargo, son mucho más ligeras.