



PIRÁMIDES Y PLANO INCLINADO

22 de abril del 2008

SINOPSIS

Solemos pensar que somos muy listos. En el siglo XX se han inventado los aviones, las televisiones y los ordenadores pero, en realidad, los antiguos, las primeras civilizaciones, eran más listos. O, como mínimo, tan listos como nosotros. ¿O si no cómo se entiende que construyesen las pirámides? Además de ser una estructura arquitectónica muy agradecida, que da pocos problemas y con pocas probabilidades de derrumbamiento, las grandes pirámides requieren de un ingenio y una voluntad enormes. Juntar todos los bloques y elevarlos uno sobre otro requiere un esfuerzo titánico, tanto desde un punto de vista físico como mental. Suerte que se inventó el plano inclinado, la vulgar rampa. A pesar de que sea una máquina de lo más sencilla, lo cierto es que ha dado unos resultados realmente espectaculares. A la vista está, en Egipto y otros lugares del mundo.

QUEREMOS EXPLICAR

La pirámide es una figura geométrica (base cuadrada y cuatro triángulos iguales a los lados) que varias civilizaciones antiguas muy alejadas física y temporalmente (China, Egipto, Grecia, aztecas...) escogieron para construir a gran escala como tumbas para sus gobernantes y en algunos casos como monumentos y templos.

Para construir algo tan colosal se las arreglaron sin nuestra tecnología. Las canteras estaban lejos y aprovechaban el Nilo para transportar los bloques y trineos para la arena. Para subir los bloques hasta su ubicación usaban rampas de arena (plano inclinado.) Hacer hincapié en la tecnología de la que disponían para mostrar la enorme dificultad de su construcción.



ÍTEMS PRINCIPALES

¿QUÉ ES UNA PIRÁMIDE?:

Una pirámide es un cuerpo geométrico, tridimensional, que consta de una base que puede ser un polígono (un triángulo, un cuadrado, un pentágono...) y varias caras (tantas caras como lados tenga el polígono de la base) que son triángulos que se reúnen en un mismo punto llamado vértice.

Nosotros básicamente vamos a hablar de pirámides cuya base es un cuadrado, que son las más habituales y las que todos imaginamos cuando pensamos en una pirámide, y las que se han utilizado mayoritariamente en arquitectura a lo largo de la historia. Una pirámide se dice que es regular cuando todos sus lados son triángulos isósceles.

LA PIRÁMIDE, FRUTO DE UNA MENTE PRÁCTICA:

Curiosamente, a lo largo y ancho del planeta diferentes pueblos de la antigüedad eligieron a la pirámide como figura geométrica con la que realizar sus grandes y más perdurables obras arquitectónicas. Tanto los pueblos indígenas americanos (aztecas, mayas, incas, olmecas) como los egipcios, y en algunas culturas del Oriente Medio y también en China, se convirtió en algo común utilizar las pirámides como tumbas monumentales, templos o edificios públicos. Claro que cada civilización construía pirámides con tamaños y formas distintas.

Esta casualidad puede ser debida, en parte, a que una pirámide tiene una gran carga simbólica. Por una parte, al estar constituida por cuatro lados (su base es un cuadrado) puede alinearse con los puntos cardinales; además, al tener un punta elevada puede considerarse un intento de llegar hacia el cielo y comunicarse con un Dios superior; y por último representa, de alguna manera, el orden jerárquico de cualquier Estado, donde una masa sustenta a unos



cuantos que están por encima, y en cuya cima está el faraón, o el rey o el emperador, según las culturas.

Sin embargo, existe un motivo mucho más pragmático para justificar cómo se pudo dar la repetición de esta figura en civilizaciones tan separadas en el tiempo y en el espacio. Y es que la pirámide es un tipo de construcción de gran estabilidad. Como el peso de cada hilera de piedras que la conforma se distribuye de manera uniforme sobre la hilera anterior, de manera que las capas superiores son progresivamente más ligeras que las inferiores, no es necesario reforzar la estructura de una manera especial y no es necesario utilizar argamasa para asegurar la consistencia de los materiales. En cambio, en construcciones basadas en prismas o similares, de tipo cuadrangular, se generan fuerzas internas entre los materiales que obligan a diseñar vigas y pilares de refuerzo. Una pirámide, en principio, no necesita nada de eso, nada de cálculos complejos, ni apuntalamientos ni nada parecido. Por tanto, es lógico pensar que pueblos más o menos primitivos, de tecnología no muy avanzada, pensasen que la forma más fácil de elevar un edificio colosal y majestuoso sería a través de esta figura geométrica.

LOS INICIOS DE LA CONSTRUCCIÓN:

En un reciente experimento, se pidió a 35 hombres que moviesen una piedra de una tonelada de peso durante una distancia de 6 kilómetros sin ningún tipo de ayuda. Necesitaron una semana para lograr el objetivo. Bien, se cree que hace más de mil años, los constructores de las culturas americanas indígenas eran capaces de transportar hasta 200 toneladas de piedra durante muchos kilómetros y, hace cinco mil años, los constructores de las pirámides egipcias eran capaces de realizar esta misma tarea.



Si tenemos en mente que la Gran Pirámide está compuesta de 2.300.000 piedras, cada una de ellas pesando 2 toneladas y media, y que para construir la Cámara del Faraón, se necesitaron 70 toneladas de granito rojo, obtenido de depósitos que estaban a más de 700 kilómetros de distancia, no nos extrañará que durante siglos se haya especulado acerca de los misteriosos métodos de construcción de los antiguos. De hecho, existen varias teorías en las que siempre aparecen distintos tipos de rampa para explicar cómo se incorporaban los bloques de piedra a la pirámide en construcción (Ver Información Adicional).

EL PLANO INCLINADO:

La construcción de estos megaedificios egipcios no debía ser tarea fácil. Pensad que tenían que elevar pieza por pieza hasta alcanzar la cúspide. ¿Cómo podrían hacerlo? Bien, es evidente que subir las piedras a peso sería una tarea casi imposible, porque pesaban muchísimo. Actualmente tenemos grúas que transportan todo tipo de materiales pesados gracias a motores pero en aquella época la única fuerza era la de los propios humanos. Un sistema de poleas habría resultado imposible de compensar con ninguna fuerza que compensase la elevación de los bloques. Así que los antiguos lo que hicieron fue su ingenio para lograr desplazar las unidades que darían lugar a la pirámide. Esto lo realizaron a partir de una máquina muy sencilla: el plano inclinado.

MÁS VALE MAÑA QUE FUERZA:

Un plano inclinado es una superficie que forma con la horizontal, es decir con el suelo, un ángulo menor de noventa grados. Es decir, que no está perpendicular al suelo. Por tanto, y para hablar en un lenguaje más sencillo, podemos concluir que un plano inclinado es la manera académica de denominar lo que vulgarmente conocemos como “rampa”. Mediante el plano inclinado, lo que ocurre es que puedes levantar objetos desde el suelo a una altura determinada



(el punto más alto de la rampa) con poco esfuerzo o, como mínimo, con menos esfuerzo del que necesitarías si levantases ese mismo objeto desde el suelo a esa altura verticalmente; es decir, si tirases de él, por ejemplo, con una cuerda. Sin embargo, aunque necesites menos fuerza para conseguir mover el objeto al punto deseado, por otra parte necesitas más espacio para que llegue a ese punto. Es fácil hacer la prueba. Puede costarte mucho levantar un saco de patatas de 10 kilos desde el suelo a un escalón situado a 1 metro de altura. Necesitas contrarrestar el peso del saco tirando de él hacia arriba. Pero, en contraposición, el saco sólo ha de moverse un metro para llegar a la altura del escalón. Si colocas una rampa, sin embargo, y arrastras el saco sobre ella, necesitarás mucha menos fuerza para tirar del saco, pero tendrás que recorrer unos cuantos metros (la cantidad de metros depende de la inclinación o pendiente que tenga la rampa, cuanto menos pendiente tenga, más metros tendrás que recorrer).

El motivo por el que el saco “parece que pesa menos” cuando lo arrastras por la rampa es una cuestión de fuerzas que se compensan. Coger un saco y tirar de él hacia arriba hace que se contrapongan la fuerza del saco (su peso), que podemos imaginar como una flecha hacia abajo, vertical, y la fuerza que tú ejerces para tirar de él, que podemos imaginar como una flecha hacia arriba, también vertical. Si tu fuerza es mayor, lo elevas. Si el saco tiene más fuerza que tus brazos, no se moverá. Así que tus brazos tendrán que luchar contra el peso del saco, cara a cara. Sin embargo, si el saco está en una rampa, el peso del saco se descompone en dos flechas: una que va paralela a la superficie del plano inclinado y en dirección hacia abajo y otra que va perpendicular a esa misma superficie). Como consecuencia de esta nueva disposición de fuerzas, la fuerza que tú debes hacer con tus brazos para tirar del saco sólo debe contrarrestar a la que te ofrece oposición, que será la fuerza paralela a la superficie del plano. Esta fuerza, ahora, es más pequeña que antes, cuando



estabas sobre el suelo. Y es por este motivo por el que te costará mucho menos arrastrar el saco (Ver esquema de Información Adicional).

LOS NÚMEROS DAN LA RAZÓN A LA RAMPA:

Imaginemos que tenemos un bloque de 100 N (es el símbolo para los *newtons*, que son las unidades que miden la fuerza). Para elevarlo una altura de un metro sobre el suelo, tendremos que hacer un esfuerzo de 100 N también. Si tenemos una rampa con una pendiente del 10 % (lo cual quiere decir que el ángulo que forma la superficie inclinada con el suelo es una décima parte del ángulo recto, que son 90°) y queremos elevar ese objeto, resultará que esa fuerza que tenemos que aplicar disminuye en la misma proporción que la pendiente. Como hemos dicho que la pendiente es del 10 %, la fuerza que tendremos que aplicar será un 10 % de la fuerza del objeto, por tanto será sólo de 10 N. Cuánto menor sea la pendiente del plano inclinado, menor será también la fuerza que se tendrá que aplicar al objeto para moverlo. Sin embargo, y como todo en esta vida, esto también tiene sus inconvenientes. Como hemos explicado antes en el apartado anterior, la desventaja de utilizar el plano es que, a menor fuerza necesaria, mayor desplazamiento habrá que hacer para elevar el objeto. Así, en este ejemplo, si queremos elevar 1 metro sobre la vertical este bloque de 100 N, necesitaremos una rampa de 10 metros, y si queremos elevarlo 10 metros por encima nuestro, necesitaremos entonces una rampa de 100 metros. Cuanto menor sea el % de inclinación de la rampa, mayor será el espacio necesario para lograr nuestro objetivo.

La prueba de que este recorrido vale la pena es que las pirámides existen.

USOS DEL PLANO INCLINADO:

Los antiguos utilizaban las rampas no sólo para alzar las piedras en construcción de edificios, sino también para transportar el agua a grandes distancias mediante acueductos y canales que se basaban en planos



inclinados. Pero los antiguos pueblos egipcios no fueron los únicos que utilizaron este truquillo. Actualmente, puedes encontrar usos del plano inclinado a tu alrededor, en todas partes. Por ejemplo, en las carreteras. Subir una montaña no suele hacerse a través de una vertical que sigue el relieve de la montaña, desde la base a la punta, en línea recta, sino que se crean rampas, generalmente con forma de espiral, que van rodeando la montaña y que permiten que los coches suban sin una inclinación demasiado elevada del terreno. El ganado también sube a través de rampas a los camiones, y los materiales siguen el mismo camino dentro de las carretillas. Para acceder a los garajes subterráneos también subes y bajas rampas, y las escaleras mecánicas no son más que un ejemplo de rampas dentadas y automáticas. Y, de hecho, en las grandes ciudades cada vez se ven más rampas en lugar de escalones para bajar las aceras, habilitadas así para el paso de sillas de ruedas.

Por otra parte, podemos encontrar rampas de lo más divertidas en las pistas de esquí o en los parques habilitados para el monopatín.

ÍTEMS SECUNDARIOS

-La coincidencia en el uso de la pirámide en muchos lugares distintos del planeta hizo que, durante años, muchos especulasen con la idea de que la pirámide era una forma geométrica con ciertas características mágicas. En 1959, un ingeniero checo patentó una pequeña pirámide que se suponía que tenía cualidades para conservar las cuchillas de afeitar. E incluso un investigador inventó una ciencia (pseudociencia, en realidad) que debía dedicarse al estudio de los supuestos poderes piramidales.



-Hace miles de años cayó un meteorito en el Antiguo Egipto con forma de cucurucho, al que llamaron Benben. Naturalmente, los sacerdotes creyeron que pertenecía a su dios del Sol, Ra. Su forma sirvió también de inspiración para la construcción de las pirámides.

-Como hemos dicho, cada cultura usaba la pirámide con distintos fines. Por ejemplo, los egipcios, cuyas pirámides son las más conocidas y estudiadas, la utilizaban como tumba y monumento funerario para sus faraones. Para ellos la pirámide era una escalera hacia el cielo, por la que ascendían los muertos con el fin de unirse con el dios del Sol, Ra. Las pirámides de los aztecas, mayas e incas, en cambio, eran templos donde se hacían rituales, ceremonias y sacrificios a los dioses. Muchas de ellas también ejercían de residencias para los dioses y algunas también podían ser tumbas. Por otra parte, los zigurats de Mesopotamia también eran templos para los dioses y sólo podían entrar en ellas los sacerdotes.

-Los planos inclinados también han sido utilizados en experimentos científicos. Quizás el más célebre de ellos es el llevado a cabo por Galileo Galilei, que se empeñó en demostrar que los objetos se aceleran independientemente de su masa. Es decir, que si dejas caer dos objetos de pesos muy distintos (como una bola de hierro o bola de aluminio) desde una misma altura, ambos llegan al mismo tiempo al suelo. Galileo utilizó planos inclinados para hacer rodar esferas de distinta masa y comprobó que, efectivamente, sus cálculos eran correctos, ambas llegaban al mismo tiempo al final de la rampa.



VISUALIZACIÓN

Se pueden recrear las tres teorías principales de cómo se utilizaban los planos inclinados para construir las pirámides. Se necesitarían cubos muy pequeños con los que formar una pirámide y también rampas proporcionadas a esos cubos. Aquí tenéis una manera de hacerlo: http://www.world-mysteries.com/mpl_2_1plane.htm

En esta página:

http://www.world-mysteries.com/gw_abc_pl.htm

podéis encontrar 3 animaciones que explican cómo podrían haberse transportado los bloques para hacer las pirámides egipcias. En la página hay, de hecho, 4 animaciones, pero las que nos interesan son la primera:

<http://www.world-mysteries.com/animsplaw.gif>

en la que se ve cómo podrían haber atado bloques de piedra a barcos de papiro y esperado a que subiese la marea en el Nilo para transportarlos, la segunda:

http://www.world-mysteries.com/anim_ramp.gif

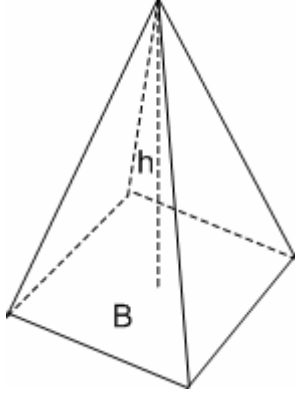
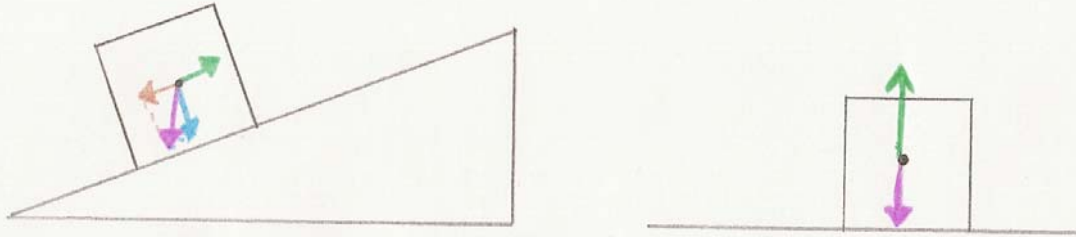
en la que vemos cómo se podían haber usado cuñas para ir transportando, poco a poco, los bloques sobre una rampa, y la tercera:

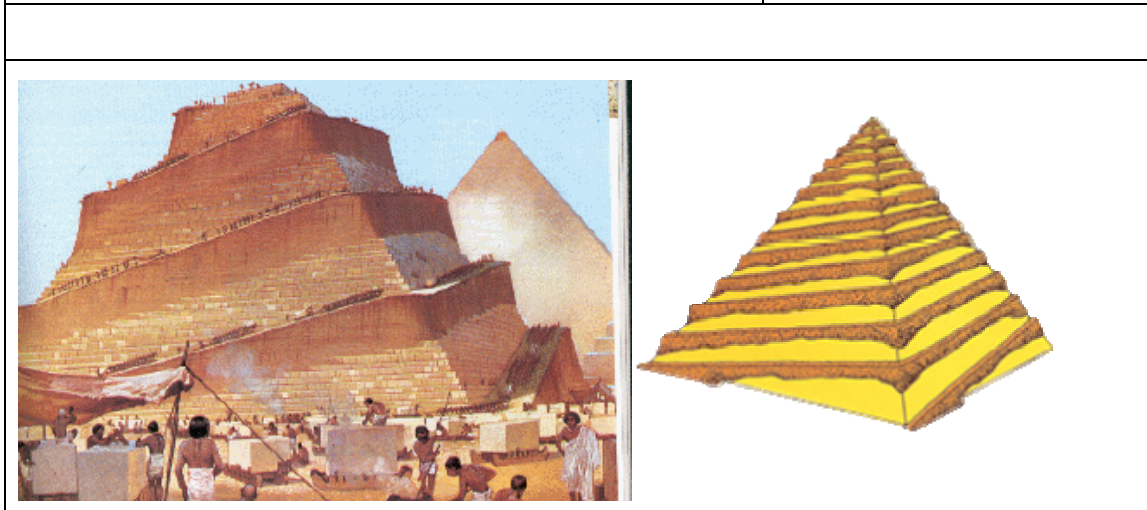
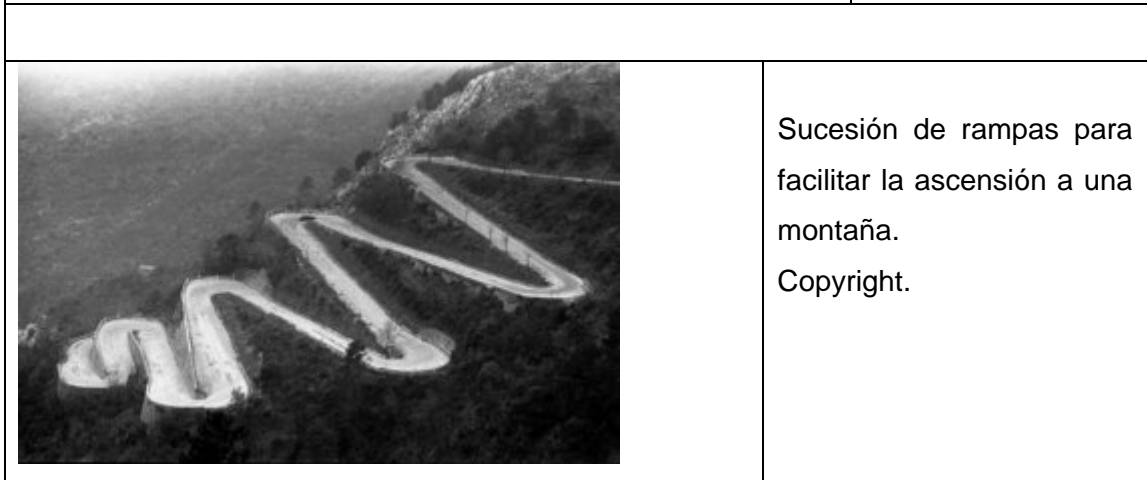
<http://www.world-mysteries.com/animabloki2.gif>

en la que se utiliza el plano inclinado para hacer avanzar los bloques en los distintos niveles de la pirámide. Naturalmente, esto son especulaciones, eh?.

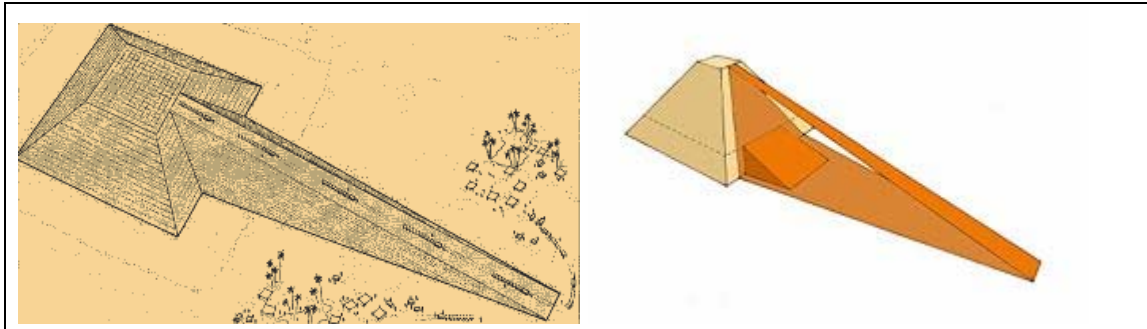


INFORMACIÓN ADICIONAL

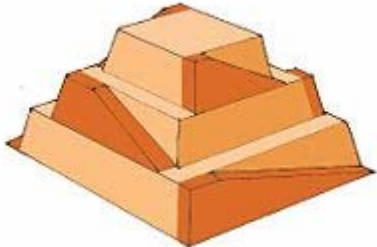
	La pirámide como figura geométrica.
	
<p>En este esquema vemos la descomposición de fuerzas que juegan un papel en un plano inclinado o rampa. A la derecha, vemos la fuerza que un objeto realiza debido a la gravedad (su peso), representada como una flecha rosa. Para elevar al objeto hacia arriba, se deberá ejercer una fuerza mayor a esa flecha rosa. Esa fuerza la tenemos representada mediante una flecha verde. A la izquierda, por otra parte, vemos el juego de fuerzas en el plano inclinado. Aquí, la flecha rosa es igual que en el esquema de la derecha, puesto que corresponde al mismo objeto y, por tanto, su peso es el mismo. Sin embargo, al estar sobre una pendiente, se descompone en dos fuerzas. Por un lado, la fuerza que vemos de color azul es perpendicular al plano inclinado. Por el otro, la fuerza que vemos de marrón es paralela al plano inclinado. Ambas son constituyentes de la fuerza rosa. La persona que tire del objeto sobre la rampa sólo tendrá que contrarrestar a la flecha marrón para lograr hacer avanzar el objeto hacia arriba, por lo que el esfuerzo recorrido será mucho menor que en el esquema de la derecha. Nótese, en consecuencia, que la flecha verde de la izquierda es más pequeña que la de la derecha.</p>	




Representación de cómo podría haber sido el uso de un plano inclinado en espiral para transportar los bloques de piedra sobre una pirámide egipcia. Copyright.



Otro tipo de rampa que se podría haber usado para el transporte de los bloques de una pirámide egipcia. El problema de esta rampa es que hubiese necesitado de una gran cantidad de trabajo y esfuerzo para hacerla, al ser tan grande. La de la derecha, además, cuenta con rampas laterales. Copyleft.

	<p>Pirámide construida según rampas móviles. Aquí podéis ver una sucesión de dibujos que ejemplifican esta teoría para explicar la ordenación de bloques de piedra en las pirámides egipcias (hay que fijarse un poco para advertir la presencia de planos inclinados móviles): http://www.world-mysteries.com/mpl_2_1plane.htm</p> <p>Copyleft.</p>
---	--

	<p>Pirámide egipcia de Saqqara (al principio, las hacían escalonadas).</p> <p>Copyright.</p>
---	--



Valle de Giza (cultura egipcia).
Copyright.

Pirámides nubias en Sudán.
Copyright.



Pirámides nubias en Sudán. Copyright.



Pirámide de Teotihuacan, México.
Copyright.



Pirámide maya de Mayacán. Copyright.



Pirámide maya de Tikal. Copyright.



Zigurat en Irak. Copyright.



Restos sumergidos de pirámides en la costa de Japón. Copyright.





Pirámide de Hellenikon en Grecia.
Copyright.

Pirámide china. Copyright.



➤ **LINKS DE INTERÉS**

Otras páginas interesantes:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9ories_sur_la_m%C3%A9thode_de_construction_des_pyramides_%C3%A9gyptiennes

<http://pagesperso-orange.fr/construction.des.pyramides/>