

TEMA 10: ESTRUCTURAS

10.1.- DEFINICIÓN: FUERZAS Y ESTRUCTURAS

Si nos fijamos en la etimología (estudio del origen de las palabras) de Estructura:

***Estructura** (del latín *structūra*) es la disposición y orden de las partes dentro de un todo.*

Vemos que en una estructura van a ser tan importantes los elementos que la componen como su disposición (ubicación, colocación) y el orden en el que se encuentran.

Podemos hablar de la Estructura de casi todas las cosas.

Por ejemplo, la estructura de una clase serían los alumnos/as, el profesor/a, las sillas, las mesas, la pizarra y también, y muy importante, la forma en que están colocadas.

Seguro que recuerdas que cuando tenías 4 o 5 años las sillas y las mesas de las clases no estaban colocadas como suelen estarlo en un instituto. La forma de colocar las sillas y las mesas en un aula está muy relacionada con cómo se trabaja en ese aula. De la misma manera como coloquemos los elementos (la disposición) y el orden en el que los coloquemos va a influir en la forma de trabajar de cualquier otra Estructura.

En este tema vamos a centrarnos en las estructuras que tienen como principal objetivo resistir las **fuerzas físicas** a las que van a estar sometidas.

Como nuestro rival en esta "lucha" son las fuerzas físicas, lo primero que tenemos que hacer es conocerlas bien para saber cómo podremos conseguir que nuestras estructuras sean capaces de resistirlas.

10.2.- LAS FUERZAS

Todos los objetos del Universo están sometidos a la acción de fuerzas.

Definimos:

***Fuerza** como toda causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo o de deformarlo.*

Estas fuerzas o cargas se clasifican según su duración en:

- **Fijas o permanentes:** *siempre están presentes y la estructura tendrá que soportarlas en todo momento.*

Por ejemplo: *el peso de un edificio, del cuerpo o de un tronco.*

- **Variables o intermitentes:** *pueden aparecer o desaparecer en función de las condiciones externas a la estructura.*

Por ejemplo: *la acción del viento, nieve.*

Otra clasificación muy importante de las fuerzas es la que las diferencia en función de cómo actúan:

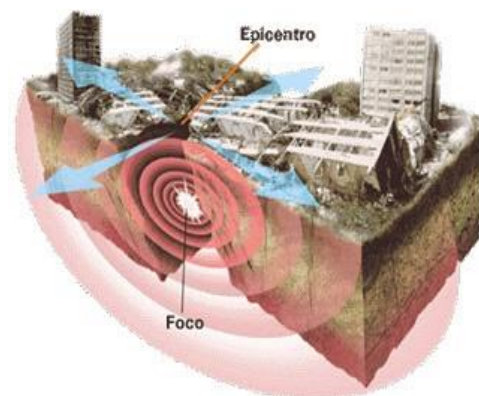
- **Fuerzas estáticas.** La variación de la intensidad, lugar o dirección en la que actúa la fuerza no cambia o cambia muy poco en periodos cortos de tiempo.

Por ejemplo: el peso de un edificio, nieve.

- **Fuerzas dinámicas.** Las fuerzas que actúan sobre la estructura cambian bruscamente de valor, de lugar de aplicación o de dirección.

Por ejemplo: terremotos, impactos bruscos...

Las fuerzas dinámicas son muy peligrosas para las estructuras. En las zonas del planeta donde hay riesgos de que se produzcan terremotos, es muy importante tenerlos en cuenta a la hora de calcular la resistencia de las estructuras.



De nuestro rival, las fuerzas, será muy importante conocer dos cosas:

- *El valor de la fuerza (si es muy grande o muy pequeña)*
- *El lugar donde esa fuerza se está ejerciendo.*

Esto segundo, el lugar de aplicación de la fuerza, por extraño que parezca, en ocasiones es incluso más importante que el tamaño de la fuerza. Para comprobarlo podemos hacer el siguiente experimento:

- Se trata de intentar sujetar, con un solo brazo, durante el mayor tiempo posible una silla de la clase. Primero con el brazo totalmente extendido y después con el brazo pegado al cuerpo.

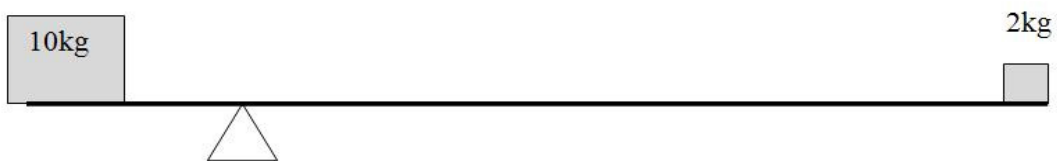
- El peso de la silla y por tanto la fuerza (permanente) de la silla (debida a la gravedad de la tierra que la atrae hacia su centro) es la misma en los dos casos. Pero su efecto sobre la estructura, que en este caso es nuestro cuerpo, es muy diferente.



Lo que acabas de experimentar se denomina en cálculo de estructuras: **momento de una fuerza**, y es la *magnitud física que se utiliza para calcular el efecto de una fuerza teniendo en cuenta el lugar donde se está aplicando*.

Tal vez estás preguntándote porque ocurre esto. La respuesta no es sencilla. Simplemente podríamos decir que así es el planeta y, por lo que sabemos, también el universo en el que vivimos. Pero no hay que pensar en el momento de una fuerza como un obstáculo, como si fuese un problema. Todo lo contrario, podemos aprovechar el momento de las fuerzas a nuestro favor para levantar grandísimos pesos con menos esfuerzo. Hasta el punto de que se cuenta que hace ya más de 2000 años el científico Arquímedes, dijo que sería capaz de mover el mundo entero si le daban un punto de apoyo.

La forma más sencilla de aplicar a nuestro favor la característica del momento de las fuerzas es mediante una palanca. En el ejemplo puedes ver como una masa de 2kg puede estar en equilibrio con otra de 10kg simplemente porque la de 2kg está alejada 5 metros ($2\text{kg} \times 5\text{m} = 10\text{kg m}$) y la de 10kg está alejada del punto de apoyo solo 1 metro ($10\text{kg} \times 1\text{m} = 10\text{kg m}$). Las dos fuerzas producen un momento de 10kg m.



10.3.- ESTRUCTURAS. CONDICIONES DE LAS ESTRUCTURAS. TIPOS DE ESTRUCTURAS

Podemos hacer una clasificación de las estructuras en:

- **Naturales:** Han sido "fabricadas" por la naturaleza a lo largo de miles de años de evolución.

Por ejemplo: esqueleto, caparazón de un crustáceo, tronco y ramas de un árbol.

- **Artificiales:** son creadas por el ser humano.

Por ejemplo: las vigas de un edificio, patas de una mesa, puente, grúa.

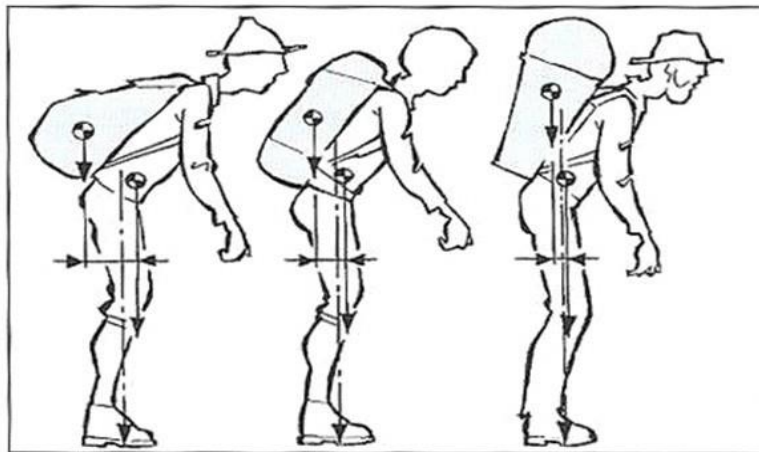
Las condiciones que debe cumplir una estructura son:

- a) **Estabilidad** (que no vuelque)
- b) **Resistencia** (que no se rompa)
- c) **Rigidez** (que no se deforme)

10.3.1.- ESTABILIDAD

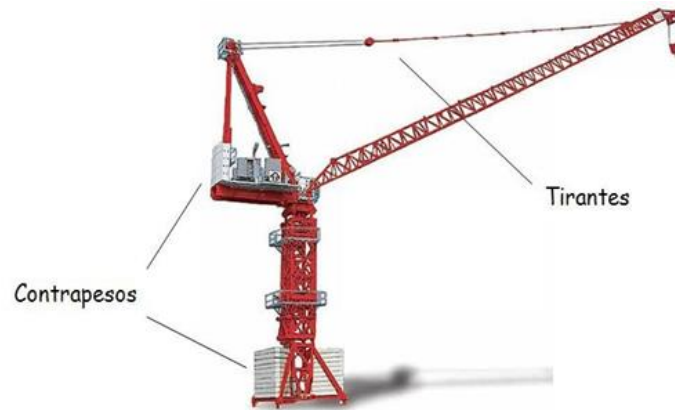
Un objeto es tanto más estable cuanto más cerca se encuentra su centro de gravedad del suelo y cuanto mayor es su base.

El *centro de gravedad* está muy relacionado con lo que hemos llamado momento de las fuerzas. Cuanto menor es la distancia del centro de gravedad al centro de la estructura mucho más fácil será resistir la fuerza. Algo que puedes aplicar incluso en tu vida diaria:



Cuanto más cerca del centro de gravedad corporal se encuentre la carga, más fácil será llevar la mochila.

En las estructuras para conseguir estabilidad buscamos centrar las masas y acercarlas al suelo, algunas soluciones para dar estabilidad a una estructura:



10.3.2.- RESISTENCIA

Una estructura es resistente cuando es capaz de aguantar, de soportar, los **esfuerzos** (cargas) a los que se ve sometida.

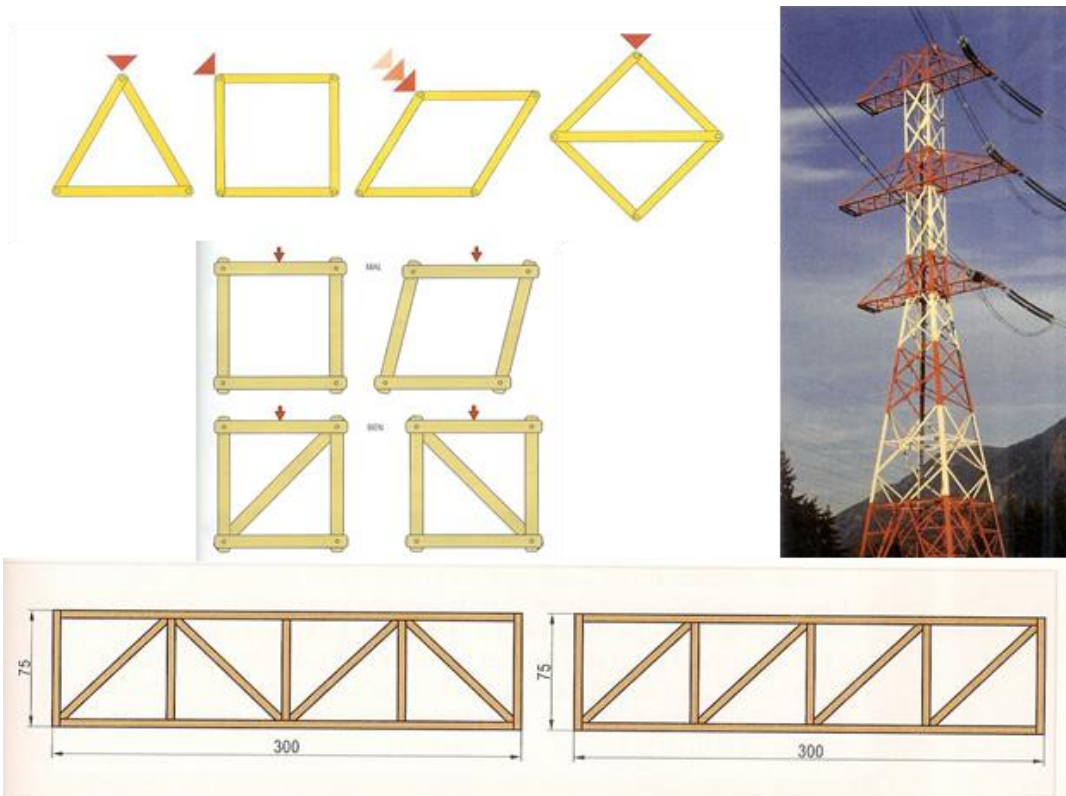
Lógicamente las responsables de esos esfuerzos son las fuerzas y los momentos de esas fuerzas. Cuando las fuerzas actúan sobre las estructuras pueden hacerlo de diferentes maneras producción esfuerzos de: *tracción*, *compresión*, *flexión*, *torsión*, *cizalla* y *pandeo*. Vamos a estudiar un poco más en detalle cada una de estas formas que tienen de actuar las fuerzas sobre las estructuras.

10.3.3.- RIGIDEZ

Si se analiza cualquier estructura formada por la unión de perfiles simples, como las de las grúas de la construcción, algunos puentes, las torres de alta tensión, etc.; vemos que la rigidez de estas estructuras no se debe a lo compacto de su construcción, sino al entramado triangular de su forma. Es decir, su rigidez se basa en la triangulación.

Si te fijas en los ejemplos, la estructura cuadrada puede deformarse fácilmente, al igual que la pentagonal. Pero la triangular es muy estable e indeformable. Por eso, **las otras formas geométricas se triangulan para darles rigidez.**

Es decir, *la triangulación hace que las estructuras no se deformen y que sean muy estables.*



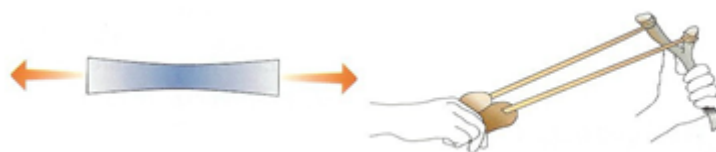
10.4.- ESFUERZOS.

Una estructura tiene que soportar su propio peso, el de las cargas que sujetan y también fuerzas exteriores como el viento, las olas, etc.

Por eso, cada elemento de una estructura tiene que resistir diversos tipos de fuerzas sin deformarse ni romperse. Los tipos de fuerza más importantes que soportan son:

1. **Tracción:** Si sobre los extremos de un cuerpo actúan dos fuerzas opuestas que tienden a estirarlo, el cuerpo sufre tracción.

Es el tipo de esfuerzo que soportan los tirantes y los tensores.



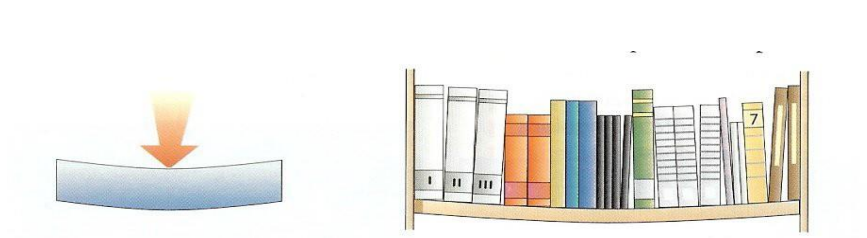
2. **Compresión:** Si sobre los extremos de un cuerpo actúan dos fuerzas opuestas que tienden a comprimirlo, el cuerpo sufre compresión.

Es el tipo de esfuerzo que soportan los pilares y los cimientos.



3. **Flexión:** Si sobre un cuerpo actúan fuerzas que tienden a doblarlo, el cuerpo sufre flexión.

Es el tipo de esfuerzo que soportan las vigas y las cerchas.



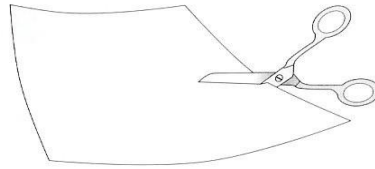
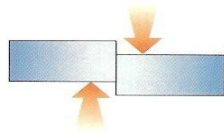
4. **Torsión:** Si sobre un cuerpo actúan fuerzas que tienden a retorcerlo, el cuerpo sufre torsión.

Es el tipo de esfuerzo que soporta una llave girando en una cerradura.

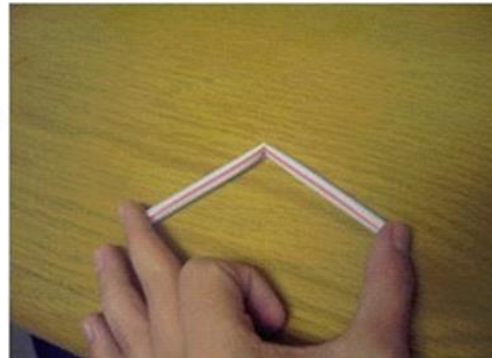
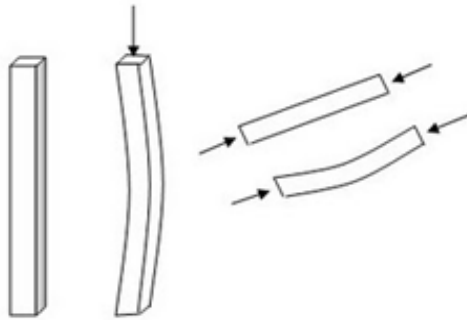


5. **Cortadura o cizalladura:** Si sobre un cuerpo actúan fuerzas que tienden a cortarlo o desgarrarlo, el cuerpo sufre cortadura.

Es el tipo de esfuerzo que sufre la zona del trampolín de piscina unida a la torre o la zona de unión entre una viga y un pilar.



6. **Pandeo:** Es un tipo especial de compresión en el que la estructura es muy larga en relación a su anchura. Al deformarse la estructura su centro de gravedad se aleja del eje central, aumentando el momento de la fuerza y disminuyendo su resistencia. Ej. Cuando doblamos una pajita comprimiéndola por sus extremos



10.5.- TIPOS DE ESTRUCTURAS

- a) **Masivas.** Grandes bloques de material macizo, sin dejar apenas hueco. Los elementos que las componen trabajan a compresión. Ej: pirámide, un castillo, pedestal de una estatua



- b) **Abovedadas.** Arcos, bóvedas, cúpulas. Sus elementos trabajan a compresión. Su principal finalidad es la de cubrir un espacio, entre dos muros en el caso de las bóvedas o entre 4 o más en el de las cúpulas. Ej: acueducto, iglú, etc.



Santa Sofía (Estambul)

Panteón romano (Roma)

- c) **Entramadas.** Emparrillado de materiales. Ej: forjado de hormigón, armado, vías del tren, etc).
- Pilares:** Elementos resistentes dispuestos en posición vertical, que soportan el peso de los elementos que se apoyan sobre ellos. Cuando presentan forma cilíndrica se les denomina columnas.
 - Vigas:** Elementos colocados normalmente en posición horizontal que soportan la carga de la estructura y la transmiten hacia los pilares.
 - Forjado.** Es el suelo y el techo de los edificios



d) **Trianguladas o de barras.** Normalmente metálicas o de madera



e) **Colgantes.** Usan cables de los que cuelgan estructuras. Ej: tirantes de puentes, puentes colgantes, cuerda para hacer puenting, etc)



f) **Laminares.** En forma de carcasa, láminas, planchas, paneles... Ej: funda rígida de las gafas, carcasa de un ordenador, etc.



g) **Neumáticas.** Estructuras con aire dentro que adoptan una determinada forma. Ej: un balón de playa, neumático, etc.



h) **Geodésicas.** Triángulos y polígonos que componen la superficie de una esfera o semiesfera



10.6.- CIMENTACIÓN

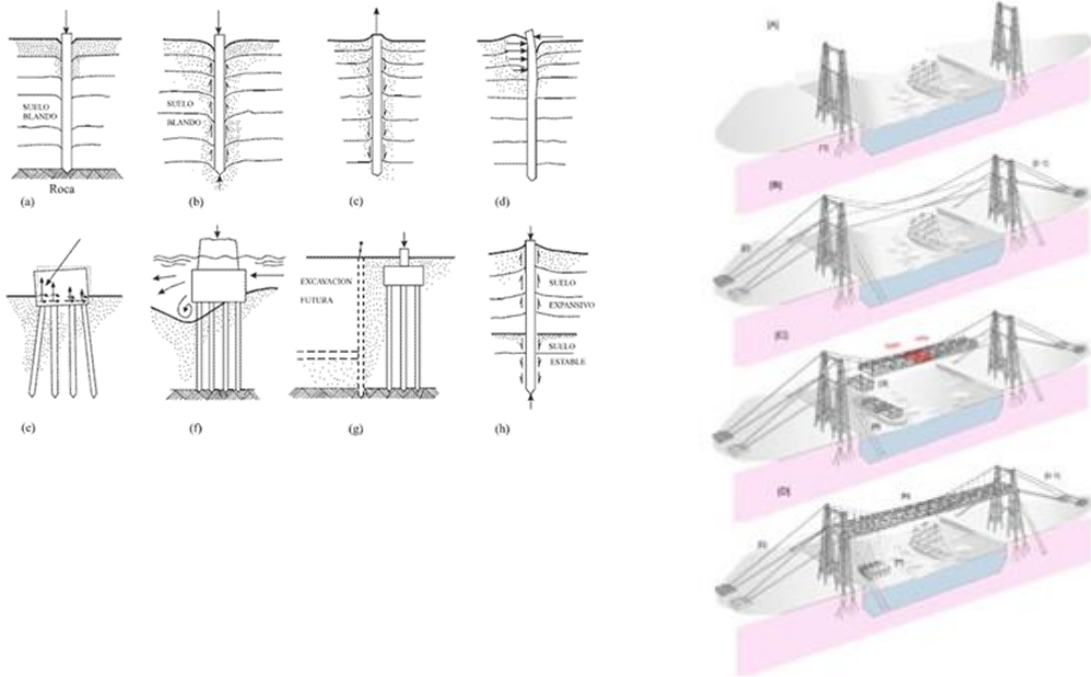
Hemos estudiado los diferentes tipos de fuerzas, los esfuerzos que estas fuerzas producen sobre las estructuras y la forma en que las estructuras trabajan para resistir. Pero, ¿Qué ocurre con los esfuerzos que sufren las estructuras? ¿Quién termina llevándose todos los esfuerzos que soportan las estructuras y por tanto resistiendo todas las fuerzas y los momentos de las mismas? **La respuesta es: EL SUELO.**

El suelo es nuestro sufrido aliado. Las estructuras son un mero transmisor de las fuerzas desde el lugar donde se originan hasta que llegan al suelo. Esto es casi siempre así, son muy pocos los casos en los que las estructuras no terminan descargando sus pesadas cargas en el sufrido suelo. Por ejemplo un caso en el que esto no ocurre son los aviones, pero salvo estas excepciones, será fundamental que la transmisión de los esfuerzos de la estructura al suelo se haga de la mejor manera posible. Para realizar esta función tan importante de las estructuras en la mayoría de los casos se usa las Cimentaciones, que serán la parte de la estructura encargada de transmitir las fuerzas al suelo repartiéndolas de la mejor manera posible.

¿Recuerdas cuando estudiábamos el momento que producen las fuerzas y para ello levantábamos una silla? Por extraño que parezca, quien realmente terminaba soportando el peso de la silla era el suelo que se encontraba a nuestros pies. Nuestro brazo y el resto de músculos y huesos de nuestro cuerpo, mediante los esfuerzos de tracción, compresión y flexión, realizaban la función de transmisores del peso de la silla hasta nuestros pies y estos finalmente al suelo.

Como puedes imaginar, no todos los suelos tienen la misma capacidad de absorber las fuerzas que les transmiten las estructuras y por tanto será muy importante que las cimentaciones se adapten al tipo de terreno en el que la estructura está construida.

En las imágenes se presentan algunos tipos de cimentaciones adaptadas a diferentes tipos de suelos.



10.7.- FORMA Y FUNCIÓN

Durante todo el tema hemos estado hablando de las estructuras desde un punto de vista práctico, lo que nos interesaba de ellas era que cumplieren con su función, que aguantasen todos los esfuerzos que las fuerzas producían sobre ellos, que no se deformasen hasta el punto de no poder usarse y si es posible que todo eso lo hiciesen con la menor cantidad de material posible.

Pero un simple vistazo a todo lo que nos rodea nos hace ver que hay algo más. Por un lado vemos estructuras como los postes de los tendidos eléctricos que cumplen la condición de cumplir su función con la mínima cantidad de material, pero por otro lado vemos muchas estructuras con unas formas y diseño que no está relacionado directamente con su función.



¿Crees que la estructura y la forma del museo Guggenheim de Bilbao está construida de esa manera para que simplemente funcione mejor? Desde luego que no. Hay formas más sencillas y desde luego más baratas de cubrir un espacio destinado como museo. ¿Esto significa que construir una estructura tan cara y especial como el Guggenheim de Bilbao es un error? En este caso la respuesta claramente también es no. Desde el punto de vista económico el museo Guggenheim ha sido un éxito y ha creado una gran riqueza en Bilbao ya que por ejemplo ha aumentado considerablemente el número de turistas a la ciudad y desde el punto de vista estético, las formas del museo han sido aceptadas como uno de los símbolos de un nuevo y más moderno Bilbao, ayudando a regenerar toda una zona de la ciudad antiguamente degradada por las industrias junto al río.

Aun así hay que tener mucho cuidado con la idea de hacer estructuras como la del Guggenheim de Bilbao, el modelo se ha intentado repetir en otros lugares y lo único que se ha conseguido es crear estructuras carísimas que no sirven prácticamente para nada y que han dejado a algunos ayuntamientos y por lo tanto a todos/as los ciudadanos/as con grandes deudas por malas decisiones políticas.

La pasión por la belleza, por la estética, es algo que ha movido al ser humano desde su origen y las estructuras son una muy buena oportunidad para desarrollar la belleza.

Todas las imágenes son de libre distribución obtenidas de www.pixabay.com y de <https://commons.wikimedia.org/>



Proyecto Ingeni@ by Inés González is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.