

## CTIM estática - Tareas para ESO y bachillerato

El material de estática para CTIM permite un primer acceso a principios relevantes de la estática al alumnado de ESO y bachillerato. El objetivo es controlar el razonamiento propio al resolver problemas, así como reflexionar y valorar para, de este modo, desarrollar nuevos conocimientos. En el marco de esta tarea, se construirá de forma lúdica y práctica, se investigará y se estimulará la reflexión. El alumnado construirá modelos simples de manera independiente o en equipo.

### Objetivos de aprendizaje

- Competencia relacionada con el contenido: Aplicación de modos de trabajo y razonamiento físicos, leyes básicas de la estática, la determinación bidimensional de fuerzas de tracción y compresión, fuerzas en objetos en reposo en equilibrio, Ley de Hooke, componentes de fuerza, plano inclinado, equilibrio, par de torsión, Ley de la palanca, centro de gravedad, tipos de equilibrio, palanca de dos brazos.
- Competencia relacionada con el proceso: Resolver problemas/ser creativa/o.
- Competencia matemática: Pensamiento lógico y estratégico.
- Competencia personal y social: Encontrar soluciones en equipo.
- Competencia lingüístico-comunicativa: Adquisición de términos técnicos.

### Tiempo necesario

En general, cada tema debería poder tratarse en el transcurso de una hora de clase. El tiempo necesario para experimentar, evaluar y discutir se estima de forma individual en alrededor de 45 minutos más.

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

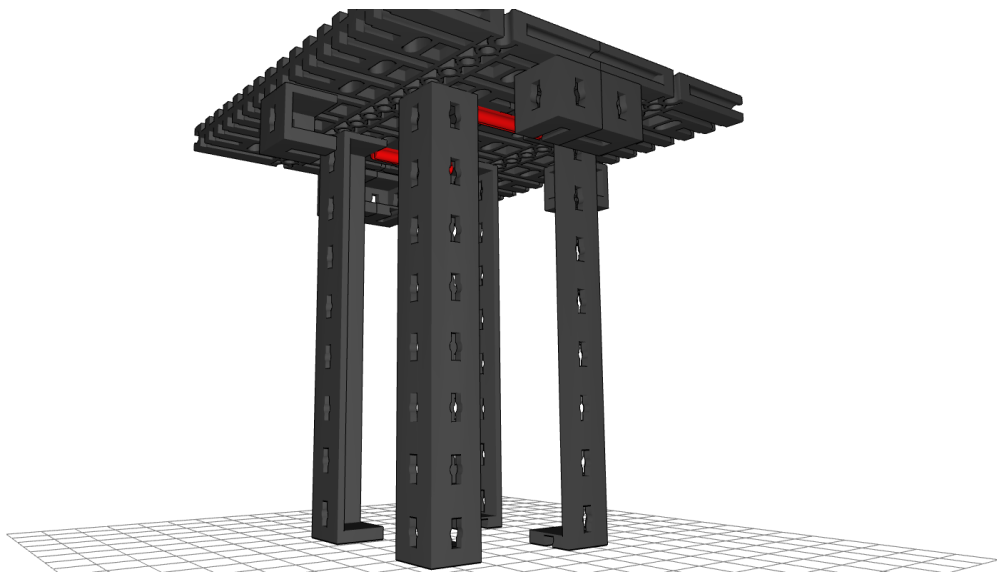
## Modelo 1

### Mesa

#### Tarea de construcción

En primer lugar, monta la mesa según el manual de instrucciones y deja de lado los puntales en diagonal.

Móntala con las patas juntas como en la siguiente imagen:



#### Tarea temática

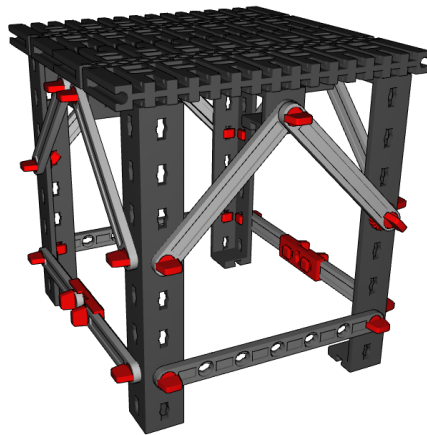
Presiona con el dedo en diversos puntos del tablero de la mesa. ¿Qué puedes decir sobre el comportamiento de inclinación de la mesa? ¿Y en cuanto a la estabilidad de las piernas?

---

---

Ahora monta la mesa siguiendo las instrucciones de montaje:

¿Qué mejoras observas en el «modelo nuevo»? ¿Cuáles son las desventajas en su aplicación práctica?



---

---

---

### Tarea experimental

¿Cómo puedes integrar las enseñanzas de los dos modelos para combinar las ventajas de cada uno?

---

---

---

Consejo:



---

Monta el prototipo mejorado a menor escala (una placa negra como tablero de mesa); para ello, necesitarás menos piezas



Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Hoja de soluciones del modelo n.º 1

### Mesa

#### Tarea temática

La mesa se inclina si la fuerza resultante se encuentra por fuera de la «superficie de las patas». La fuerza resultante se obtiene a partir de la fuerza ejercida por el peso de la mesa y la carga. Dependiendo de la relación entre la carga que se encuentra «por fuera» de la superficie de las patas y el peso de la mesa, esta se inclina con relativa facilidad. En cambio, si la fuerza resultante se encuentra dentro de la superficie de las patas, la mesa no se inclina y mantiene su estabilidad. Solo la torsión de las patas conduce a un «fallo» de la estructura.

#### Modelo montado según el manual de instrucciones:

La mesa no se inclina porque la fuerza resultante de la carga y la fuerza ejercida por el peso de la mesa se encuentra dentro de la superficie de las patas. El apuntalamiento permite que la estructura sea muy estable; desde un punto de vista estructural, la mesa puede ser considerada un cuerpo rígido en forma de cubo.

En la práctica, una mesa de este tipo tiene la desventaja de que los puntales en diagonal suelen estorbar al usuario.

#### Tarea experimental

Intenta construir una mesa en la cual la superficie de las patas coincida con la superficie de la mesa y que, al mismo tiempo, deje espacio para las piernas. Puedes hacerlo utilizando diversos métodos: patas estrechas lo más hacia afuera posible. Si no cuenta con puntales en diagonal, corre el riesgo de doblarse, lo cual debe tenerse en cuenta para poder elegir correctamente el material y/o la sección transversal de las patas. O una placa en el suelo que coincida con la superficie de la mesa y que esté unida al tablero de la mesa mediante una estructura muy estable.



---

Esto significa que puede ser necesario tener que soportar un par de flexión elevado mediante una sección transversal muy amplia de una pata central.

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Modelo 2

### Torre

#### Tarea de construcción

Monta la torre según el manual de instrucciones y, para ello, primero deja de lado los puntales en diagonal color gris plata de modo que la torre en principio solo esté formada por la plataforma y las patas.



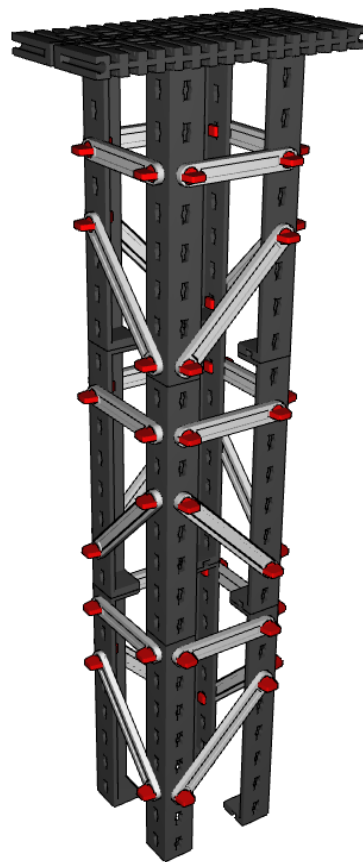
¿Cuáles son los defectos de una torre construida de esta manera?

---

---

## Tarea temática

Ahora añade los puntales en diagonal a la torre siguiendo las instrucciones de montaje:



A continuación, verifica cuáles de los defectos observados se han eliminado gracias al apuntalamiento.

---

---

---

---

## Tarea experimental

Existe un caso especial en el apuntalamiento diagonal que no es evidente a primera vista: Vuelve a montar los puntales en diagonal en dos lados opuestos de modo que queden alineados al igual que en los otros dos lados:

Se forma una espiral de puntales. ¿Qué propiedad pierde la torre como consecuencia?

---

---

---

**Consejo:** Toma la torre con las dos manos y prueba cómo se puede deformar el modelo (pero no con tanta fuerza para no dañar el material). 😊

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Hoja de soluciones del modelo n.º 2

### Torre

#### Tarea de construcción

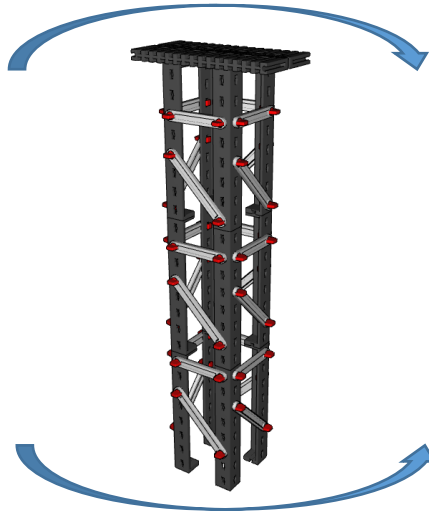
Con la carga correspondiente, se **tuercen** las vigas angulares de la torre. Esto se debe a que los perfiles son muy estrechos en relación con la longitud. El **par de flexión** en una pata se obtiene a partir de la fuerza horizontal que actúa sobre la torre. Puede tratarse de una carga de viento o una carga dinámica, dependiendo del área de aplicación de la torre. También notarás con cargas verticales que las patas tienden a doblarse ya con una presión relativamente baja.

#### Tarea temática

Los puntales estáticos evitan la torsión de las vigas angulares de la torre.

El apuntalamiento con puntales estáticos permite que los cuatro entramados planos soporten fuerzas horizontales y verticales. La torre se vuelve estable y puede considerarse como una barra rectangular. Las fuerzas generadas en una barra de este tipo son mayores en la parte más externa, que contrarresta el par de flexión. Precisamente allí se encuentra el material en una torre de entramado. Si es de acero, las fuerzas de tracción y compresión pueden ser soportadas de la misma manera.

## Tarea experimental



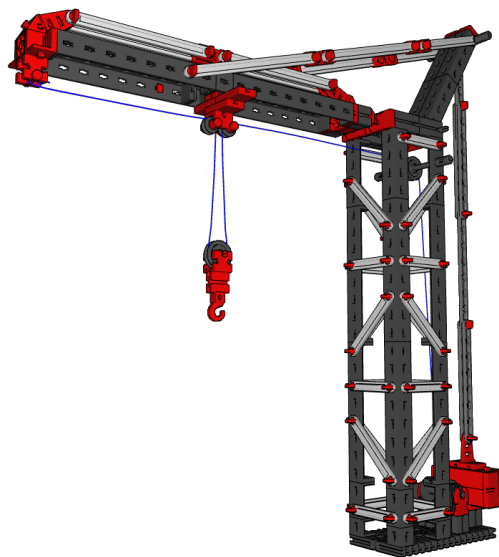
Mientras que el sistema estructural puede seguir soportando fuerzas verticales y horizontales, la disposición en forma de espiral permite la torsión. Si sujetas la torre por abajo y giras la placa superior alrededor de su centro, notarás que la estructura de la torre cede a esta carga. Normalmente esto no debería suponer ningún peligro para una torre real, ya que no es habitual que se produzca una carga de este tipo en una torre.

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Modelo 3

### Grúa



## Tarea de construcción

Monta la grúa según el manual de instrucciones.

## Tarea temática

La función de una grúa es mover cargas pesadas. Normalmente las encontramos en obras en construcción, donde deben transportarse cargas a zonas de la obra a las que, de otro modo, sería muy difícil o imposible. Dependiendo del tamaño y el peso de las cargas, debe procurarse con antelación que la grúa cuente con un tamaño suficiente.

El tipo de grúa más habitual en una obra en construcción es la grúa torre. Se monta rápidamente, es económica y también puede desmontarse de manera rápida y sencilla cuando ya no se necesita.

Sin embargo, tiene una desventaja:





No puede elevar las mismas cargas máximas en todas las áreas de su superficie. Dada la gran longitud de su brazo, durante el funcionamiento surgen dos pares relevantes que deben considerarse para el dimensionamiento y el funcionamiento posterior: el par de flexión en el brazo y la torre y el par de inclinación, que podría desequilibrar la grúa por completo. Nuestra grúa Fischertechnik pesa 558 gramos con contrapeso. El contrapeso pesa 152 gramos.

1. Cuando el carro de grúa se encuentra al final del brazo, la grúa debe poder levantar 50 gramos: ¿cuánto debe pesar el contrapeso para que la grúa no se incline sin la influencia de otras fuerzas?

---



---



---



---

### Tarea experimental

1. Introduce en la tabla las fuerzas máximas con las que se inclina la grúa y calcula el peso máximo de elevación posible en el punto respectivo:

Distancia $s_n$	Fuerza de la carga $F_L$	Peso ( $F_L/g$ )
16 cm		
22 cm		
28 cm		

2. ¿Por qué el contrapeso de una «grúa real» debe ser considerablemente más alto que el peso límite en el que se inclina la grúa?

---



---

- 
3. ¿Cómo podrías modificar teóricamente tu modelo para que pueda elevar 300 gramos si  $s = 25 \text{ cm}$ ?

**Consejo:** Utiliza una balanza de muelle para registrar las fuerzas durante las pruebas

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Hoja de soluciones del modelo n.º 3

## Grúa

## Tarea temática

1. La grúa se inclina prácticamente en la posición máxima exterior del carro de grúa ( $s = 28$  cm), por lo que el contrapeso solo tendría que aumentarse ligeramente. Si el carro de grúa se frena considerablemente en el exterior, la grúa podría seguir inclinándose.

## Tareas experimentales

1.

Distancia $s_n$	Fuerza de la carga $F_L$	Peso ( $F_L/g$ )
16 cm	1,25 N	125 g
22 cm	0,75 N	75 g
28 cm	0,5 N	50 g

2. En la realidad existen más factores que pueden influir sobre la grúa, además de la fuerza que resulta de la carga estática. Si, por ejemplo, el carro de grúa se frena en su trayectoria hacia adelante, además de la carga vertical, surge una carga horizontal que genera un par que actúa en la misma dirección que el par de inclinación resultante de la carga.

Además, las cargas de viento y nieve pueden ejercer fuerzas adicionales sobre la grúa y propiciar la inclinación. Por esta razón, en todos los cálculos se utilizan siempre valores de seguridad que permiten que la grúa se mantenga en una posición estable con la máxima carga, incluso en caso de vientos fuertes, nieve y carros frenados rápidamente.

## 3. Hay varias maneras:

- Puede aumentarse el contrapeso. Con un peso total de 558 g y sabiendo que la grúa se inclina con 50 g de carga a  $s = 28$  cm, la suma de los pares en torno al punto de inclinación arroja una distancia del eje de gravedad de la grúa de aproximadamente 2,5 cm.

Carga nominal = 300 g

 $S_{\text{nominal}} = 25$  cm

$$F_{\text{aum.}} * 9 \text{ cm} + M_{\text{grúa}} = M_{\text{carga}} \rightarrow F_{\text{aum.}} = (M_{\text{carga}} - M_{\text{grúa}}) * 9 \text{ cm}$$

$$F_{\text{aum.}} = 6,78 \text{ N}$$

Si se simplifica el factor local a  $10 \text{ m/s}^2$ , habría que añadir 678 g al contrapeso existente. Sin embargo, no es seguro que la grúa pueda soportar esta carga.

- En cambio, podría desplazarse el punto de inclinación inferior de la grúa hacia la carga con ayuda de los brazos. El eje de gravedad de la grúa se encuentra 2,5 cm por detrás del punto de inclinación y proporciona así una palanca que corresponde a 1/10 de los 25 cm requeridos. Volvemos a sumar los pares en torno al punto de inclinación:

$$M_{\text{grúa}} = F_{\text{nominal}} * 25 \text{ cm} \rightarrow G_{\text{grúa}} * (2,5 + x) = F_{\text{nominal}} * (25 \text{ cm} - x)$$

$$X = (25 \text{ cm} * F_{\text{nominal}} - 2,5 \text{ cm} * G_{\text{grúa}}) / (G_{\text{grúa}} + F_{\text{nominal}}) \sim 7,12 \text{ cm}$$

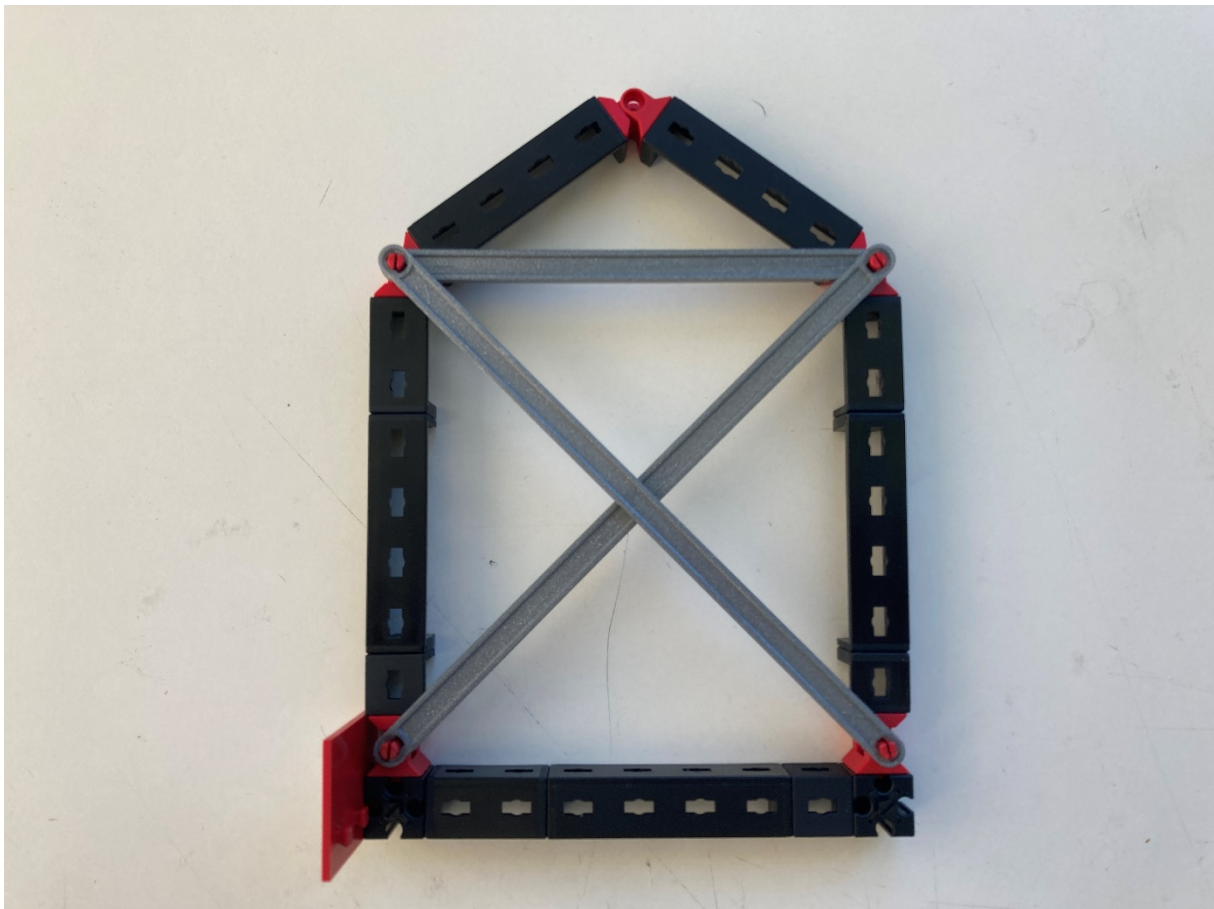


Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Modelo 4

### Entramado



## Tarea de construcción

En primer lugar, monta el modelo de entramado simple.

## Tareas temáticas

Un entramado es estáticamente determinado si pueden calcularse todas las fuerzas de las barras generadas en él. Esta condición se cumple si se trata de un entramado simple.

1. Establece la determinación estática a través de la experimentación.

Consejo: si la unidad de montaje es móvil en sí misma, es estáticamente subdeterminada; si es posible retirar uno o varios elementos y permanece rígida, es sobredeterminada.

Resultado:

2. Ahora monta la unidad para que sea estáticamente determinada. Dibuja el resultado aquí:



- 
3. Ahora utiliza la fórmula de los nodos para demostrar que tu variante realmente es estáticamente determinada.

---

---

---

### Tarea experimental

Monta otras 3 unidades con las piezas disponibles, cada una de ellas estáticamente determinada, y fundaméntalo con la fórmula de los nodos.

---

---

---

---



Anexos

Entramado

Material necesario

Más información

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Hoja de soluciones del modelo n.º 4

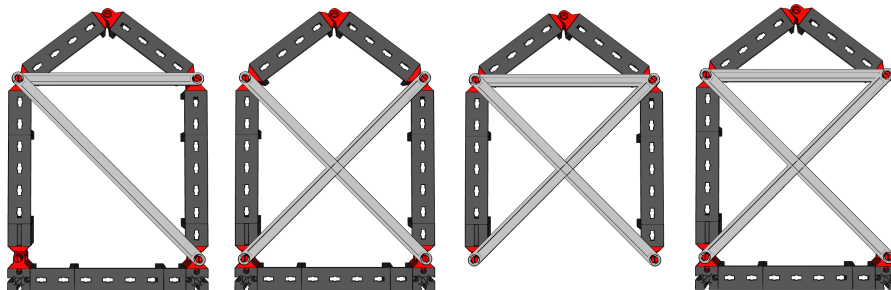
### Entramado

#### Tareas temáticas

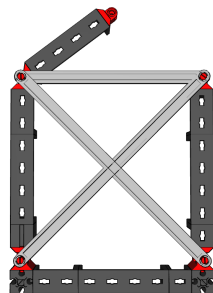
##### Determinación estática interna

Resultado de la experimentación: Se puede dejar de lado un puntal a la vez y el modelo mantendrá su estabilidad dimensional. Esto se aplica a cada «barra» del rectángulo, así como a los diagonales. Al retirar una de estas barras, el modelo queda estáticamente determinado. Solo si se retira otra barra, las partes de la casa de entramado se vuelven móviles. Esto significa que el modelo es estáticamente sobredeterminado en su forma original.

1./2. Ejemplos de variantes estáticamente determinadas:



A continuación, se presenta un ejemplo en el que esto no aplica:



La barra superior es móvil y el rectángulo es estáticamente sobredeterminado.

3. Para establecer la determinación estática en entramados planos se aplica lo siguiente:

$n$  = Número de barras

$k$  = Número de nodos

$n = 2k - 3$  = estáticamente determinado

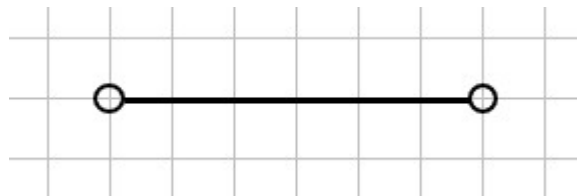
$n < 2k - 3$  = móvil (subdeterminado)

$n > 2k - 3$  = estáticamente sobredeterminado

Por lo tanto, en nuestro ejemplo,  $7 = 2 * 5 - 3$  es correcto: la casa es estáticamente determinada. El modelo original tenía  $n = 8$  barras y también 5 nodos.  $8 > 7$

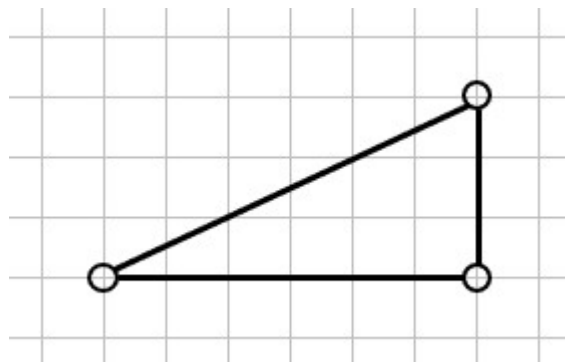
### Tareas experimentales

Existe un «truco» sencillo para crear entramados simples con determinación estática interna: En primer lugar, toma una barra simple articulada a la derecha y a la izquierda.

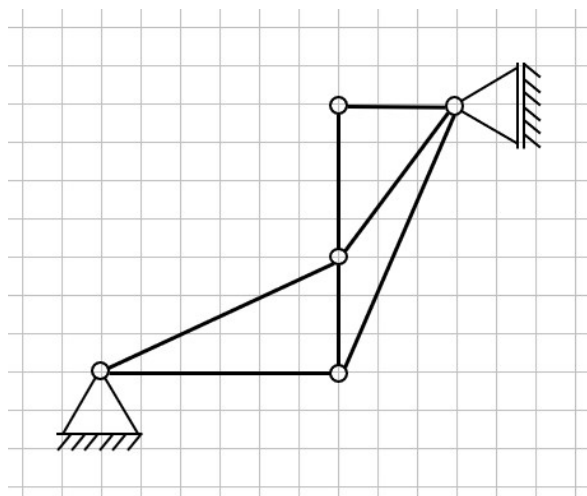


Esta es estáticamente determinada:  $1 = 2 * 2 - 3$  es correcto

Si conviertes la barra en un triángulo añadiendo dos barras adicionales, también se aplica la fórmula:  $3 = 2 * 3 - 3$  también es correcto



De este modo, en cada paso podrás añadir dos barras (= 1 triángulo) a tu entramado y la fórmula seguirá siendo correcta. La longitud de las barras del entramado es irrelevante. Para realizar una primera evaluación de un entramado complicado, puedes proceder a la inversa: si «retiras» dos barras del entramado cada vez hasta que solo quede una barra, podrás estimar rápidamente si este entramado plano tiene determinación estática interna. Si aún se apoya en 3 puntos significa que, efectivamente, tiene determinación estática interna y externa.



Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

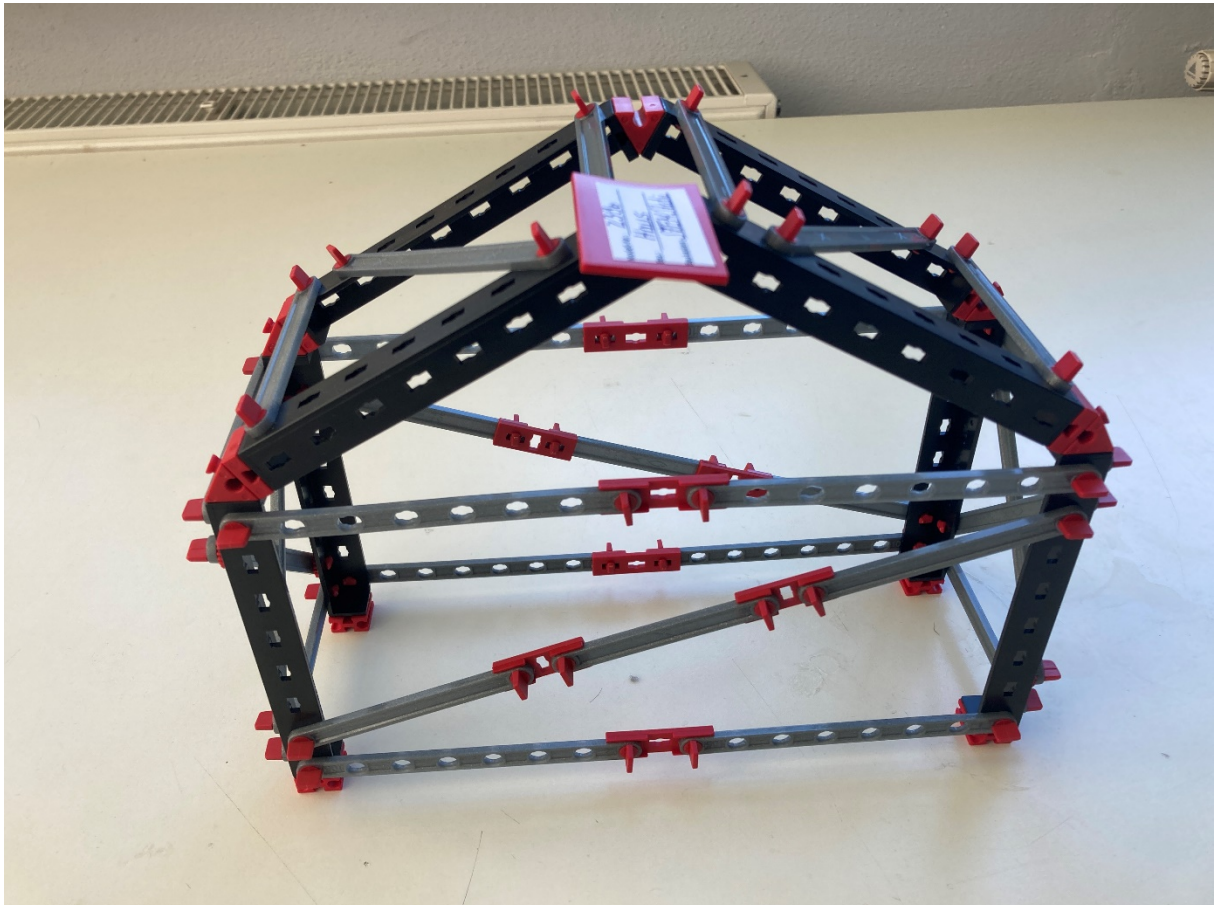
Fecha: \_\_\_\_\_

## Modelo 5

### Casa de entramado

### Tarea de construcción

Monta la casa de entramado según el manual de instrucciones.



### Tarea temática

En la práctica, los entramados no suelen presentarse en dos dimensiones, sino en forma de cuerpos espaciales. Esto puede apreciarse claramente en la construcción de naves, donde todavía hoy se encuentran los entramados en su forma más pura.



---

Este modelo muestra, a modo de ejemplo, cómo se construye el sistema estructural de un almacén.

Utiliza el método del triángulo para determinar previamente si este modelo es estáticamente determinado. Para ello, considera las superficies laterales individualmente como entramados planos.

Evaluación según el método del triángulo

1. Lado delantero/trasero:

---

---

---

2. Superficie del techo derecha/izquierda:

---

---

---

---

3. Lateral derecho/izquierdo:

---

---

---

---



---

## Tareas experimentales

1. Ahora retira la estructura del techo y presiona ligeramente el modelo con la mano y describe tu impresión sobre su estabilidad.

---

---

---

---

---

2. Retira un puntal de la cruceta de cada uno de los laterales y presiona en diagonal en las esquinas de los marcos de los laterales.

¿Qué puedes observar con respecto a la prueba anterior en las superficies laterales?

---

---

---

---

---

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Hoja de soluciones del modelo n.º 5

### Casa de entramado

#### Tarea temática

1. En las partes delantera y trasera, los nodos no siempre están concebidos como articulaciones. Debido a los triángulos, el entramado plano sería estáticamente determinado; a causa de las «esquinas inflexibles», las partes delantera y trasera son estáticamente indeterminadas (sobredeterminadas).
2. Lo mismo ocurre con las superficies del techo: si todos los nodos estuvieran concebidos como articulaciones, sería estáticamente determinado. Sin embargo, las esquinas inferiores tienen 3 apoyos (sujeción) y, de este modo, son sobredeterminadas estáticamente.
3. En el caso de las superficies laterales, en realidad hay un puntal adicional debido a la cruceta, es decir que es estáticamente indeterminado.

#### Tareas experimentales

1. Los marcos ceden exactamente en las diagonales en la que hay un puntal.
2. Sin embargo, en todas las superficies, los puntales en diagonal son tan delgados que, en la práctica, solo funcionan como «elementos de tracción» y no pueden someterse a fuerzas de tracción y tensión del mismo modo que en un «entramado ideal».

Si se someten a fuerzas de presión, se doblan y prácticamente no transmiten fuerzas de compresión. En la práctica suelen verse crucetas realizadas con cables de acero.

Presta atención a la presencia de entramados en el mundo real y considera si son estáticamente determinados o no.



Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

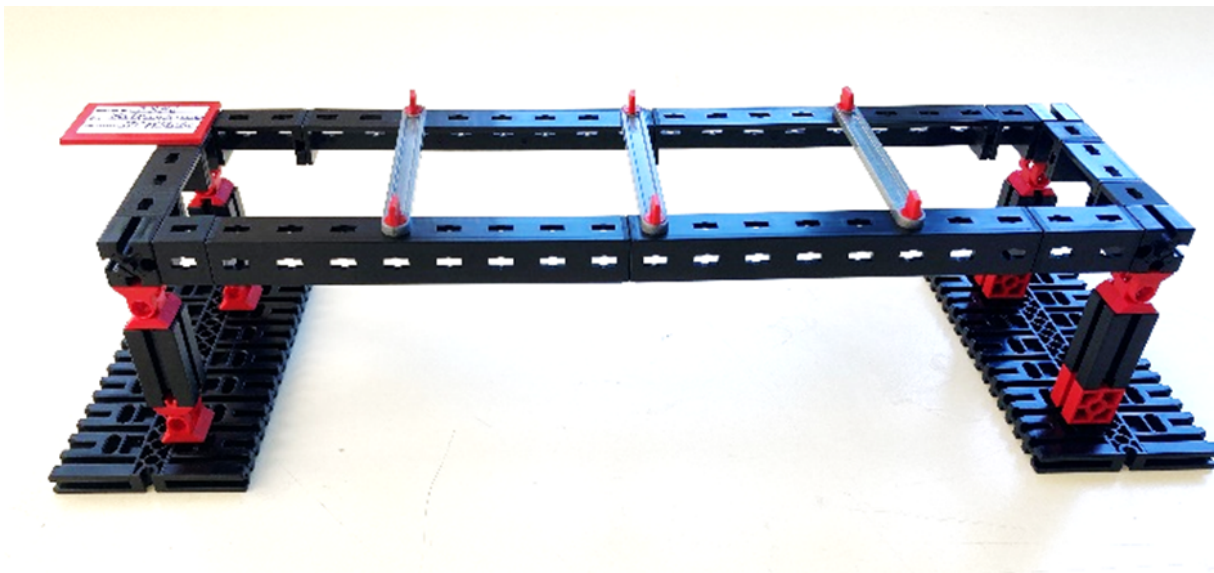
Fecha: \_\_\_\_\_

## Modelo 6

### Puente

### Tarea de construcción

En primer lugar, monta el puente de vigas según el manual de instrucciones.



### Tarea temática

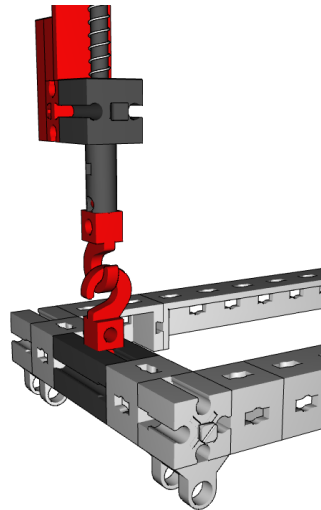
#### Determinación estática externa

Determina si el puente cuenta con una estructura estáticamente determinada en el exterior. Consejo: considera el modelo de 2 dimensiones del puente. Dibuja un esquema y añade las fuerzas relevantes a tu dibujo.

Esquema del sistema estático del puente de vigas:

## Tarea experimental

1. Para el siguiente experimento, sustituye el apoyo de un solo punto (apoyo libre / apoyo deslizante) por la balanza de muelle



y aplica una carga al puente en diferentes puntos.

Introduce en la siguiente tabla los valores medidos con la balanza de muelle en función de la distancia  $s_n$ . Realiza esta prueba con 3 pesos diferentes. Ten en cuenta que la balanza de muelle no solo muestra la fuerza resultante del peso de la carga ( $F_L$ ), sino también la mitad del peso propio del puente ( $130 \text{ g} / 2 = 65 \text{ g}$ )

Distancia $s_n$	Fuerza de soporte $F_n$	Fuerza ejercida por el peso $F_L$
$s_1 = 75 \text{ mm}$		1 N
$s_2 = 150 \text{ mm}$		1 N
$s_3 = 300 \text{ mm}$		1 N
$s_1 = 75 \text{ mm}$		2 N
$s_2 = 150 \text{ mm}$		2 N
$s_3 = 300 \text{ mm}$		2 N

---

$s_1 = 75 \text{ mm}$		3 N
$s_2 = 150 \text{ mm}$		3 N
$s_3 = 300 \text{ mm}$		3 N

**Consejo:** Para determinar la fuerza ejercida por el peso de las respectivas cargas, puedes pesarlás con la balanza de muelle e introducir los valores en la tabla sin necesidad de determinar el peso exacto.

2. A continuación, monta la viga de cumbrera y la viga maestra del entramado sobre el puente siguiendo las instrucciones de montaje.

Determina si la viga longitudinal superior de la viga testera se somete a fuerzas de tracción o compresión. ¿Qué ocurre con la viga maestra?

---

---

---

---

3. ¿Cuál es el factor decisivo para determinar si un puente se construye con viga maestra o viga testera?

---

---

---

---

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Hoja de soluciones del modelo n.º 6

## Puente de vigas

## Tarea temática

En términos muy sencillos, la representación bidimensional del puente es la siguiente:



Del lado izquierdo puede observarse un apoyo pendular que representa un apoyo de 1 solo punto para el cuerpo del puente. Este apoyo solo puede soportar fuerzas de tracción o compresión perpendiculares al apoyo. Este tipo de apoyo también se denomina apoyo deslizante o libre, ya que puede moverse libremente en dirección horizontal.

A la derecha se encuentra un apoyo fijo, es decir, un soporte que puede soportar fuerzas tanto horizontales como verticales.

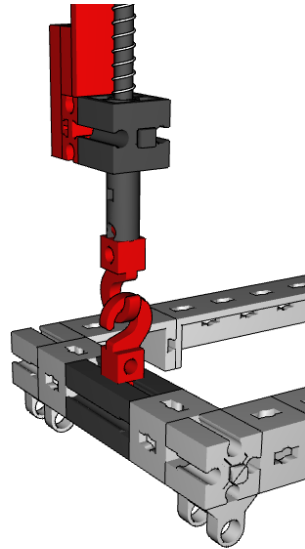
Ambos apoyos cuentan con una articulación, lo que significa que no se puede transmitir ninguna rotación al puente.

Se entiende que hay **determinación estática externa** cuando un componente está apoyado de tal modo que puede absorber todos los movimientos posibles. En el plano bidimensional se trata de los movimientos en dirección horizontal y vertical, así como la rotación. Si no se compensan todas las direcciones de movimiento con las fuerzas de soporte, el componente puede moverse y se dice que es estáticamente subdeterminado. Si un componente cuenta con una estructura estáticamente determinada y se añade otro apoyo, se habla de sobredeterminación estática. Esto puede causar tensiones internas aunque no haya otras cargas

actuando sobre el componente. Por lo tanto, se intenta evitarlo siempre que sea posible.

## Tarea experimental

### Ejemplo de montaje de la balanza de muelle



En nuestro ejemplo solo actúan fuerzas verticales sobre el puente:

Distancia $s_n$	Fuerza de soporte $F_n^*$	Fuerza ejercida por el peso $F_L$
$s_1 = 75 \text{ mm}$	0,75 N	3 N
$s_2 = 150 \text{ mm}$	1,5 N	3 N
$s_3 = 300 \text{ mm}$	3 N	3 N
$s_1 = 75 \text{ mm}$	1 N	4 N
$s_2 = 150 \text{ mm}$	2 N	4 N
$s_3 = 300 \text{ mm}$	4 N	4 N
$s_1 = 75 \text{ mm}$	1,25 N	5 N
$s_2 = 150 \text{ mm}$	2,5 N	5 N
$s_3 = 300 \text{ mm}$	5 N	5 N

\*  $F_n$  después de restar la mitad del peso del puente ( $130 \text{ g} / 2 = 65 \text{ g} \sim 0,65 \text{ N}$ )

También puede calcularse considerando, por ejemplo, el equilibrio de momentos del lado derecho. El puente no se mueve, lo cual significa que la suma de todos los momentos en torno a este apoyo debe ser igual a «0».

Ten en cuenta que para estos valores es necesario restar la mitad del peso del puente al valor medido. En la realidad, el peso de un puente es mucho mayor en relación con las cargas dinámicas o del viento que actúan sobre la estructura.

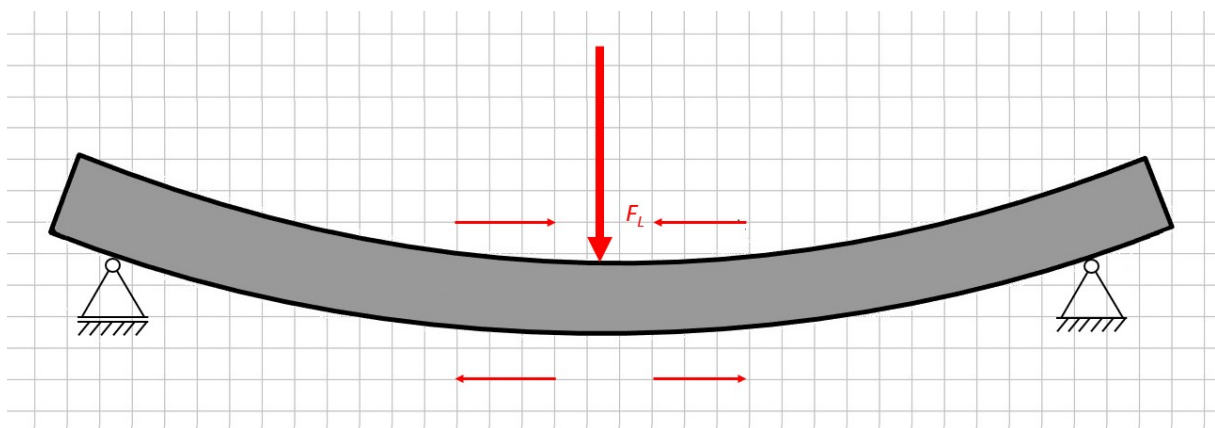
### Determinación estática interna

La constatación de la determinación estática interna de una estructura también puede ser muy interesante, en especial en el caso de los entramados. Debido a la construcción, en este caso no deben producirse tensiones o deben ser mínimas, de modo que también resulta conveniente una determinación estática. Es decir, las vigas y los arriostramientos necesarios para absorber las fuerzas que pueden presentarse y al menos una cantidad suficiente para que el sistema no sea «móvil».

### ¿Viga testera o viga maestra?

Para incrementar la estabilidad del puente puede añadirse una viga testera o maestra de entramado. Esta adición reduce considerablemente la flexión. Cuanto más lejos se encuentre la viga testera o la viga maestra con respecto a la carretera, mayor será el efecto.

En la viga maestra actúan fuerzas de tracción en el soporte, mientras que en la viga testera actúan fuerzas de compresión que contrarrestan la flexión.





- 
3. No es el ingeniero estructural, sino el arquitecto, quien decide si utilizar una viga testera o una viga maestra en una estructura: ¿qué función debe cumplir el puente? En el caso de un puente ubicado sobre un río, la altura de paso es un criterio relevante. En un puente ferroviario que atraviesa un valle el espacio libre debajo del puente tal vez no sea tan relevante, pero la vista para los pasajeros del ferrocarril es decisiva para el diseño del puente.

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

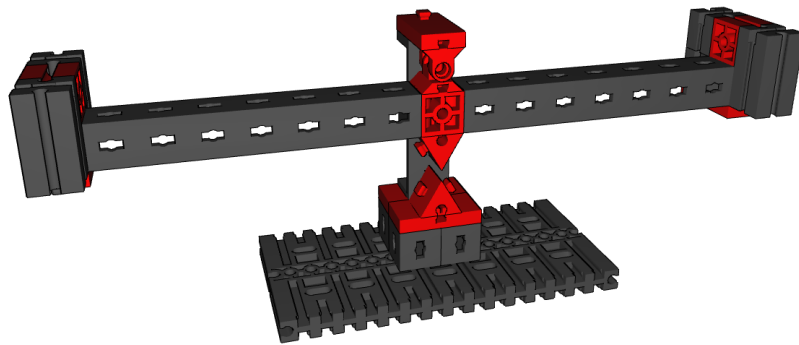
Fecha: \_\_\_\_\_

## Modelo 7

### Palanca de dos brazos

#### Tarea de construcción

Monta la palanca de dos brazos según el manual de instrucciones.



#### Tarea temática

Coloca pesos iguales en ambos lados de la palanca de dos brazos. Coloca los pesos en ambos lados en el punto más externo y observa. La palanca debería estar en equilibrio, es decir, exactamente horizontal.

1. Mueve uno de los pesos en dirección al eje de giro. ¿Qué puedes determinar?

---

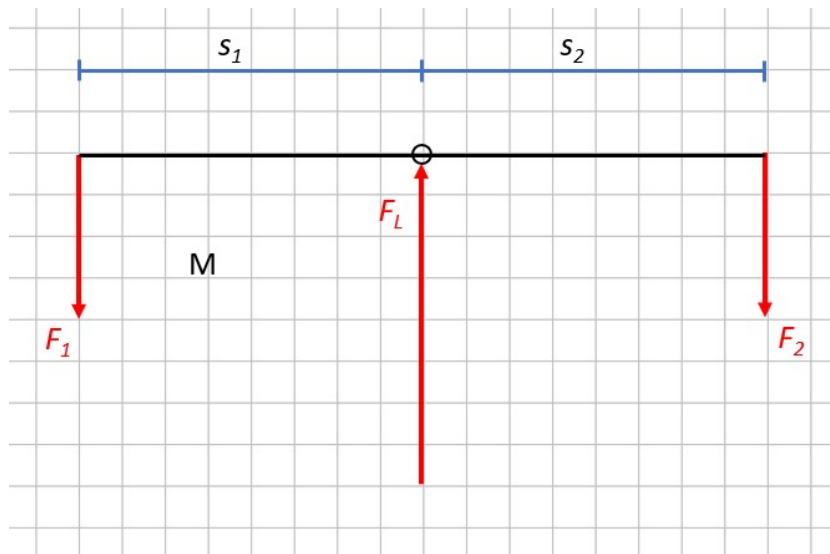
---

---

---



2. ¿Puedes establecer el equilibrio de la palanca duplicando el peso en un lado?
3. Formula una hipótesis acerca de la distancia  $s$  entre el eje de gravedad del peso y el eje de giro.



4. Calcula los momentos en torno al eje de giro que surgen de los pesos individuales y realiza la suma. ¿En qué momento la palanca está matemáticamente en equilibrio? ¿Qué consecuencias tendría para la longitud de la palanca si el peso se duplicara en un lado?

---

---

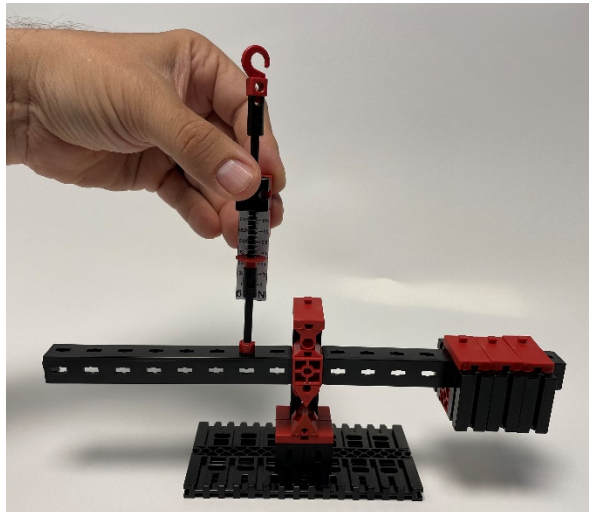
---

---

---

## Tarea experimental

Sujeta la balanza de muelle contra el modelo de modo que ejerza una fuerza de compresión vertical sobre la parte izquierda del brazo de palanca. Sujétala lo suficientemente alto como para que el brazo de la palanca se mantenga exactamente en posición de equilibrio.



Determina así el peso de los contrapesos.

1. ¿Qué puedes decir del montaje experimental?

---

---

---

2. ¿Cuáles son las ventajas de colocar la balanza cerca del eje de giro? ¿Cuáles son las desventajas?

---

---

---



- 
3. ¿Cuáles son los argumentos a favor de una medición alejada del eje de rotación y cuáles en contra?

---

---

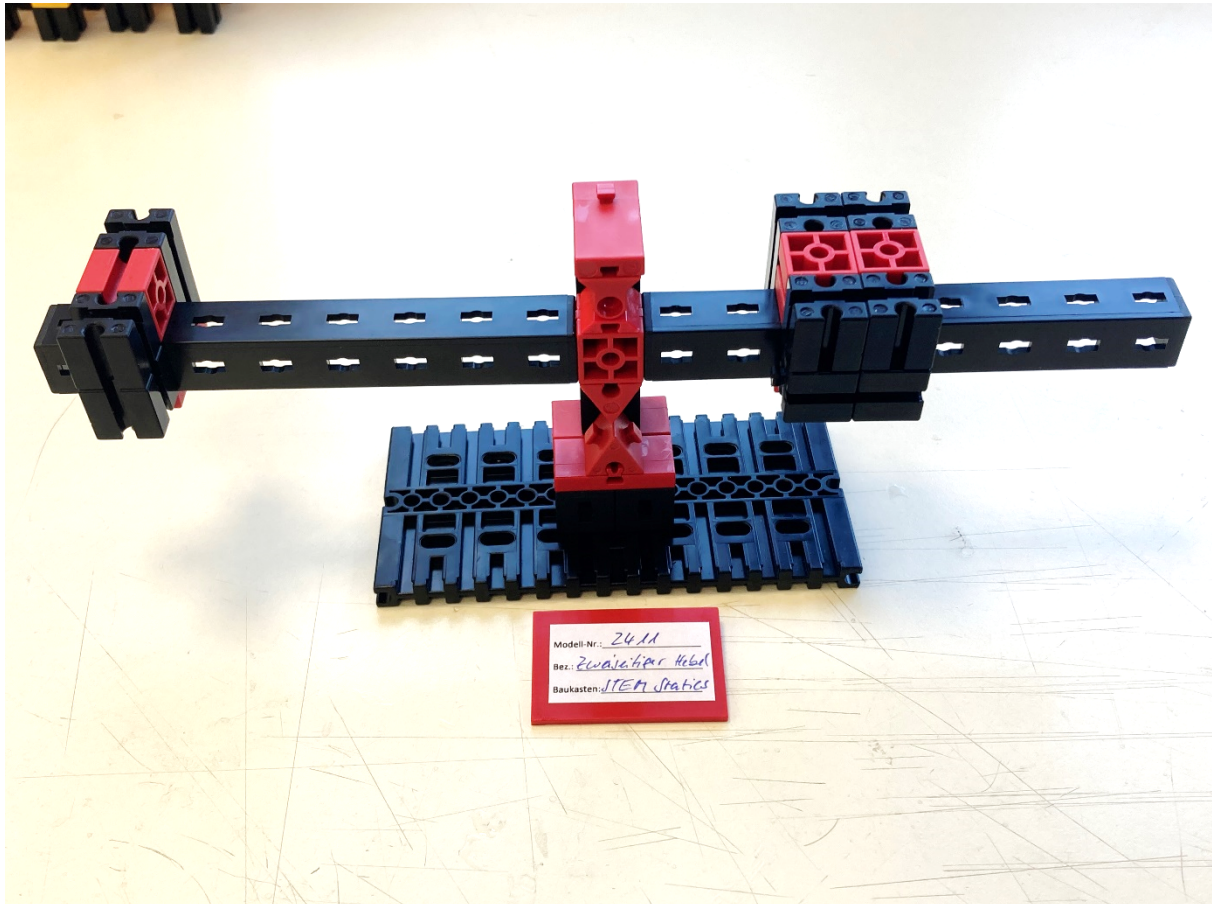
---

**Consejo:** Los dos lados de la palanca deben estar dispuestos de forma idéntica durante los experimentos para poder levantar con exactitud el peso propio de ambos lados. Si, por ejemplo, solo extiendes la palanca de uno de los lados, el peso propio correspondiente a la extensión se añade al peso experimental real. La línea de acción del peso también se aleja del eje de giro y el momento resultante de esta mitad de la palanca es mayor.

Nombre: \_\_\_\_\_ Clase: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Soluciones del modelo 7 - Palanca de dos brazos



### Tarea temática

#### 1. Palanca en equilibrio

Al mover un peso en dirección al punto de giro se eleva la palanca de ese lado.

#### 2. Si se duplica el peso, la palanca se mantiene equilibrio si la palanca (distancia $S$ ) de este lado se encuentra exactamente a la mitad de la distancia del otro lado.

3. La distancia del peso debe ser inversamente proporcional al peso: peso duplicado - mitad del brazo de la palanca, peso triplicado - 1/3 del brazo de la palanca

La razón es el momento resultante de los pesos. El momento se obtiene a partir del producto del brazo de la palanca al punto de giro y de la fuerza total.

- 4.

$$M1 = F1*s1$$

$$M2 = F2*s2$$

Si la cantidad de  $F1$  y  $F2$  es la misma, las distancias  $s1$  y  $s2$  al eje de giro también deben ser iguales. Si consideramos que la rotación en sentido antihorario es positiva, el momento  $M1$  resultante de  $F1$  en nuestro sistema también es positivo; la fuerza  $F2$  actúa en contra del sentido de giro positivo y, por lo tanto, debe ser negativa. La suma de los dos momentos es 0 y la palanca está en equilibrio.

$$0 = M1 + M2 = F1*s1 - F2*s2$$

### Tareas experimentales

1. La balanza de muelle asume la función del contrapeso: al haber retirado el peso del lado izquierdo, el brazo de la palanca ya no está en equilibrio. La balanza de muelle se ocupa de compensarlo y mantiene la palanca en equilibrio.
2. Dado que la resistencia del muelle aumenta de manera proporcional a la deformación, ejerce sobre la palanca exactamente la fuerza opuesta necesaria para mantenerla en equilibrio. En función del punto de fijación, genera un momento tan grande como los contrapesos, pero exactamente opuesto.



3. Si la distancia de la balanza es igual que la del peso, la báscula muestra exactamente la cantidad correspondiente al peso del contrapeso.

Si la fuerza se mide cerca del punto de giro, es mayor: el recorrido del muelle es más largo y puede leerse con más detalle. Sin embargo, la escala de la balanza de muelle puede no ser suficiente. Si se mide en el extremo, el recorrido del muelle es mínimo y pueden producirse errores de lectura. Por lo tanto, para obtener valores de medición más precisos es necesario utilizar toda la escala del muelle y calcular el peso del lado opuesto utilizando la palanca. La desventaja en este caso es que es más complicado, pero más preciso.