Pirámides:

EL SECRETO DE IMHOTEP



Saber sin Fronteras

Asociación sin ánimo de lucro creada en 2005 y administrada por dos científicos franceses. Su finalidad: difundir conocimientos científicos por medio de historietas en PDF descargables de manera gratuita. En 2020 hemos completado 565 traducciones en 40 lenguas. Y más de 500.000 descargas.



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

La asociación es completamente voluntaria. El dinero donado es usado en su totalidad para retribuir a los traductores.

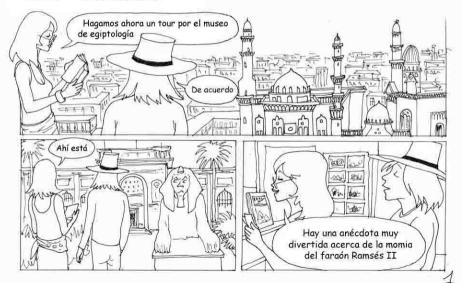
Para hacer una donación, use el botón de PayPal en la página de inicio:

http://www.savoir-sans-frontieres.com





EL CAIRO



Las tumbas de los faraones que se hallaban en el Valle de los Reyes fueron muy pronto profanadas y saqueadas.
Los sacerdotes que estaban a su cuidado terminaron, una noche, por recuperar todas las momias, alojándolas en una gruta que dominaba la zona del valle.







(*) Ver Anexo, p.





Con una antiguedad de 4900 años, estas son las estatuas de Rahotep, medio hermano de Keops, y de su esposa Nofret, hechas con ojos en pasta de vidrio, tan realistas que cuando en 1871 fueron descubiertos por operarios en la necrópolis de Meidum, éstos salieron corriendo convencidos de que la tumba albergaba a seres vivientes (*)











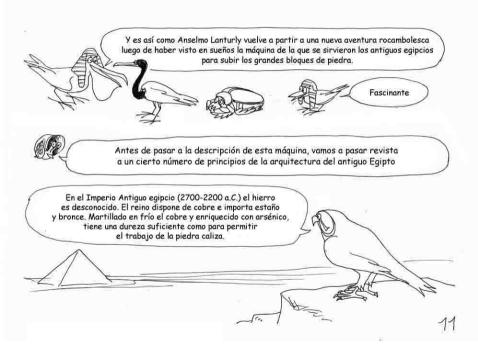












LA SISMICIDAD



Un subsuelo conformado de capas mecánicamente diferentes constituye, como en Gizeh (o Guiza), que es una sucesión de capas de caliza y de marga, un cimiento óptimo para atenuar las sacudidas sísmicas. Esto tiene un papel de la mayor importancia en la elección del sitio. Cuando en ... a. C. El Cairo fue destruido por un sismo, las pirámides permanecieron intactas.

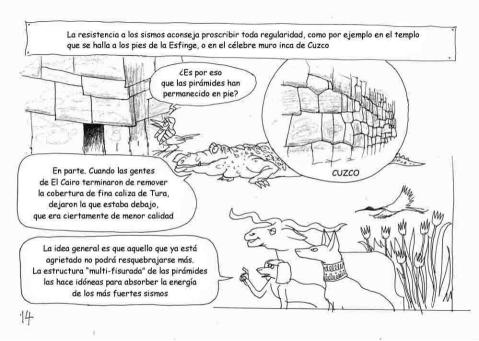
Éstas están construidas sobre un cerro esculpido que, con sus peldaños en escalera, hizo las veces de pieza de centrado, manteniendo el conjunto en su lugar durante los sismos

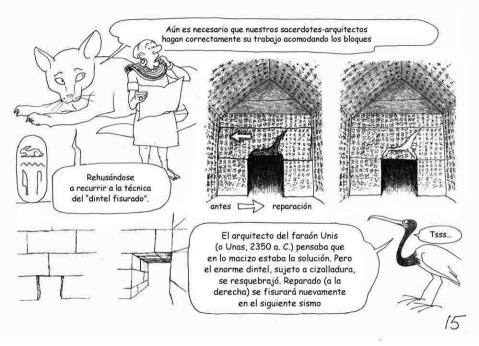
Lo mismo se puede encontrar en diferentes regiones del mundo, donde estas especies de "gradas" se suelen interpretar como las sillas de una asamblea ritual, siendo que su función es la de mantener las estructuras en su lugar

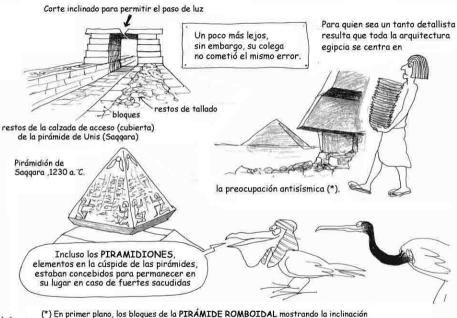
> el "trono" del Inca

cuyas piedras han desaparecido, habiendo sido recuperadas

13







(*) En primer plano, los bloques de la PIRÂMIDE ROMBOIDAL mostrando la inclinación de la piedra; en segundo plano, la PIRÂMIDE ROJA, en Dasur. Hay, sin embargo, una cosa que los egiptólogos no han comprendido en absoluto: el hecho que optar por superficies de contacto entre bloques imperfectos, no planos, no era algo trivial sino, al contrario, una solución encontrada por los arquitectos de la antigüedad precisamente para asegurar la estabilidad de sus construcciones en caso de sismos. Uniones cementadas se habrían resquebrajado. Uniones planas, por otra parte, habrían permitido un deslizamiento. Sólo uniones sobre superficies burdas, con relieves de unos pocos milímetros, habrían posibilitado un reajuste automático con cada microsismo.

Más adelante veremos cómo uniones así podían ser realizadas



Una técnica imposible de practicar en las grandes estatuas monolíticas, en las que los relieves constituían igual cantidad de puntos sensibles frente a las ondas sísmicas, y que fueron seguramente vueltas a tallar a lo largo de milenios

MATERIALES DISPONIBLES



de cuñas de madera (Georges Goyon)



A falta de acero, de hierro y hasta de bronce, los egipcios del Imperio Antiguo (*) practicaban con eficacia un MECANIZADO POR PERCUSIÓN. El granito contenía inclusiones en forma de BOLAS

DE DOLERITA, una roca bastante dura, cuyo tamaño podía igualar el de una







esponic

Cerca del obelisco de Asuán se encuentran vestigios de esta técnica, que daba lugar a concavidades similares a las casillas para los huevos. El punto de golpeado se cambiaba cuando la curvatura de la concavidad se volvía comparable a la del percutor empleado y disminuía la eficacia del golpe.





La ruptura de este obelisco de 41 metros de longitud, con una anchura de 4 m. en su base y un peso de 1200 toneladas, debida a un sismo, interrumpió los trabajos. Veremos más adelante cómo eran transportados estos colosos

(*) De 2700 a 2200 a.C.

(**) Eficaces sobre roca calcárea, las herramientas de cobre y de bronce no servían para el trabajo de las "piedras duras" como el granito Si bien la madera de acacia era una producción local, las grandes piezas de madera debían ser talladas en troncos de cedro importados por mar desde el Líbano. Sus resinas proveían pegamento y barniz. Los egipcios del Imperio Antiguo sabían confeccionar muy bien cuerdas en cáñamo tan resistentes como las cuerdas de hoy día (*).





Pero dado que la madera era algo raro y precioso, los egipcios se las ingeniaron, con la ayuda de complejos montajes, para usar la cuerda ("costura") en la recuperación de los trozos

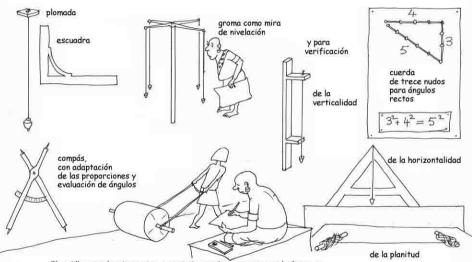
(*) Cuerda en cáñamo de diámetro 50 mm. → 4 toneladas.

más pequeños





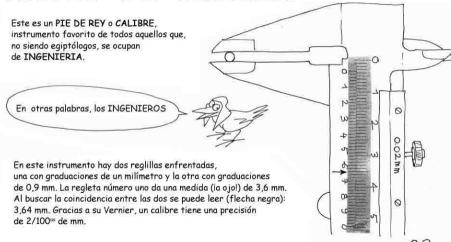
INSTRUMENTOS DE MEDIDA



El rodillo, para las distancias, apropiado para hacer aparecer el número π en todos los casos en que se evalúan relaciones entre longitudes.

3000 AÑOS ANTES DE VERNIER (*)

(*) Pierre Vernier, matemático francés, (re)inventó este objeto en 1631.



EL CODO EGiPCiO



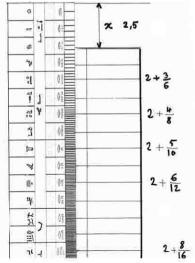
Codo de Amenhotep I 1559-1539 Louvre

(dedo			palmo		ncio	dob	an a		ivis		-e⊥ queñ	Jupac		djéser		ó agrado		codo rém		nen		cod	o cor	o		cod	o real
0	à	,		3		9	8	,	10	îï	12	grad	Hactor	es en	dedos	ű	Di.	19	20	21	22	:25	24	25	26	27.	28
22	-	R	AP.A.	-A	*	20	+	Œ	缓	WE	42	2	7.	HIP	三大	-5	₽	A	T	Lö	āħ		-2	4	9	1	0
("	III	-	100	đ	*** <88			-6	1.		-	ıL.	7							-2				-		9
				197						~1			0.6	9.	05		9	÷	è	0		9.			0.) 	g.

En la parte derecha las subdivisiones en "dedos" están ellas mismas divididas por 2:=, después por tres $\frac{1}{100}$, por cuatro $\frac{1}{100}$, hasta dieciséis $\frac{1}{100}$, significando el sígno del "ojo de Horus" $\frac{1}{100}$ "dividido por". El símbolo $\frac{1}{100}$ era el "diez" egipcio. El carácter progresivo de estas subdivisiones, así como el hecho de que ellas no figuran sino en la mitad del codo, aún continúa sin explicación hoy día.

DEMOS AQUÍ LA CLAVE DEL MISTERIO

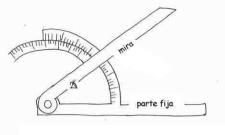
En el Egipto de los faraones, una MEDIDA se traducía en la suma de un número entero más el cociente de dos números enteros. Ya fuese para leer un plano o para consignar un dato en él, los arquitectos egipcios utilizaban no UN codo sino DOS, girando el segundo 180°.

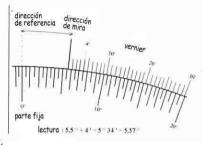


Desplazando el segundo codo (2,5 cm. en el dibujo), si se buscan las coincidencias entre las graduaciones se encontrarán las medidas de al lado, que de paso permiten apreciar que: $\frac{3}{4} = \frac{4}{8} = \frac{5}{10} = \frac{3}{16}$

Así, el codo real del Imperio Antiguo posee un sistema MULTI-VERNIER que permite realizar medidas con la precisión de un dieciseisavo de dedo, es decir 0.116.







Un GONIÖMETRO, instrumento para medir los ángulos, es un "calibre enrollado" dotado de un Vernier angular.

Una vez más se procede buscando la coincidencia entre dos reglillas circulares que llevan graduaciones de espaciado diferente. El goniómetro permite realizar levantamientos o apuntamientos con una aproximación de centésimas de grado.

Si bien no se han encontrado goniómetros de vernier egipcios, dada la precisión que exhiben sus construcciones, es altamente probable que dispusieran de ellos desde el 2600 a C.



(*) El matemático Pedro Nunes (1502-1578) enriqueció a la marina portuguesa dotando sus ASTROLABIOS de "Verniers" un siglo antes de su invención por el propio Vernier. Cuando no se ocupa de reconstruir la historia de los pueblos de tiempos antiguos, la arqueología trata de arrojar luz sobre las ciencias y las técnicas de antaño. Concentra entonces su atención en las herramientas, los instrumentos y los objetos y construcciones de todos los tamaños que pudieron ser hechos con dichos elementos. A menudo dispone de la descripción de tal o cual modus operandi bajo forma de dibujos, esquemas o textos escritos. El descubrimiento de estos últimos constituye un acontecimiento excepcional. Cuando los pueblos ignoraban la escritura, sencillamente no existían. Sin ella, nadie conocería las fantásticas recetas de esos metalurgistas experimentados que fueron los Gaulois. Tratándose de Egipto, la gran cantidad de tiempo transcurrido no facilita las cosas. ¿Dónde están los cientos de miles de herramientas de los constructores de las pirámides? ¿Dónde han quedado sus técnicas? ¿Dónde están los cálculos de sus ingenieros y arquitectos?

Prácticamente todo se ha perdido a lo largo de los cuarenta siglos que nos separan de esos tiempos antiguos. A falta de hilos conductores, nuestros especialistas, desconcertados frente a la enormidad y a la monumentalidad de esta historia, han forjado un paradigma, apoyándose en un consenso establecido a priori sobre lo que se presume tal o cual pueblo no podía conocer. Todo ello sobre la base de un esquema evolutivo que excluye toda regresión y que es un verdadero culto al progreso. Así, es común oír frases como: "los antiguos egipcios no conocían la química, ni la rueda ni la polea. No practicaban la navegación de altura. Eran pésimos matemáticos y pésimos geómetras. De lo contrario, se las habrían arreglado para consignarnos todo eso por escrito".

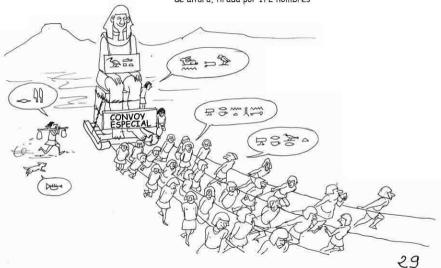
Sí, cómo no...

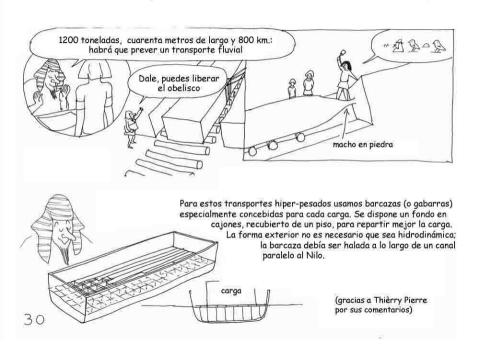


LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

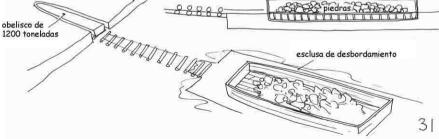


Estatua de Djehutihotep (el nombre está escrito en la pancarta), simple gobernador de provincia: sesenta toneladas y siete metros de altura, tirada por 172 hombres

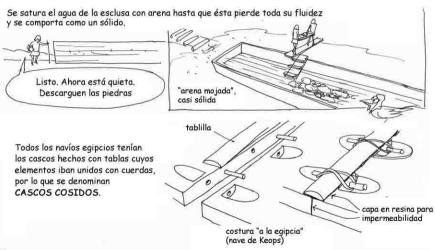




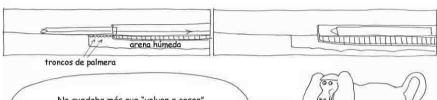




LA ESCLUSA DE ARENA



La esclusa de arena permitía el cargue del obelisco haciéndolo rodar o deslizar sobre un lecho de arcilla húmeda hacia el piso de la bodega de la barcaza.



No quedaba más que "volver a coser" el frente de la barcaza, luego reemplazar la arena húmeda por agua para que la barcaza recobrara su flotabilidad, pudiera tomar el canal y se encaminara a su destino



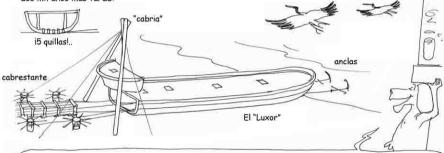


En el destino, la descarga se realizaba invirtiendo el orden de las maniobras y usando una segunda esclusa de arena



Todo esto requería de gran astucia e imaginación

1830, dos mil años más tarde:



Para el transporte del obelisco de 23 metros y 230 toneladas que fue ubicado en la plaza de la Concordia, los franceses usaron una embarcación de fondo plano especialmente construida para dicho fin (con cinco quillas), cuyo frente era igualmente desmontable. Inicialmente el obelisco reposaba sobre un zócalo flanqueado por cuatro grupos de cuatro babuinos sagrados, parados sobre sus patas traseras. Pero puesto que sus genitales quedaban a la vista, se esculpió otro soporte

Algunos historiadores de la antigüedad han mostrado que dichos modos de cargue y descargue eran empleados en los navíos egipcios. Además, la técnica de los cascos cosidos posibilitaba el transporte de unidades completamente desarmadas desde el Nilo hacia el Mar Rojo, donde muchas de ellas se encuentran almacenadas en grutas (*), así como su almacenamiento. En 1954, en una fosa cerca de la pirámide de Keops (**), fue encontrado un navío de 43 metros de largo, en piezas separadas y numeradas, quedando entonces excluido el ensamblaje mediante clavijas. Esta técnica, que combinaba la economía de madera, la ligereza y la resistencia, fue abandonada cuando los navíos tuvieron que lidiar con el fenómeno de las mareas, típico de las regiones del norte.

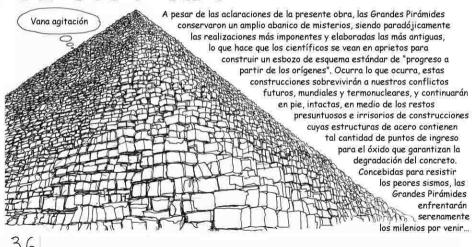


Este fenómeno implicaba la encalladura de las naves.

Además, el acceso a importantes recursos de madera de formas variadas permitió el abandono del CASCO DE REVESTIMIENTO ALABEADO en aras de un conjunto de quilla y cuadernas, teniendo como resultado la posibilidad de incluir grandes ESCOTILLAS para el cargue y descargue de los cargamentos.



RAMPAS Y MÁQUINAS DE TODO TIPO



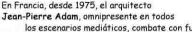
En el plano de la estructura interna, se enfrenta uno a dos corriente de ideas al respecto. Si las pirámides son la extensión de las tumbas representadas por las MASTABAS, entonces se las puede considerar como empalamientos de éstas. En 1930, Borchardt, por el contrario, ideó una yuxtaposición de capas de piedra apoyadas las unas en las otras. Sólo que esto representaba, en el caso de la pirámide de Keops, un total de dos millones y medio de bloques.



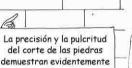
Frente a la dificultad de reconstruir las técnicas que permitieron la construcción de las pirámides, comenzaron a surgir teorías que apelaban a ayudas externas.

del corte de las piedras

el uso de un láser



los escenarios mediáticos, combate con fuerza toda teoría que no emane del medio egiptológico.



iSólo un aparato que usara anti-gravedad podría asegurar la elevación de tales cargas!

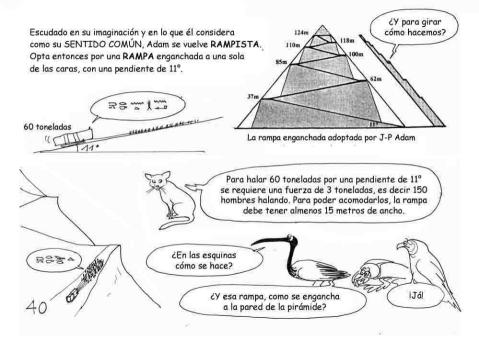


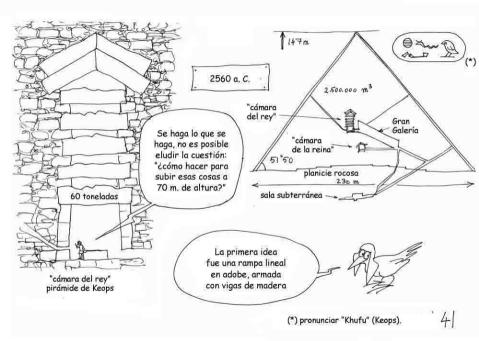
Es necesario acabar con la ARQUEOMANÍA (*)

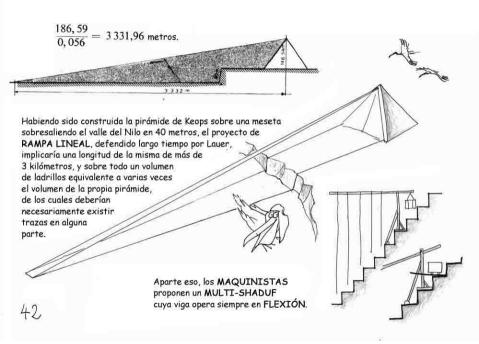


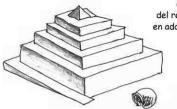
Para sostener discursos así de incisivos es necesario estar en capacidad de ofrecer un modelo que sea creíble, lo que está lejos de ser el caso...







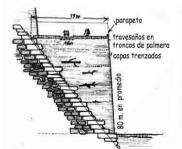




Georges Goyon, egiptólogo oficial del rey Faruq, propuso una rampa helicoidal en adobe, envolviendo totalmente la pirámide, suficientemente ancha (15 m.)

> como para acomodar a doscientos tiradores

Pero la resistencia mecánica de dicha rampa, unida a las salientes de la piedra de revestimiento, resulta problemática. Otro inconveniente: se pierde todo contacto con la superficie de la pirámide





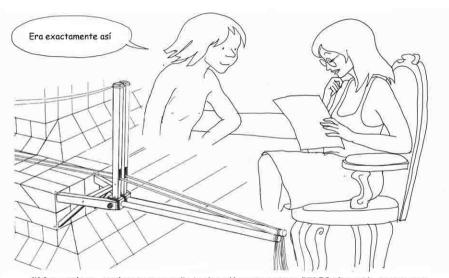
Georges Goyon, CNRS 1305-1996

La erección de la pirámide implica en todo momento una localización al centímetro de todos sus componentes, lo que implica a su vez el acceso a su eje con la ayuda de una plomada ubicada en un pozo

(*) « Le Secret des bâtisseurs des Grandes Pyramides », reeditado en 1997, Editions Pygmalion, Francia.

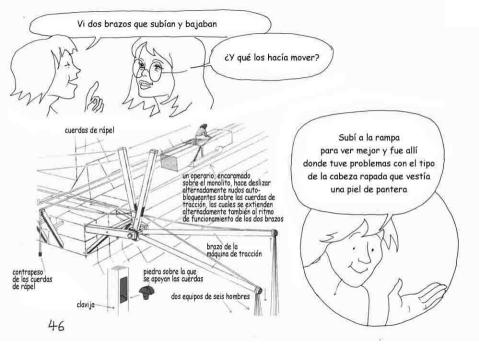


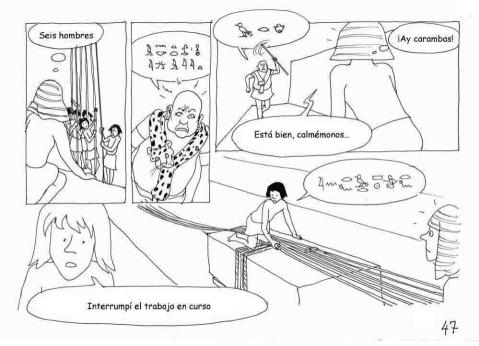
LA VISIÓN DE ANSELMO (*)

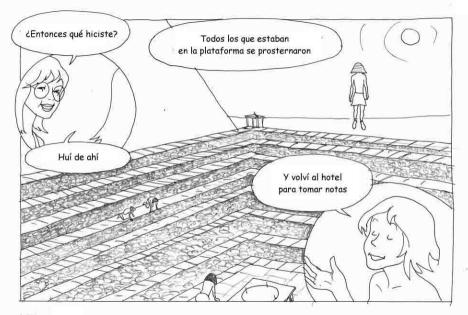


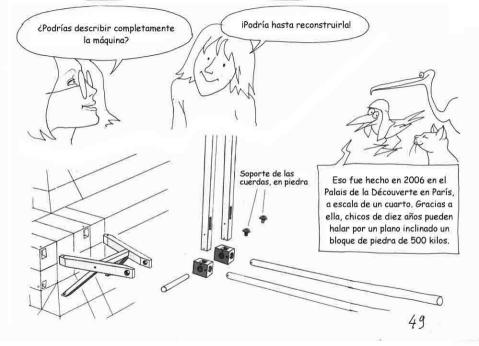
(*) Para ver lo que Anselmo vio en su sueño, ir a http://www.jp-petit.org/VIDEOS/pyramide_montage.mov .

45

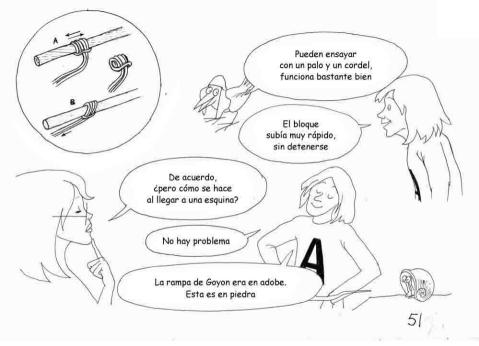


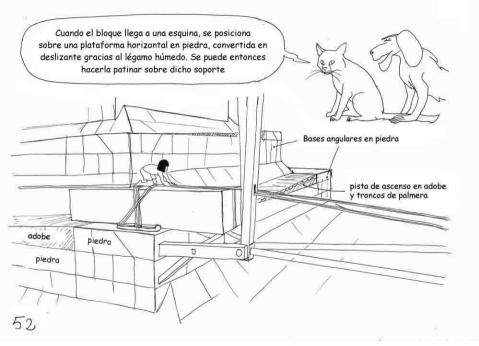


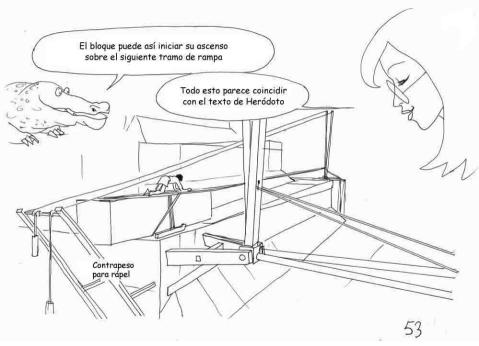


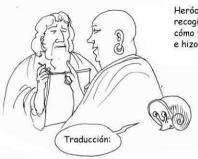












Heródoto, historiador griego que vivió en el siglo V a. C., recogió de boca de los sacerdotes egipcios cómo fueron construidas las pirámides, e hizo el recuento siguiente:

Εποιήθη δέ ώδε αύτη ή πυραμίς ἀναβαθμών τρόπον, τος μεπέξετροι κρόσιας, οἱ δέ βωμίδας ἀνομάζουση τοιαίνην το πρώτον ἐπείτε ἐποίρισαν αύτήν, ἦειρον ποίς ἐπιλοίπους λίθους μηχανήση ξόλων βραχέων πεπιοπμένηση, χαμάθεν μέν ἐπὶ τόν πρώτον στόξου τοῦν αναβαθμών εἰροντες ὁκως δέ ανίοι ο λίθος τὰ αύτόν, ἐξ εξεργη μηχανής 'Οαιο γὰρ δή στοίχοι όταν τοῦν ἀναβαθμών κοταίται καὶ μηχανιά 'Οαιο γὰρ δή στοίχοι όταν τὸν ἀναβαθμών, τοιαίται καὶ μηχανιά γὰσιν, εἰπε πὶ τιὰ αύτην μηχανήν ἐοῦσαν μίων τε καὶ εὐβάστοκτον μετιφορεον ἐπὶ στοίχον ἐκατοτιο, ὁκως τὸν λίθον ἐξέκτοι» ἐλελχθών γὰρ τῆμίν τὰ τόμοτα, μετά δὲ τὰ ἐχόμενα τούτων ἐξεποίευν, τελευταία δὲ αύτής τὰ ἐπιγαια καὶ τὰ κατιαίται ἐξέπποίριου.

"Esas pirámides fueron construidas con la ayuda de gradas ($\stackrel{\smile}{\mbox{$\vee$}}\mbox{$\vee$$

El sistema de Anselmo combina máquina y rampa, con la diferencia de que ésta es en piedra.

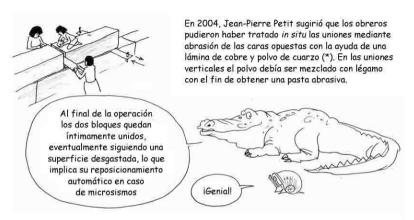
Las krossai ó krovssai (KPO TOK S) son piedras que sobresalen de la superficie de la pirámide, lo que los arquitectos llaman MÉNSULAS. Así toda la carga de la rampa reposa sobre estas partes horizontales.



Las bomidas ó bumivde ($\beta \omega \mu \iota \delta \omega \zeta$) son esas plataformas esquineras sobre las cuales es posible hacer girar las cargas más pesadas; como lo narra Heródoto, las piedras son entonces vueltas a cargar por otra máquina, etc. Anselmo y Sofía han trabajado bastante con cartón y pegamento para establecer la coherencia de lo que Anselmo vio en su sueño. Todo eso lo encontrarán en el Anexo A. Si así lo desean, pueden entonces construir ustedes mismos, en cartón o en madera, la maqueta correspondiente a dicho modelo. El hecho de que esta rampa (estrecha) sea en piedra hace que pueda soportar cargas de hasta decenas de toneladas.

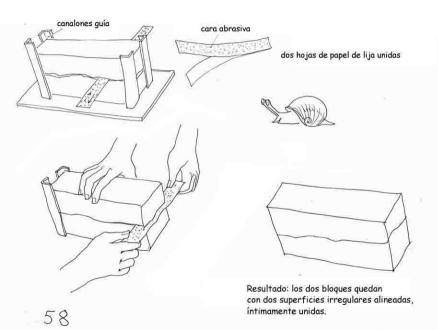
La rampa es suficientemente ancha para permitir que los equipos en descenso puedan cruzarse con los trineos (o narrias) en ascenso, portadores de bloques. Los trabajos de terminado de la pirámide dejan muy pocos desechos no recuperables (los bloques triangulares). El resto puede ser reutilizado para la construcción de... otras pirámides, constituyendo sus rampas externas. Fue así como Seneferu (o Snefru), padre de Keops, construyó sus tres pirámides en Dasur. Después su hijo Keops, su nieto Kefrén y su bisnieto Micerino construyeron las propias.

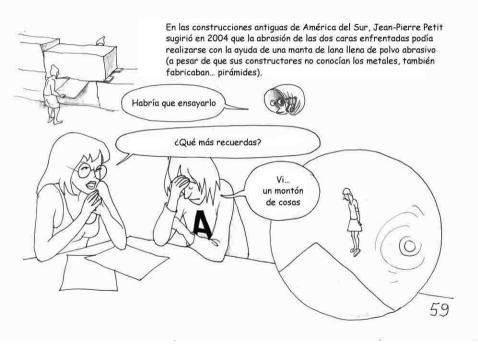




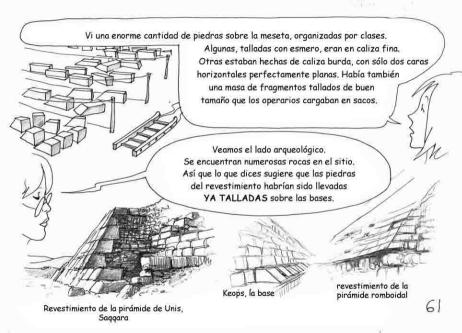
Pueden materializar esta idea tomando dos bloques de balso, comenzando primero por destruir la planitud de dos de sus caras mediante una herramienta cualquiera. Luego procedan a la abrasión de las dos caras a enfrentar con un "papel de lija de doble faz" que pueden fabricar pegando dos hojas.

^(*) De corindón, muy abundante en Asuán.

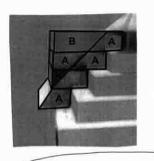
















¿Qué dices acerca de este esquema de rampa que se apoya sobre las bases, con cuatro elementos de tipo A, uno de tipo B y un simple paralelogramo? ISon los que vi en mi sueñol

Parece funcionar Cuando la pirámide está terminada,

no queda más que remover dos elementos A y B y practicar un corte en la parte sombreada para obtener la cara de la pirámide



¿Pero qué hacer con estos dos bloques A y B?









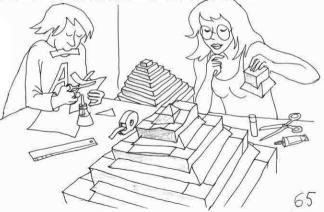


Queda por comprender cómo esta rampa (krossai) se cierra en las esquinas sobre las plataformas cuadradas (bomidas)

LA RAMPA EN PIEDRA DE JEAN-PIERRE PETIT

Sofía y Anselmo
han comenzado por construir
maquetas utilizando papel
"bristol" (cartulina) provisto
de una cuadrícula cuyas
mallas son de 5 mm x 5 mm.

También nosotros comenzaremos por ahí.



EL ALGORITMO

Es la solución al siguiente problema geométrico:

¿Cómo generar por RECURSIVIDAD un objeto con una simetría de orden 4 (una pirámide) con la ayuda de un objeto que siga una trayectoria en ascenso y en espiral?



Se ve enseguida que dicho objeto, apoyado sobre las bases de una estructura piramidal subyacente (*), constituye a la vez un ANDAMIAJE EN PIEDRA que permite en encaminamiento de los bloques sobre una rampa de ascenso, y una vez terminada la operación, su revestimiento. Todo ello con el mínimo de desechos no reutilizables (*)

Vamos a comenzar trabajando con papel cartulina cuadriculado

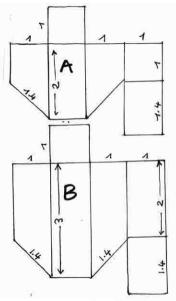
(*) Los bloques triangulares abundan en Gizeh.

Ustedes son el nuevo faraón Keops. Su padre, el faraón Seneferu (Snefru), les ha legado una montaña de rocas talladas de las que él mismo se sirvió para edificar la PIRÁMIDE ROJA y su PIRÁMIDE ROMBOIDAL (o acodada), más al sur, en el sitio de Dasur. Verdadero KIT que permite formar un andamiaje en piedra, estas rocas les van a permitir edificar su super-pirámide en solamente veinte años. Gracias asimismo a las rocas fácilmente extraídas de la cantera de Gizeh, las cuales automáticamente tienen caras planas y horizontales dado que fueron talladas en las capas sedimentarias de caliza burda, separadas por finas capas de arcilla.

Van ustedes entonces a fabricar bloques de tipo A y de tipo B (*).

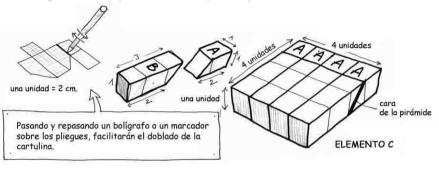
Es un poco monótono, es cierto. Pero es el precio a pagar por una buena comprensión





(*) Si optan por la carpintería, hagan los cortes en piezas de $\,$ 2 cm. \times 2 cm.

La longitud de 2 cm. es puramente indicativa, y constituye la unidad u.



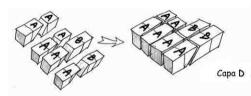
Pegando cuatro elementos de tipo A y cuatro elementos de tipo B obtendrán el conjunto \mathcal{C} , que representa la plataforma angular sobre la cual los monolitos de 20 a 60 toneladas (52 en total en la pirámide de Keops) podrán operar un giro de 90° sobre un lecho de arcilla húmeda, técnica mencionada en el bajorrelieve en el que se ve a 172 hombres tirar de la estatua de Djehutihotep (ver página 29).

Si dudan de la eficacia de esta técnica, pongan un poco de detergente líquido sobre el piso de su bañera, iy luego traten de atravesarla de un extremo a otro sin resbalar!



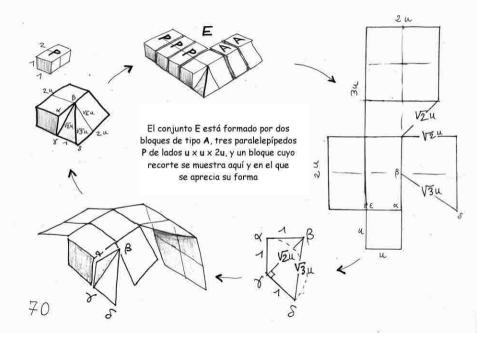
La PIEZA ESQUINERA está compuesta de cuatro capas de rocas pre-cortadas.

Aquí abajo pueden apreciar cómo formar la capa siguiente, la capa D, siempre a partir de la unión de bloques estándar de tipo A y B.



conjunto C conjunto D conjunto E conjunto F de la pirámide

En todo lo que sigue vamos a hacer como si la pendiente de las caras valiera una unidad, y que formen un ángulo de 45° con la horizontal, si bien las pirámides tienen caras más inclinadas. La pendiente de la de Keops es de 14/11, lo que corresponde a un ángulo de 51°30'34". Los puristas pueden usar este dato reemplazando el valor unidad u en las mallas horizontales por 11/14 u = 0,7857u.



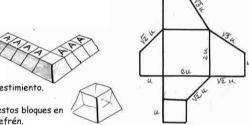
El corte de esta pieza E produce el único desecho identificable en el sitio, un nuevo BLOQUE TRIANGULAR.

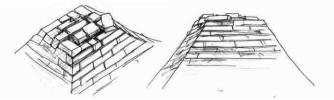


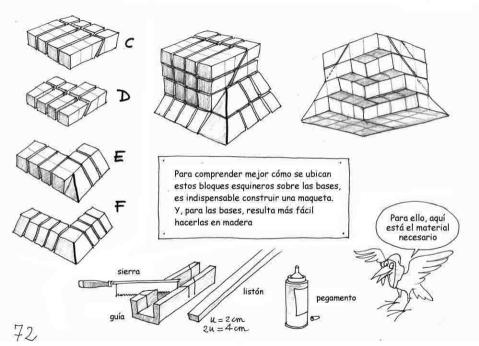
La última capa F está formada por 7 bloques de tipo A y por un bloque cuya forma corresponde al corte que se muestra aquí.

Todos ellos forman parte integral del revestimiento.

Se encuentran asimismo asociaciones de estos bloques en el resto de la cúspide de la pirámide de Kefrén.

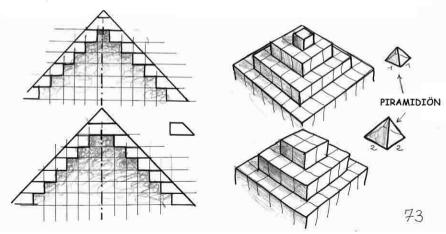






Suponemos que disponen ustedes ahora de varios BLOQUES ESQUINEROS de este tipo. Vamos a ver enseguida cómo se acomodan unos con otros, de una base a otra, formando el soporte sólido para el recorrido en ascenso en una RAMPA HELICOIDAL EN PIEDRA. Para ello deberán ustedes crear las bases.

Hay dos geometrías posibles para las bases, ilustradas por los dibujos abajo. Los flancos son idénticos. Las pirámides difieren solamente en la disposición de los últimos elementos de sus cúspides.







Aquí tienen
una maqueta con algunas
bases, realizada con
listones de 2 cm. x 4 cm.,
una sierra y pegamento

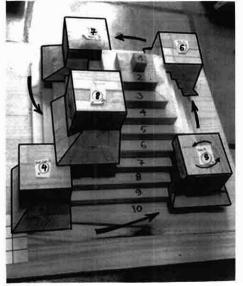


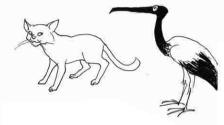




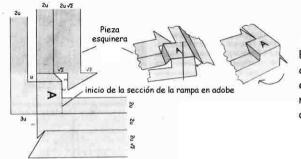
Y piezas angulares en madera



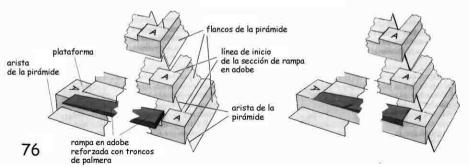


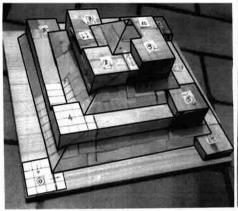


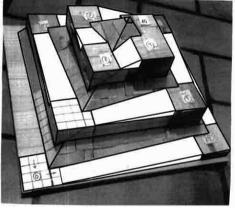
Esta forma proporciona una solución al problema planteado. Partamos de la posición 4, cubriendo las bases. Se hace deslizar el bloque a lo largo de éstas. En la esquina siguiente se le imprime una rotación de +90°, así como una traslación vertical igual a una altura de la base (posición 5). La operación se repite en 6, 7 y 8. El bloque viene a posicionarse entonces encima de la 4, como se indica. Mediante este esquema RECURSIVO se obtiene el algoritmo de generación de la rampa (*)



Este corte permite comprender cómo las piezas esquineras se superponen materializando la arista de la pirámide.



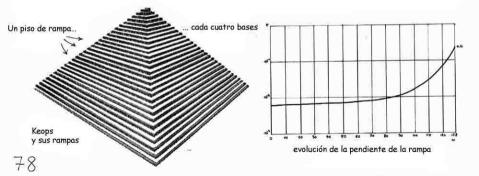


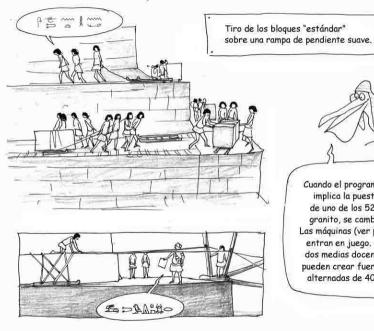


Es fácil completar la ubicación de los BLOQUES ANGULARES 4 a 10 con bloques de tipo A y B y con paralelepípedos de lados (u, u, 2u). Es lo que fue hecho sobre la maqueta de la foto de la izquierda. A la derecha, resaltados en blanco, se han añadido los planos inclinados en adobe, reforzados con troncos de palmera. Para aquellos que quieran comprender mejor esta geometría sofisticada se recomienda el Anexo A, el cual describe todas las etapas del proceso de montaje de la maqueta y de su desmonte, haciendo aparecer la pirámide y su REVESTIMIENTO.

77

Muy bien, resumamos. Tenemos un sistema de enrutamiento de los componentes de las pirámides con la ayuda de una rampa en piedra, estrecha sí, pero lo suficientemente amplia como para permitir un doble movimiento de obreros, tirando en subida bloques de dos y media toneladas, fijos sobre trineos que se deslizan sobre pistas de arcilla húmeda, y bajando con los trineos vacíos. En las 4/5 partes de la altura de la pirámide, la pendiente de la rampa es menor que 1%, lo que hace que la fuerza de tiro consista esencialmente en la superación de la fricción, pudiendo ser realizada por varios hombres. En las esquinas, la rotación de 90° de estos "bloques estándar" queda garantizada mediante deslizamiento. La rampa, de unas treinta vueltas, ve acrecentarse bruscamente su pendiente en las últimas vueltas, cerca de la cúspide. El recorrido completo representa, para la pirámide de Keops, trece kilómetros.







Cuando el programa constructivo implica la puesta en su lugar de uno de los 52 monolitos de granito, se cambia de técnica. Las máquinas (ver páginas 45 a 53) entran en juego. Gracias a ellas dos medias docenas de hombres pueden crear fuerzas de tracción alternadas de 400 a 1200 kilos

FLUENCIA Y SISMICIDAD

Bien, el problema crucial de la elevación de las cargas y del ritmo de su ascenso parecer haber sido superado. Pero incluso contando con eso, ¿qué hacer y cómo?



El diseñador de una pirámide debe hacer frente a dos problemas. El primero surge de la MECÁNICA DE SUELOS, por FLUENCIA. El segundo es la SISMICIDAD



No... a pesar de tener el grado más alto, no entiendo nada... La pirámide de Keops tiene un volumen de 2,5 millones de metros cúbicos. Con un volumen promedio por bloque de un metro cúbico, eso quiere decir dos millones quinientos mil bloques, ¿correcto?



El descubrimiento, en el siglo XIX, de los TEXTOS DE LAS PIRÁMIDES, le confiere a éstas y a su COMPLEJO FUNERARIO una naturaleza de maquinarias metafísicas de temática compleja. Este aspecto llevó a los egiptólogos a tratar de descifrar las estructuras desde un punto de vista SIMBÓLICO. Así, la mención "de una escalera que le permitía al faraón alcanzar el cielo" puede ella misma incitar a pensar que dicha idea está en el origen de las PIRÁMIDES POR GRADAS o escalonadas.

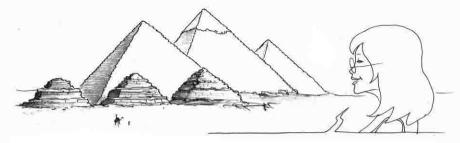
¿Acaso la arquitectura de las pirámides representa una traducción "dura" de una temática religiosa?



O, a la inversa,

cacaso esos textos religiosos no representan
una forma de codificación de soluciones
impuestas por imperativos técnicos?





Las estructuras de gradas están omnipresentes bajo las pirámides, por ejemplo en las tres pirámides satélites de la de Micerino (visible en segundo plano). Parece razonable pensar que dichas gradas podrían existir igualmente en las superficies actuales de las pirámides de Gizeh, menos deterioradas por efecto del saqueo sistemático practicado a lo largo de la historia antigua de Egipto. Al punto de que podría preguntarse uno si la más antigua de las pirámides, la de Saqqara, construida por IMHOTEP para el faraón Zoser, no habría podido ser inicialmente una PIRÁMIDE LISA que,

fruto del juego de TOMA-UNA-PIEDRITA, dejó al descubierto

su estructura de gradas subyacente.



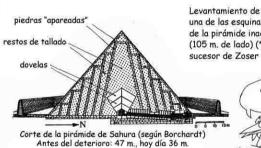
82

Saggara, aprox. 2600 a.C.

De las sesenta pirámides identificadas en Egipto, muchas de ellas, aun cuando sus estructuras subterráneas pueden ser muy ricas, presentan un aspecto exterior bastante deteriorado a causa del saqueo de piedras vigente desde la época faraónica. Aquí abajo se puede ver la del faraón Unis (2320 a.C.), cuyo interior (ver página 15) contiene el TEXTO DE LAS PIRÁMIDES.



El hecho de que ciertas pirámides dejen entrever su estructura interna indica que se mezclaban "muros inclinados", en forma de "muñecas rusas", con restos de tallado ("ripio"). Esto llevó, en 1900, a que ciertos egiptólogos, como el alemán Borchardt, idearan el sistema que se muestra abajo.



Levantamiento de una de las esquinas de la pirámide inacabada (105 m. de lado) (*) de Sejemjet, sucesor de Zoser (hoy día cubierta nuevamente por la arena).

Con INCLINACIÓN para estabilidad

La misma reutilización de material "de todo tipo" usada para los pilares de los templos





(*) Misma dimensión que la pirámide de Zoser.

Como en la pirámide de Unis, el deseo de ubicar la cámara "sepulcral" lo más alto posible con respecto al suelo llevó a sus diseñadores a recurrir a dovelas para redistribuir lateralmente las enormes fuerzas de compresión creadas por la masa situada encima. Un sistema muy eficaz en caso de sismos y que se acomoda bastante bien a la distribución

"a granel" de lo que está encima. Pero el deseo de posicionar la cámara lo más alto posible llevó a contemplar que ésta pudiera reposar sobre un pilar central, lo que llevó a un modelo de:



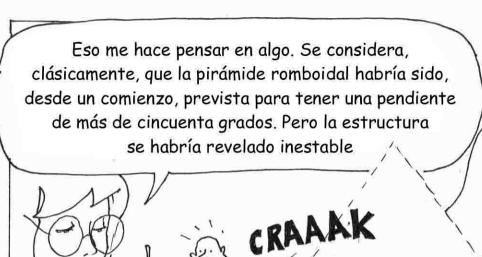
Numerosos especialistas y expertos continúan pensando que los diseñadores de las pirámides del Imperio Antiguo egipcio (2700 a 2200 a. C.) procedían EMPÍRICAMENTE. Decididos a crear estructuras perennes y conscientes de la importancia mayor de la SISMICIDAD, esos diseñadores sabían, muy al contrario, a dónde querían llegar, poniendo en juego soluciones tan sofisticadas como originales e ingeniosas, en todos los frentes.

Pero ninguno de ellos pudo sin duda prever que la supervivencia de una pirámide dependía esencialmente de la elección de una roca de calidad bastante mediocre





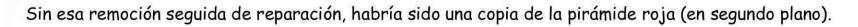




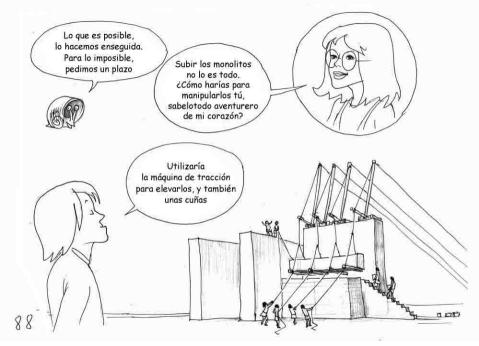
Los sacerdotes-arquitectos habrían entonces decidido reducir la pendiente a 43°, de ahí su particular forma geométrica

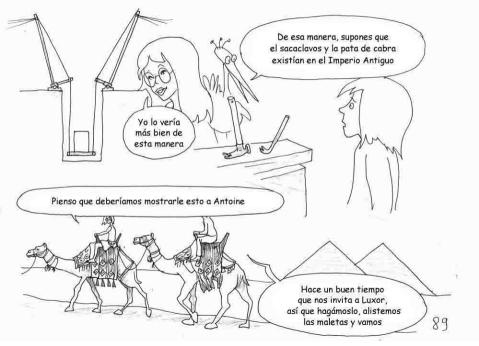


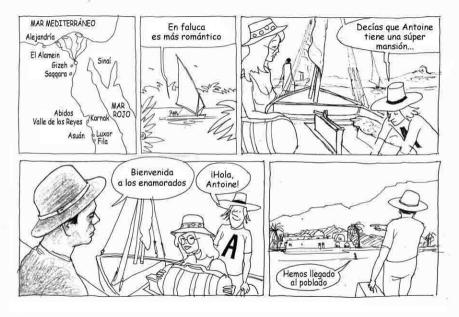
Y su forma actual resultaría de una reparación, al ubicar sobre la base oblicua aparente piedras de paramento



剧等上













En todas las épocas, incluyendo al Imperio Antiquo, se constata que las piedras de todos los tamaños están unidas tan estrechamente que no se puede hacer pasar una cuchilla por las uniones. Desde el siglo XIX, los egiptólogos propusieron que dichas uniones habían sido "trabajadas". Antoine ha concentrado su atención en edificaciones relativamente recientes en arenisca, pertenecientes al periodo ptolemaico (*). El ensayo puso en evidencia el uso de herramientas (sierra para juntas), Las piezas consideradas no fueron trabajadas en toda su superficie de contacto sino solamente sobre sus perímetros, de 3 a 5 cm. de profundidad. El resto de la cara fue "adelgazada". Así se crean sobre las dos caras concavidades de 3 a 4 mm. Es entonces que se acomete el aserrado de la unión. En las areniscas, las partículas de sílice se desprenden y proporcionan

la abrasión desenda La herramienta procede a unos 4 cm, por minuto. Se dispone de cuñas en cobre para la ocasión.



unos cuantos milímetros

Cuando la operación se ha completado, se retiran las cuñas y la unión queda perfecta. Mediante un canal creado para tal efecto argamasa de veso se pega entonces yeso en el espacio canal 🔍

intersticial. El contacto entre los dos bloques es la vez íntimo y total en toda la superficie.

Una sinuosidad final de unos cuantos milímetros basta para asegurar el apuntalamiento de los bloques.

(*) 300 a. C. a 30 a. C.





Tenemos ciertamente sierras para madera. Pero no ha sido hallada ninguna sierra para piedra

Sólo se tiene una media docena de simulacros en cobre blando, encontrados en las tumbas

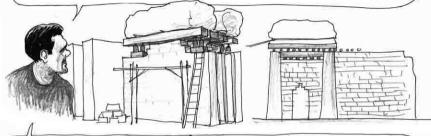
No hay sino este cobre blando dado que es puro. Los metales puros tienen siempre propiedades mecánicas inferiores a las de sus aleaciones. Los egipcios tenían cobre con arsénico, cuyas propiedades mecánicas son cercanas a las del bronce



Las sierras provistas de dientes fabricadas con este cobre pudieron ser utilizadas para cortar piedras consideradas blandas, como la caliza.



Nuestra grúa en Karnak tiene una capacidad de elevación máxima de 23 toneladas. Pero me gustan los desafíos. Así que quise saber si podía manejarlo con simples elevadores hidráulicos, vigas de madera y piedras



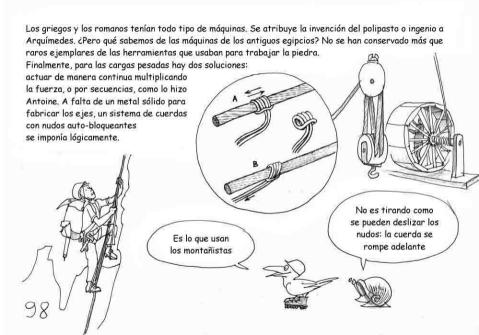
Hemos usado alternadamente para la elevación gatos hidráulicos, cuñas de madera y un muro de piedra para el descanso de los bloques, construido a la medida. Cuando el bloque estaba a 4,25 m. de altura, lo hicimos deslizar sobre unos rodillos. Después, siempre con la ayuda de gatos, se lo volvió a bajar sobre sus bases y al final se desmontó toda la mampostería complementaria

Y (S)

Bien hecho.
iPero Tutmosis III hizo
lo mismo sin gatos
hidráulicos!

Hmm... irampa en adobe, cuerdas y un montón de hombres!

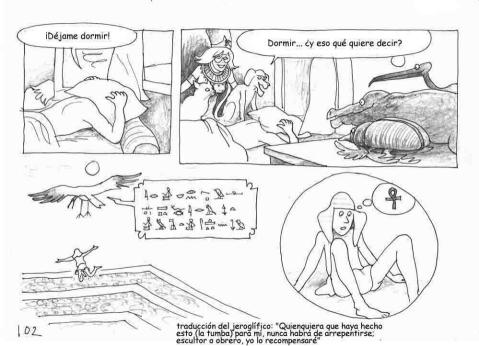






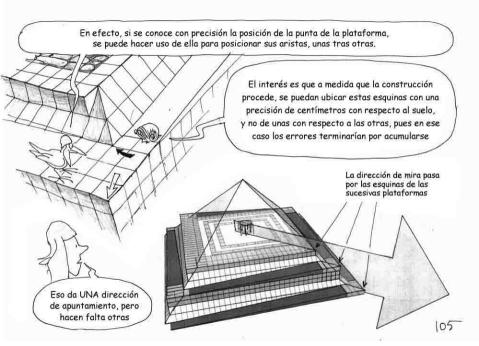




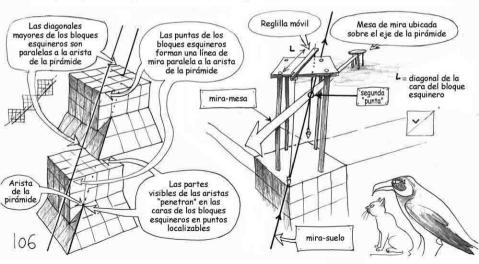




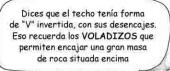
Luego se utilizan cables con lastres, unidos a la mesa giratoria, dispuesta de tal forma que, tomadas de a dos, apuntan con gran precisión en dirección de los cuatro puntos cardinales N-S-E-O mesa de mira giratoria iPero esas direcciones de apuntamiento no pasan por el eje de la pirámide!?! piezas esquineras sucesivas Incluso si las bases presentan cierta irregularidad, si los bloques angulares son posicionados de manera regular, entonces la localización se vuelve posible si se puede ubicar con precisión la posición de las esquinas de los bloques en el espacio



Una mesa de mira así permite ubicar con una muy buena precisión cualquier punto perteneciente al plano que contiene las puntas de los bloques en los ángulos, siempre que estos estén alineados y equidistantes. Las diagonales de las caras superiores de los bloques esquineros son paralelas a la proyección de las aristas sobre esas caras, y las diagonales mayores de los paralelepípedos en los bloques esquineros son paralelas a las aristas de la pirámide.







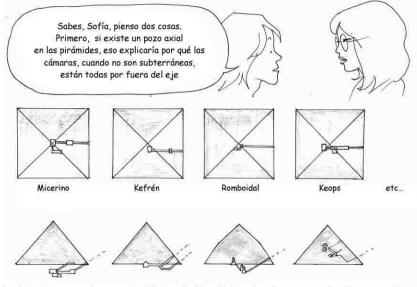
Según lo que narras, eso podría estar en Dasur, bien sea en la pirámide roja, o bien en la de Meidum



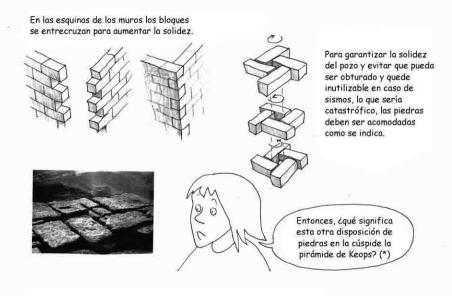
Y dijiste que te metían en un sarcófago de piedra para que permanecieras allí durante... veinticuatro babuinos



A pesar de la presencia de sarcófagos en las pirámides, algunos dudan de que puedan ser tumbas, en vista de que nunca se han hallado restos que puedan probarlo. El sueño de Anselmo podría significar que se trataba de LUGARES INICIÁTICOS.



(todos los tramos en descenso y los "ductos de aireación" están orientados aproximadamente según la misma dirección y el mismo ángulo, lo que resulta conveniente para poder esclarecerse con espejos)



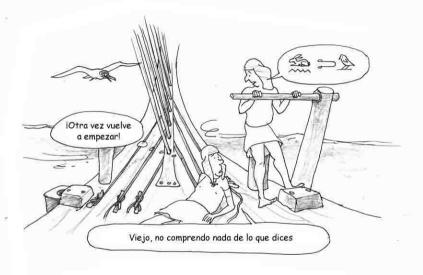
Todo esto parece responder a la crítica de Antoine acerca de la localización al centímetro de los bloques. Implica además un acceso desde la parte baja pues de lo contrario aquel que se cerciorara del posicionamiento de la plomada se vería pronto falto de oxígeno.





Lo que es extraño
es que las pirámides de Keops
y de Kefrén presenten las dos
lo que parece ser un acceso
cerrado a la altura del mamelón
de piedra de algunos metros
de altura sobre el cual fueron
construidas





CONTINUARÁ

