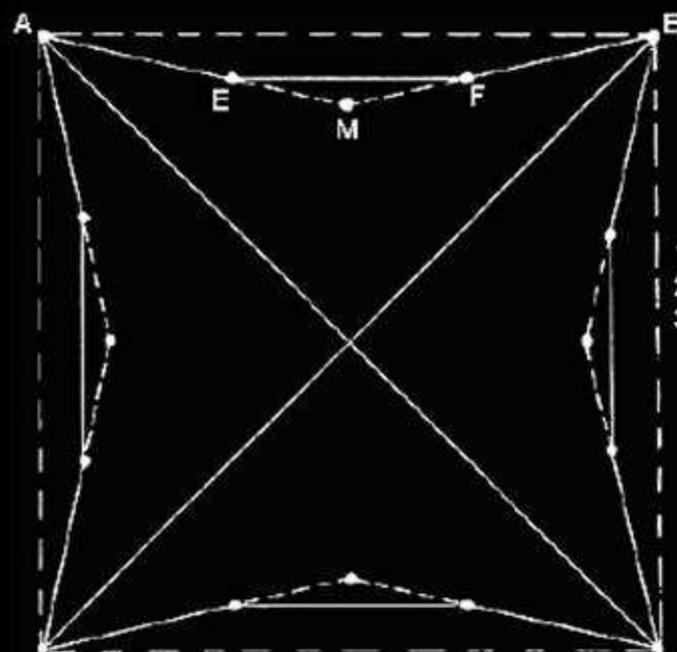


SECRETOS ASTRONÓMICOS Y MATEMÁTICOS DE LA GRAN PIRÁMIDE DE GIZA

Una revisión crítica

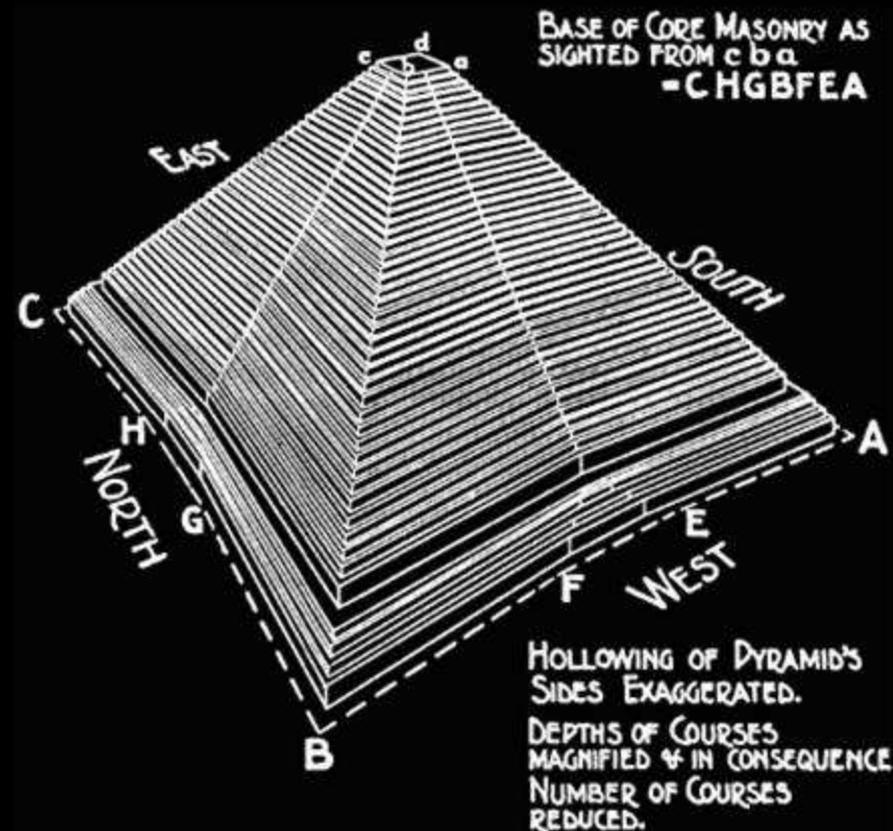
Juan Ramón Pardo Carrión

Instituto de Estructura de la Materia - Consejo Superior de Investigaciones Científicas



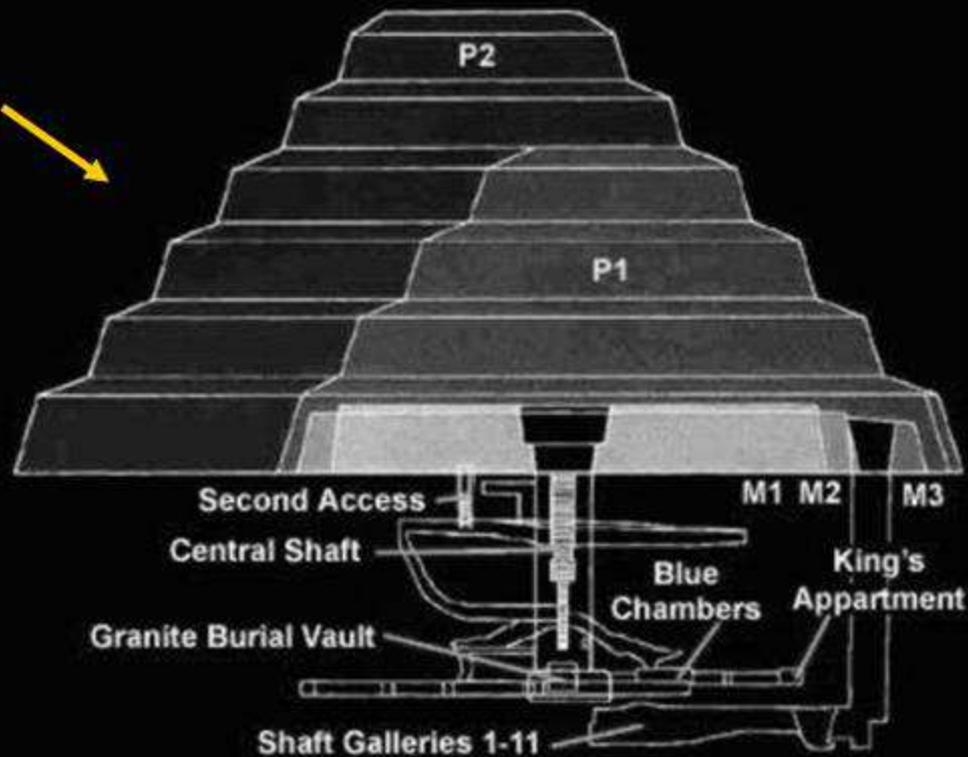
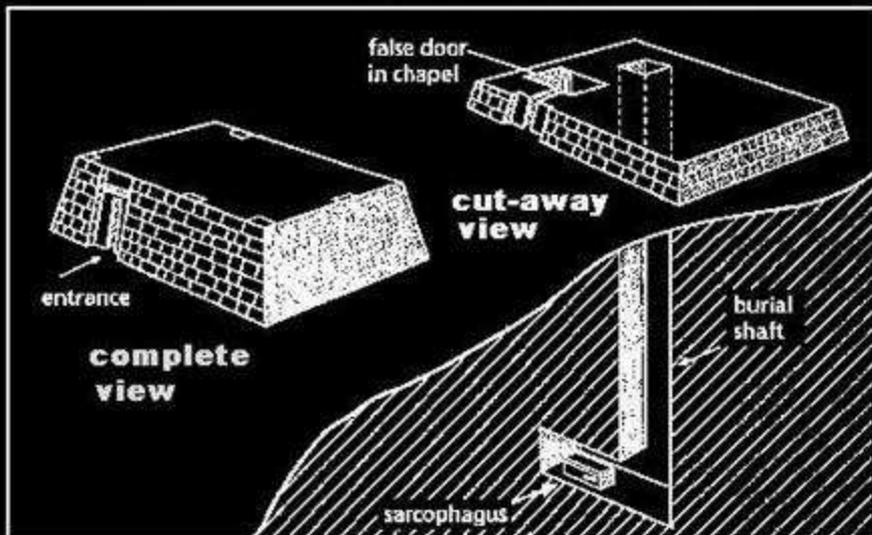
Base

- 1) A - B
- 2) A - M - B
- 3) A - E - F - B

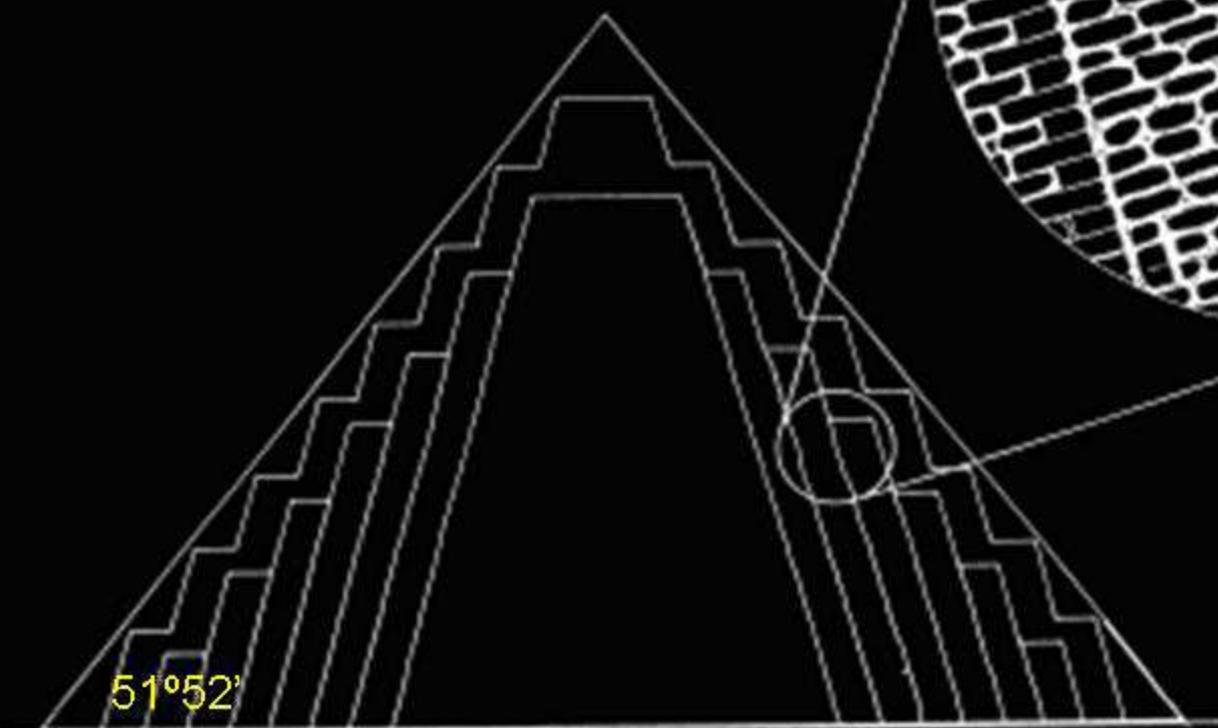
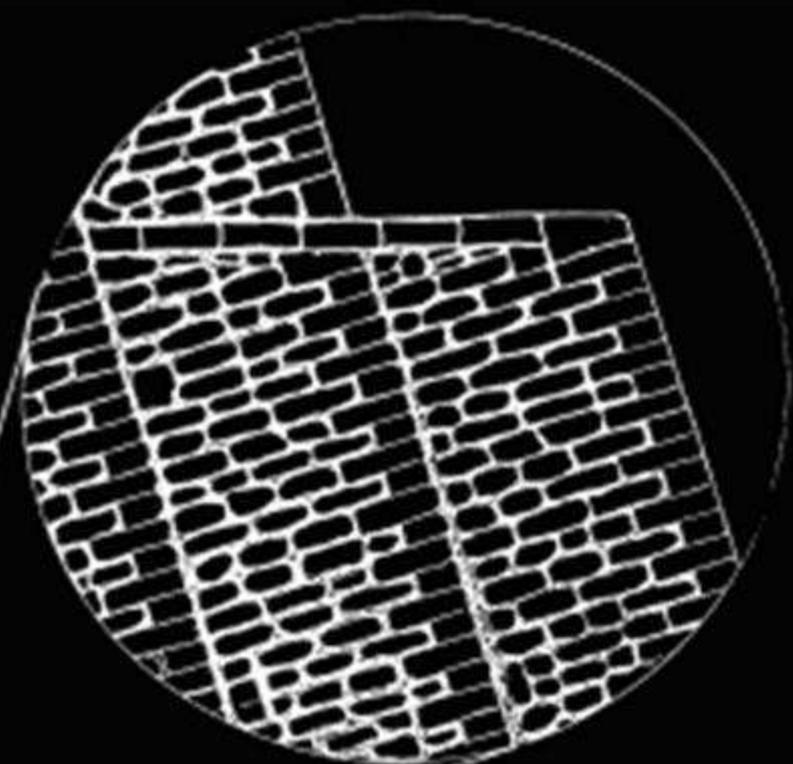
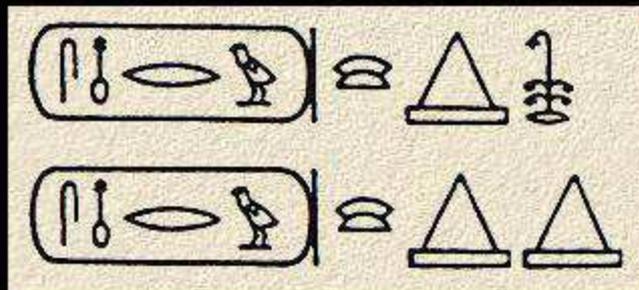


¿Cómo se llegó a la construcción de la pirámide de Keops?

A typical Old Kingdom simple mastaba tomb

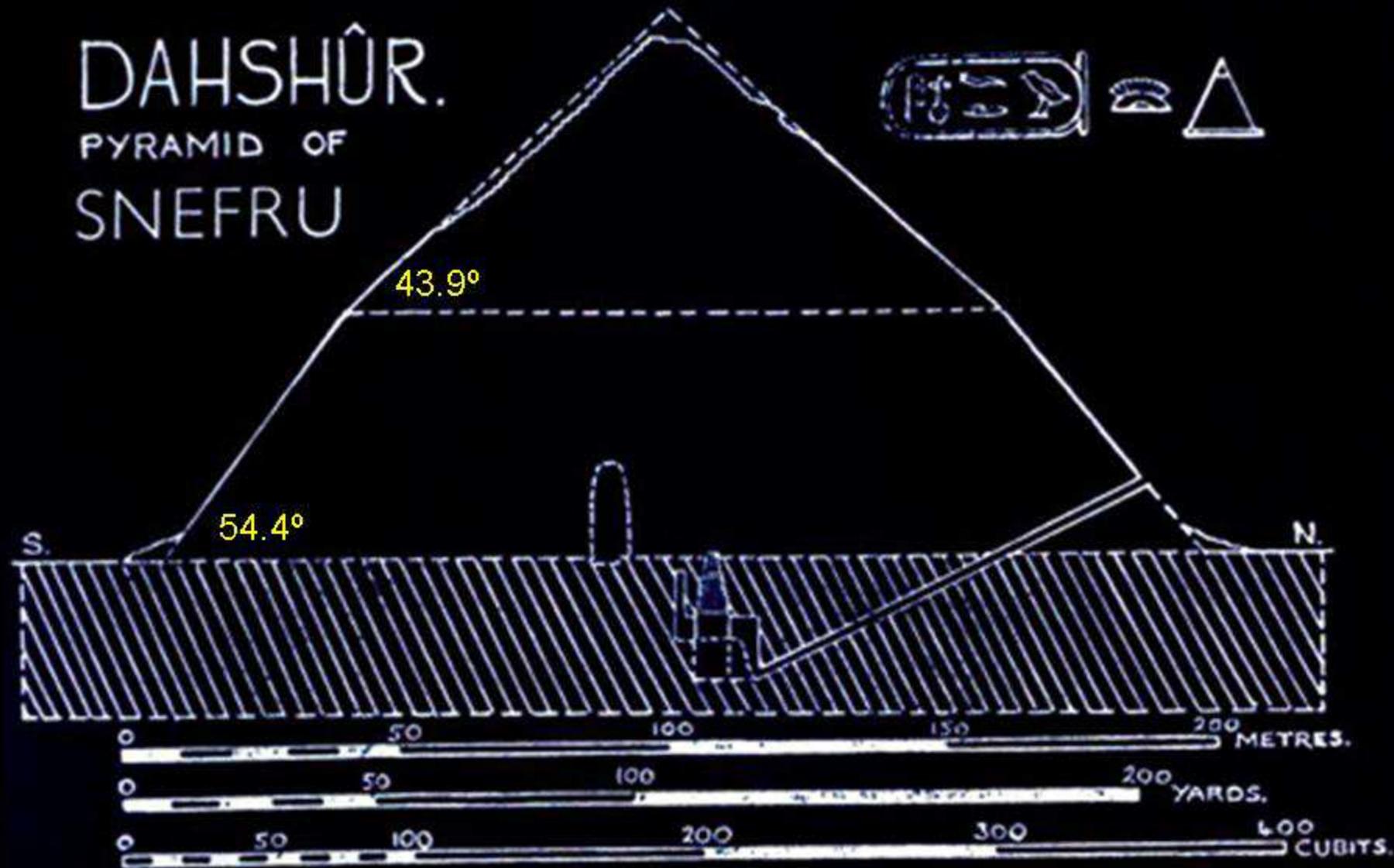


Meidum – 1ª Pirâmide de Snefru

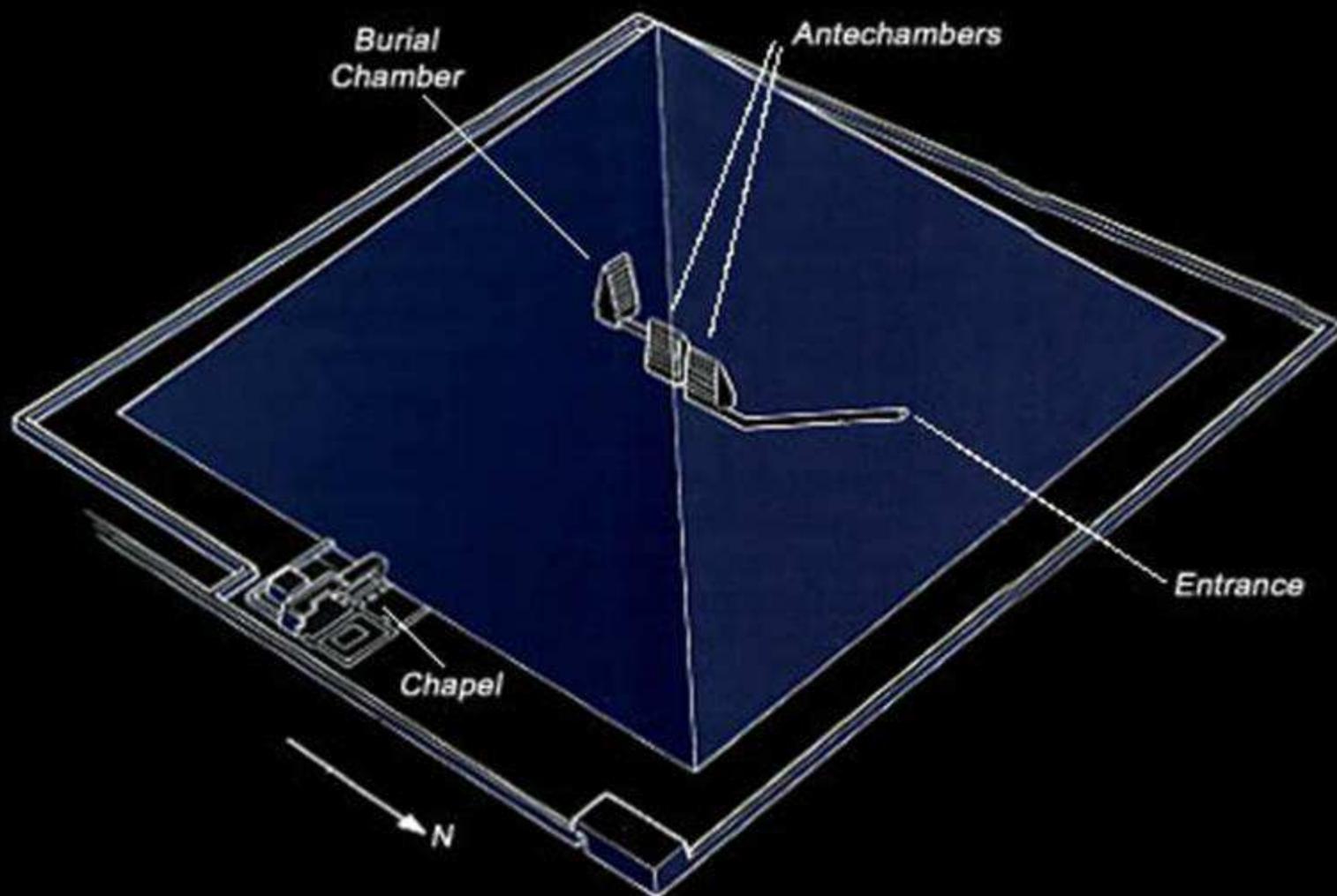


51°52'

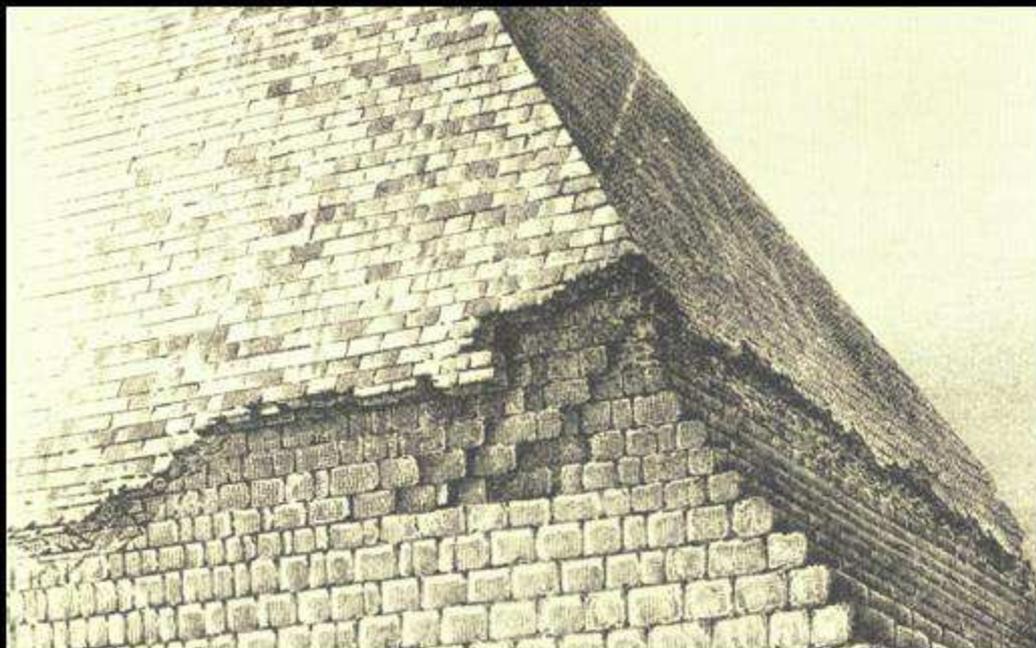
Dashur – Pirámide “romboidal”



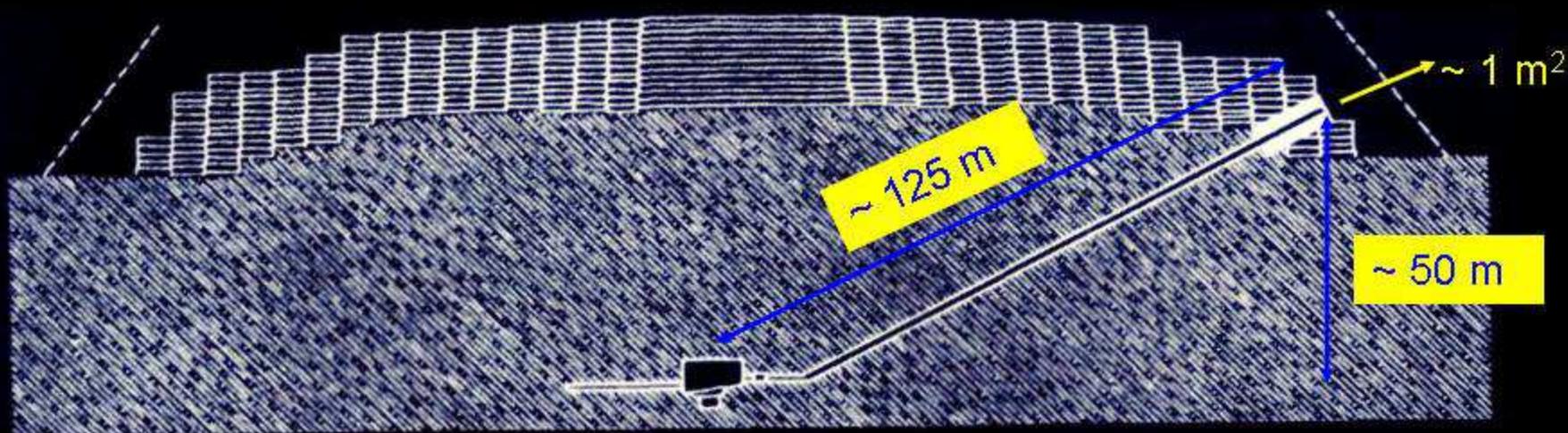
Dashur – Pirámide “roja” (primera pirámide verdadera)



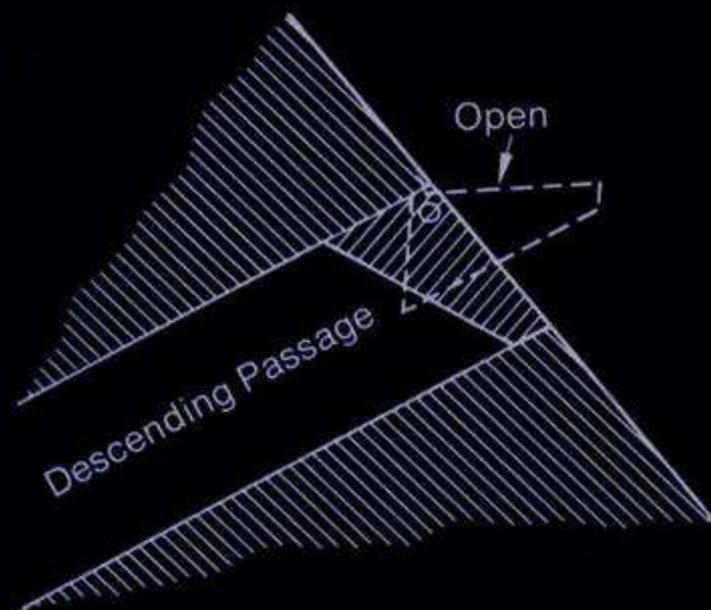
La gran Pirámide en la Antigüedad



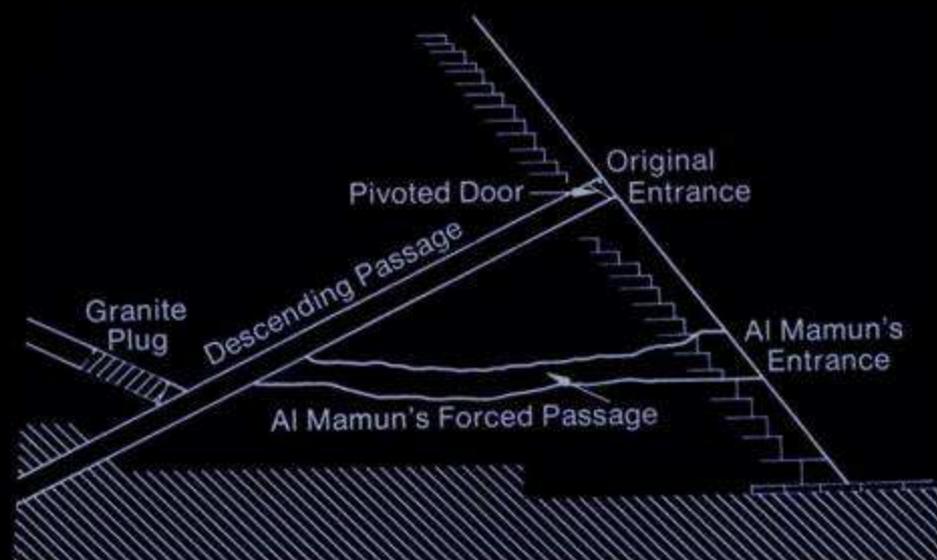
- **Thales** (siglo VI) a.C. visitó la Pirámide. No hay detalles.
- **Herodoto** la visitó en 440 a.C.: cubierta completa de caliza pulida.
- **Diodorus Siculus** y **Plinio** (Siglo I) hablan de sus caras pulimentadas.
- **Strabo** (24 a.C.) escribió extensamente sobre las pirámides. Habla de la entrada de la pirámide en la cara Norte, del pasillo en descenso, y longitud de la apotema = 1 Estadio.



Al Mamun (786-833), Califa Abasida, hijo de Harun Al-Rashid

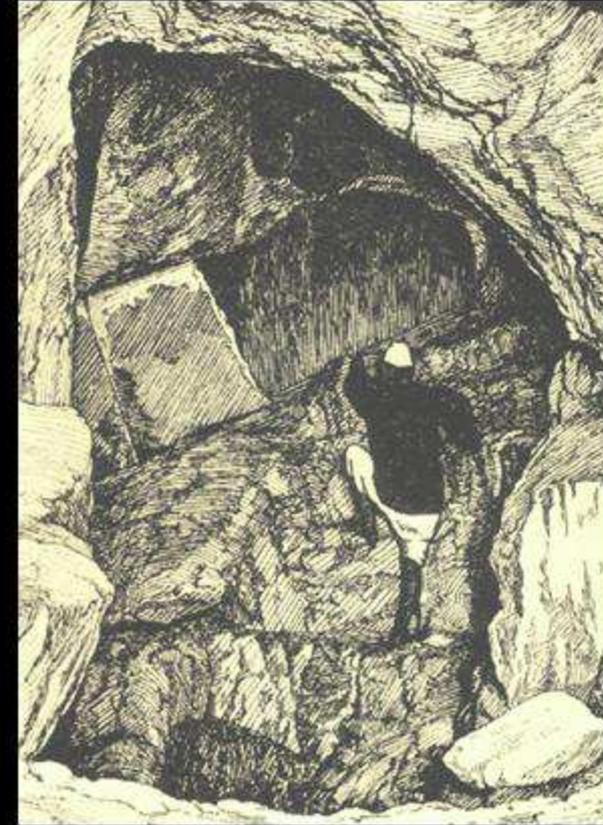
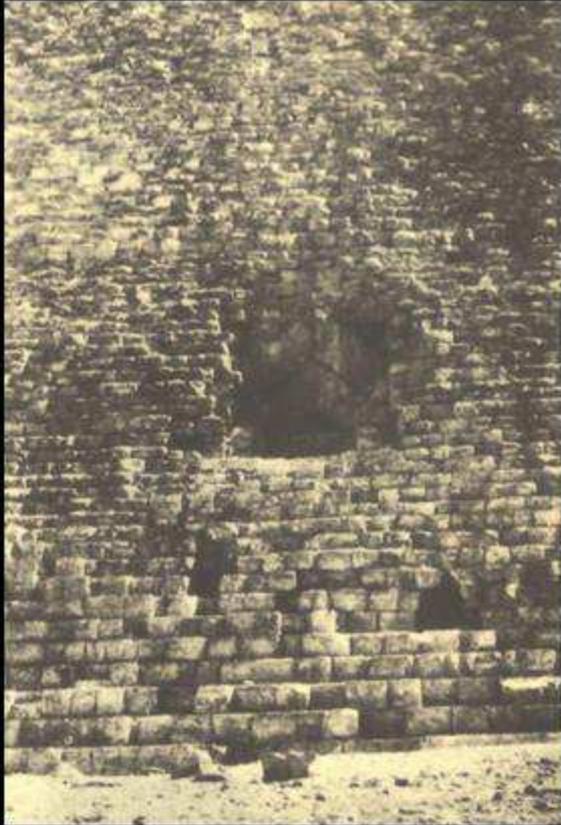


Entrada descrita por Strabo (24 a.C.)



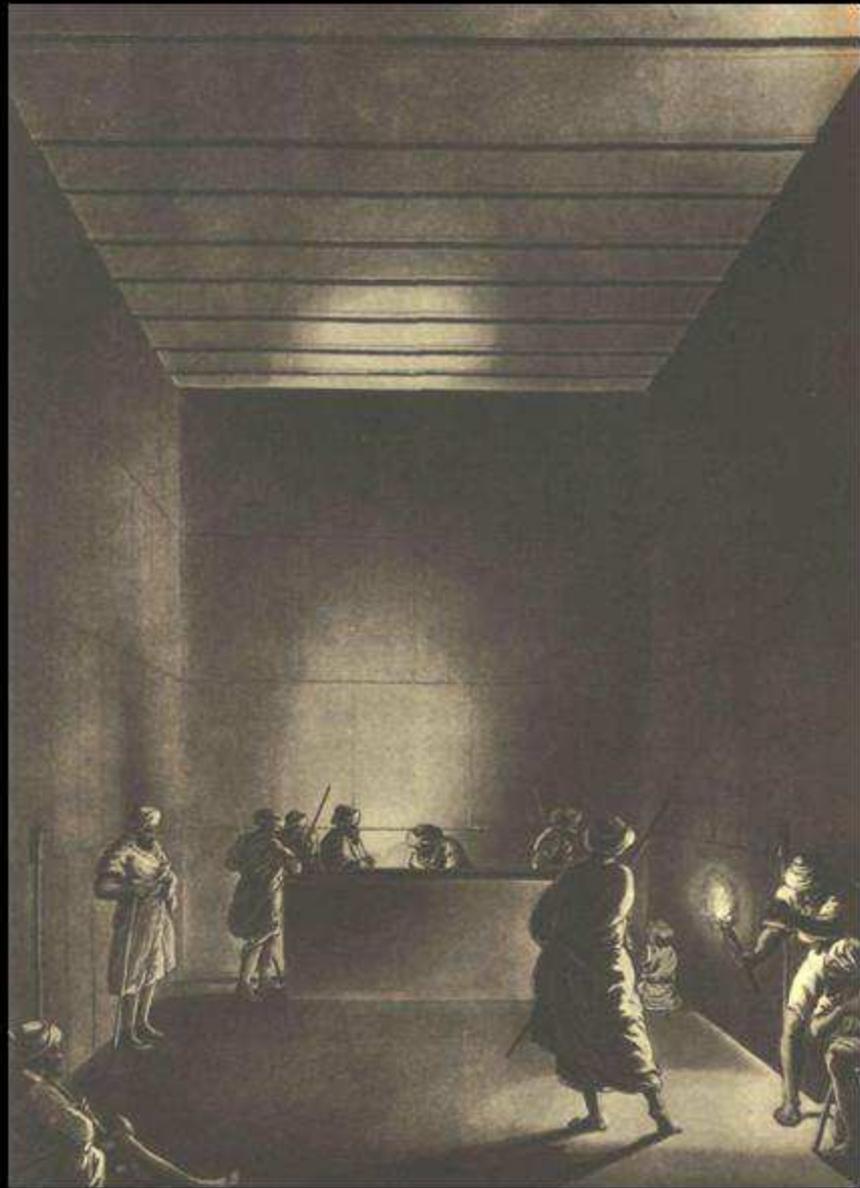
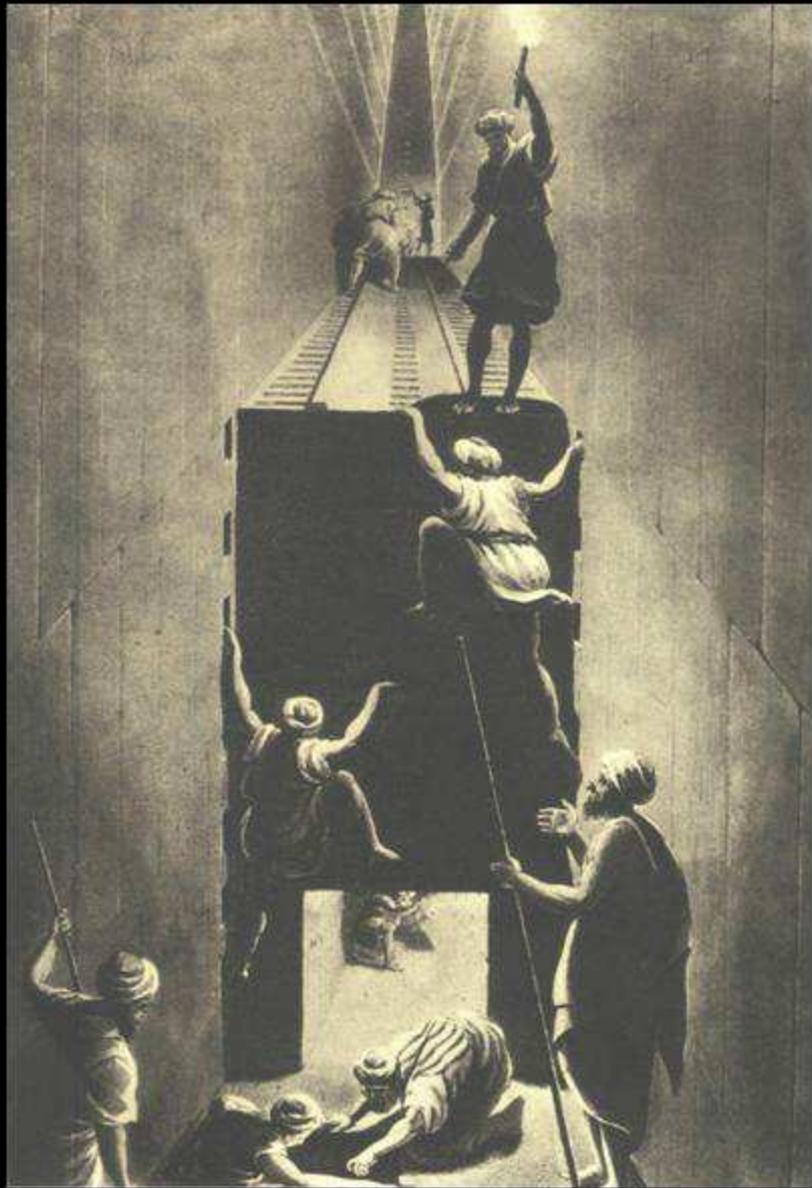
- Llegó al trono en 813 d.C.
- Fundó universidades y cimentó la fama de Bagdad como centro de conocimiento.
- Hizo traducir al árabe el Almagesto.
- Encargó el más antiguo catálogo estelar que ha llegado a nuestros días.
- Ordenó a sus astrónomos medir la longitud de un grado de latitud en la planicie de Palmira, con el resultado de 103,6 km.
- Se lanzó a explorar a cualquier precio la Gran Pirámide al oír que contenía una cámara secreta con mapas y tablas de las esferas celeste y terrestre.
- El gran asalto comenzó en el año 820.

Al Mamun entró en la pirámide “a lo bestia”

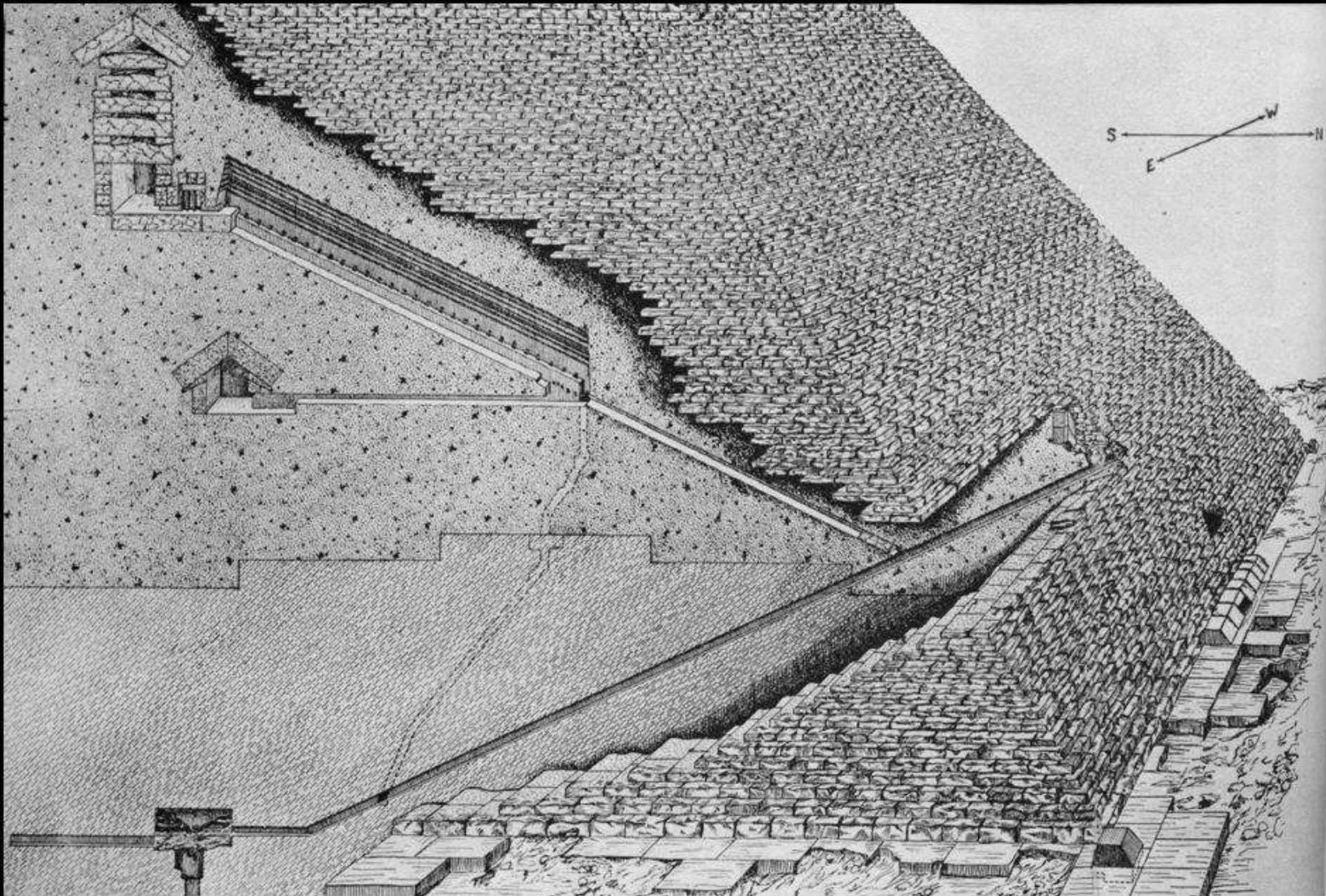


La entrada de Al Mamun fue realizada calentando los bloques de caliza con fuego y regándolos con vinagre frío hasta dehacerlos.

En el interior causaron diversos daños, especialmente en la “Cámara de la Reina”



Cámaras internas de la pirámide



Época de supersticiones

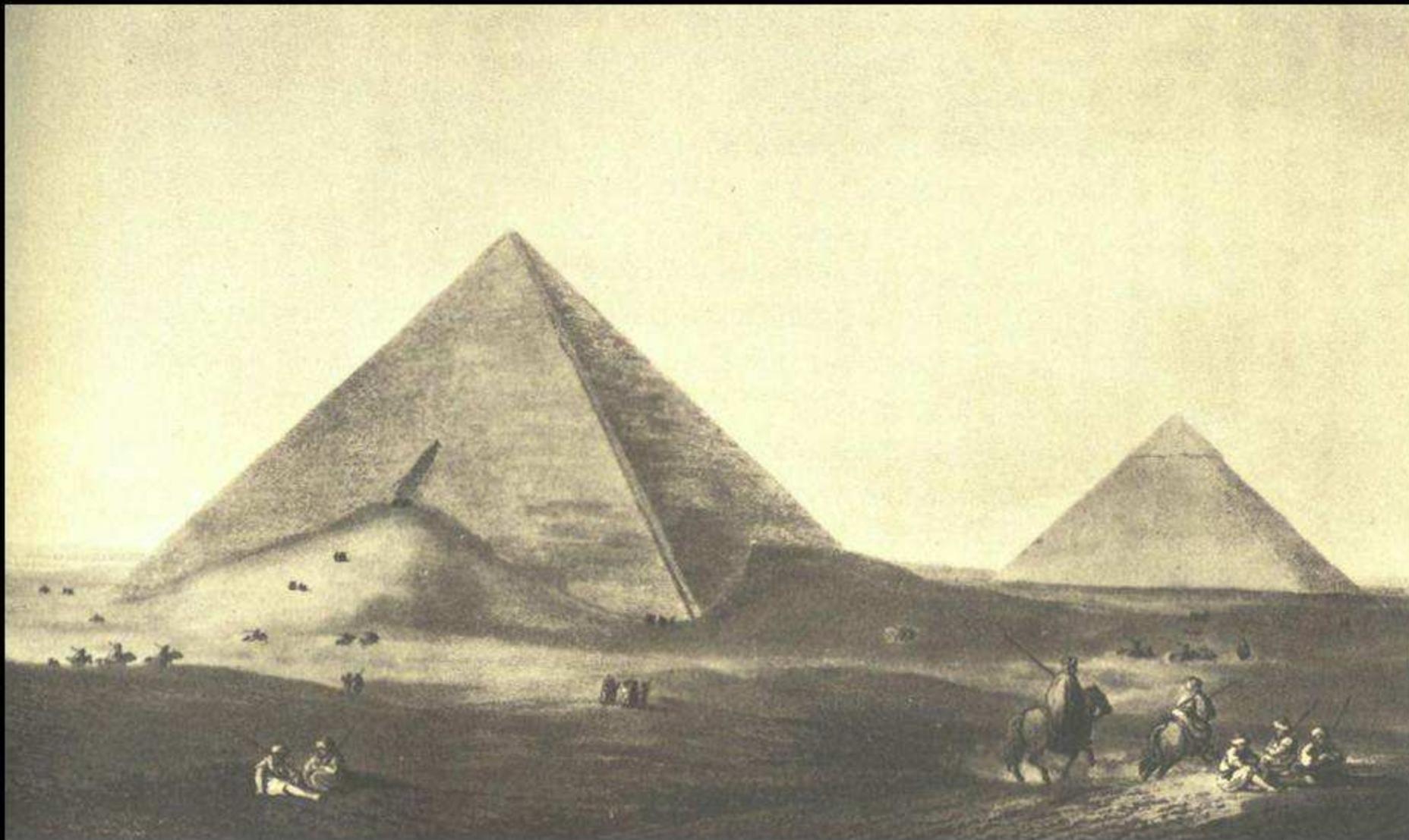
- Rabino **Benjamín de Tudela** (~1170): “las pirámides que vemos han sido construidas por brujas”.
- **Abd-al-Latif** (1162-1231), médico e historiador de Bagdad dejó un relato muy vivo sobre el miedo que sintió en el interior de la Gran Pirámide.
- **Jehan de Mandeville** visitó Egipto entre 1322 y 1356. Sus relatos son considerados en general alejados de la realidad. Sobre la Gran Pirámide dejó escrito que no entró porque estaba llena de serpientes.



- La pirámide estaba casi intacta a principios del siglo XIII.
- Varios terremotos destruyeron el Norte de Egipto.
- Los descendientes de Al Mamun se vengaron de la pirámide sirviéndose como cantera en la construcción de *El Kaherah*.

Cairo – Mezquita de Hasan (1356)

Abandono



Renacimiento: Comienza el estudio racional con John Greaves



John Greaves (1602-1652)

- Profesor de Geometría en Oxford. Llegó a la pirámide en 1638
- Como Al-Mamun, buscaba datos en la estructura que ayudasen a establecer las dimensiones de la Tierra, siguiendo los postulados de Girolamo Cardano (1501-1576):

- *"Antes de los griegos ya existió un cuerpo de conocimiento científico".*
- *"Las medidas de la antigüedad se derivan de estándares egipcios, a su vez establecidos de prototipos invariables de la naturaleza".*
- *"Las pirámides pudieron construirse para encerrar este conocimiento y proporcionar un estándar de medida indestructible".*



- Con anterioridad Greaves ya investigó el estándar de medida de los romanos (el **pié romano**, 28 milésimas más corto que el pié británico)

1 pié romano = $\frac{24}{25}$ pié griego



Partenón
100 x 225
piés griegos

Objetivo de Greaves: Establecer la unidad básica de construcción de la Pirámide

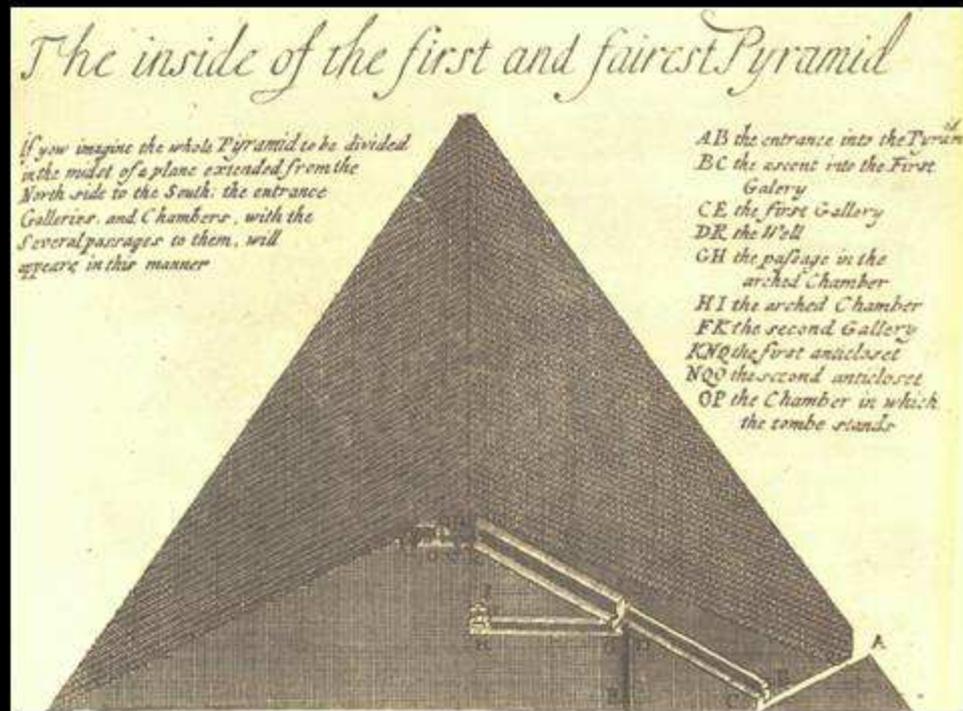
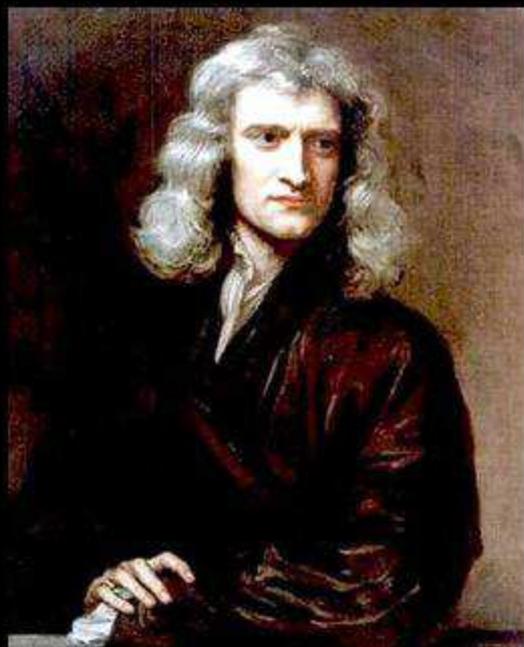


Ilustración de "Pyramidographia"

- Midió las dimensiones de la "Cámara del Rey" y del sarcófago con una precisión de 0.001 pulgadas.
- Descubrió las terminaciones de los conductos de aireación de la "Cámara del Rey"
- Para las dimensiones externas sólo obtuvo medidas muy groseras: 499 pies de altura y 693 pies de base (entre 2 y 10 % de error).

Cedió sus instrumentos a **Tito Livio Burattini** (1617-1681), que trabajaba para Athanasius Kircher, padre jesuita de Cracovia. Tomó medidas durante cuatro años, que casi se perdieron a causa de un asalto de bandidos a su vuelta.

Los datos de Greaves y Burattini acabaron en manos de Isaac Newton (1643-1727)



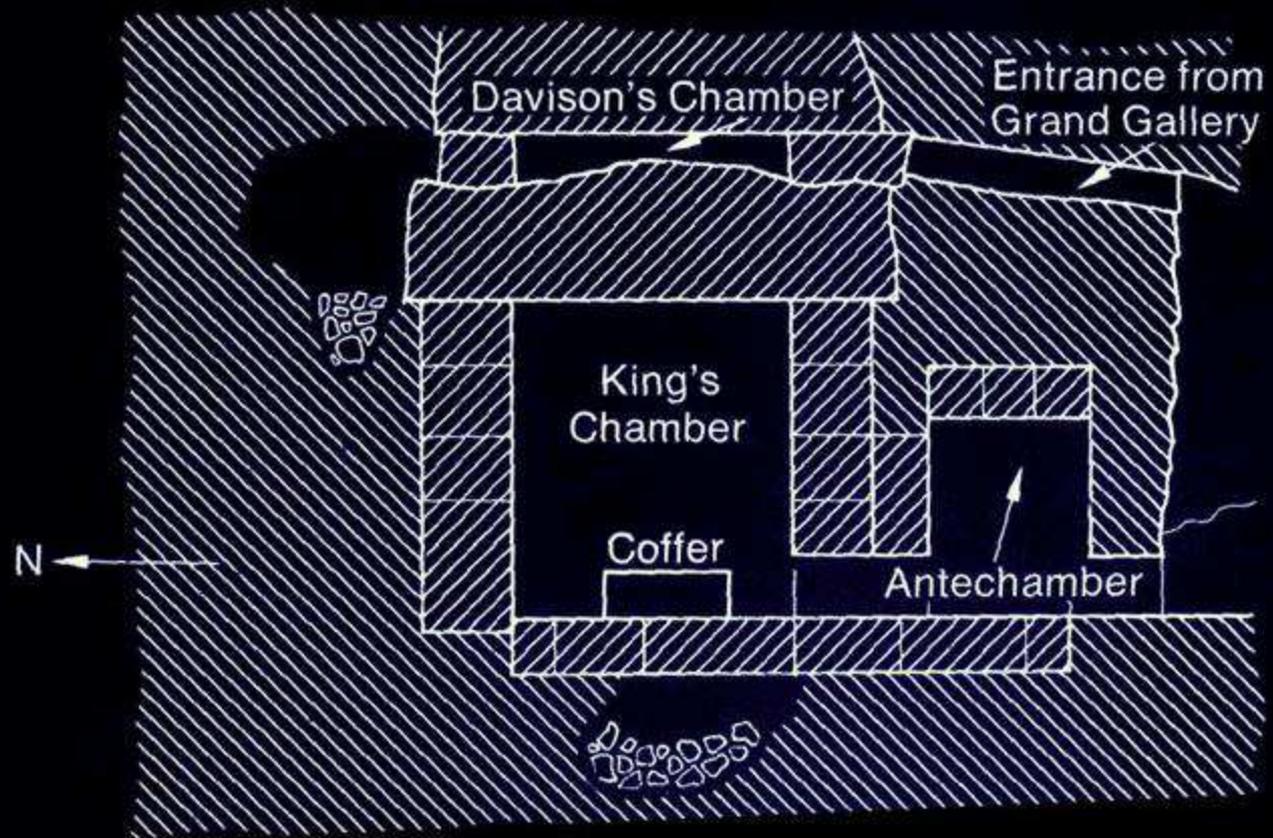
Isaac Newton y la Gran Pirámide

- **Cúbito real "profano"**: 20.63 pulgadas británicas. De esta forma la cámara principal medía 20x10 cúbitos profanos.
- Postuló la existencia de un **cúbito sagrado** (citado por Josefo, y que debía ser la base para la circunferencia de los pilares del templo de Jerusalem. Este cúbito debía ser de aproximadamente 25 pulgadas británicas.
- Estaba obsesionado en conocer las **dimensiones de la Tierra para su Teoría de la Gravitación**. Esas dimensiones las creía contenidas en el diseño de la Gran Pirámide.

- Burattini sugirió medir la longitud de un grado de latitud en las planicies de Polonia.
- Richard Norwood ya había realizado una medida prácticamente correcta en 1635.
- **Jean Picard** obtuvo su famosa medida $1^\circ = 69.1$ millas en 1671.
- Newton y los Cassinis se enzarzaron en polémica sobre el achatamiento terrestre.
- Nuevas medidas en Laponia y Perú demostraron que Newton tenía razón.

Para entonces los posibles secretos geodéticos de la Gran Pirámide habían caído de nuevo en el olvido...

1765 : Nathaniel Davison descubre una nueva cámara



1798 : Llegada de Napoleón con sus “savants”



El 12 de Julio de 1798, Napoleón conquistó Egipto en “La Batalla de las Pirámides” donde exterminaron a ~ 10000 mamelucos de Murad Bey



Los “savants” comenzaron a explorar la pirámide

En el interior no lograron ningún resultado novedoso (la exploración era difícil por el fuerte calor), pero en el exterior decidieron empezar a limpiar los escombros acumulados a lo largo de siglos

Se consiguió así limpiar los dos ángulos de la cara norte, llegar a la base de roca natural sobre la que se construyó la pirámide y se encontraron dos zócalos en los que se debieron encajar las piedras angulares correspondiente de la base.

Análisis de los datos por Jomard (1777-1862)



- Según Strabo: longitud de la **apotema = 1 Estadio**.
- **1 Estadio = 600 piés griegos** y se suponía que esa unidad de medida estaba **relacionada con las dimensiones de la Tierra**.
- Consultando los documentos que trajeron los "savants":
1 Estadio de los Griegos Alejandrinos (Hipparco y Eratostenes) medía 185.5 metros (su medida de 184.722 m era muy similar).

- Según los clásicos: 1 Estadio de 600 piés era a su vez 1/600 de un grado geográfico.
- Jomard midió un **grado geografico en la latitud de Egipto** y obtuvo: **110827.68 m**
- Al dividir este valor por 600 obtuvo: **184.712 m** (10 mm menos que la apotema que el había estimado para la pirámide).

• Varios autores clásicos indicaron que el perímetro de la base de la pirámide se hizo para representar medio minuto de longitud. Por tanto:

$$110827.68 / 60 / 2 / 4 = 230.8 \text{ m (diez centímetros de diferencia respecto a } 230.902 \text{ m)}$$

• Según Herodoto **1 Estadio eran 600 piés o 400 cúbitos**, por tanto, con sus medidas:

$$1 \text{ cúbito} = 184.722 \text{ m} / 400 = 0.4618 \text{ m (que era el cúbito usado realmente en Egipto)}$$

• Según otros autores griegos la **base era de 500 cúbitos**: $0.4618 \text{ m} \times 500 = 230.902 \text{ m!}$

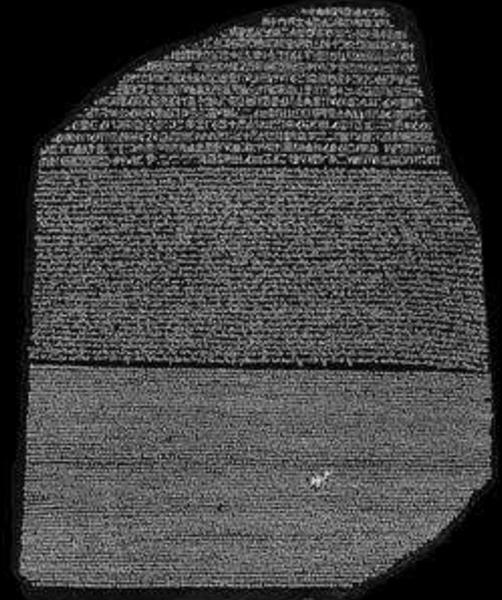
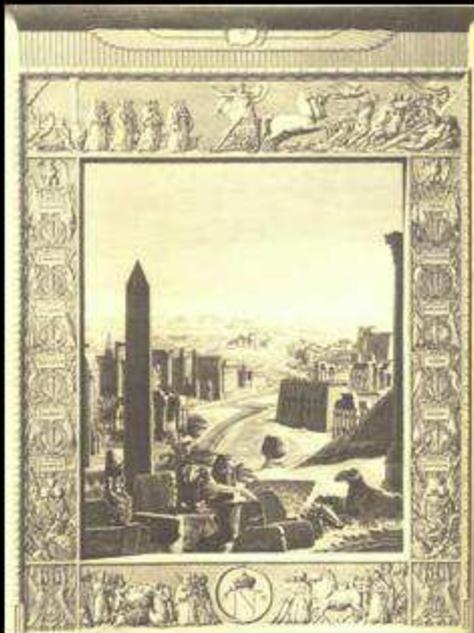
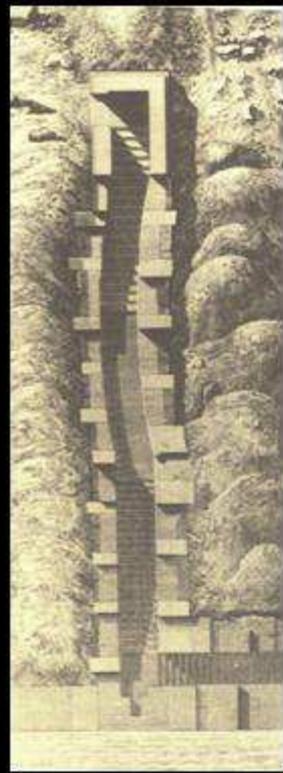
Impresionante teoría.... pero había que contrastarla



Jean-Marie-Joseph Coutelle y Gratien Le Père hicieron nuevas medidas encontrando:

- La base de la pirámide medía dos metros más.
- La altura, ángulo y apotema eran también mayores.
- No había ningún otro edificio en Egipto basado en los cúbitos derivados por Jomard.
- El único cúbito del que se tenía evidencia segura medía 0.524 m, o 20.63 pulgadas británicas (el derivado por Newton de los datos de Greaves).

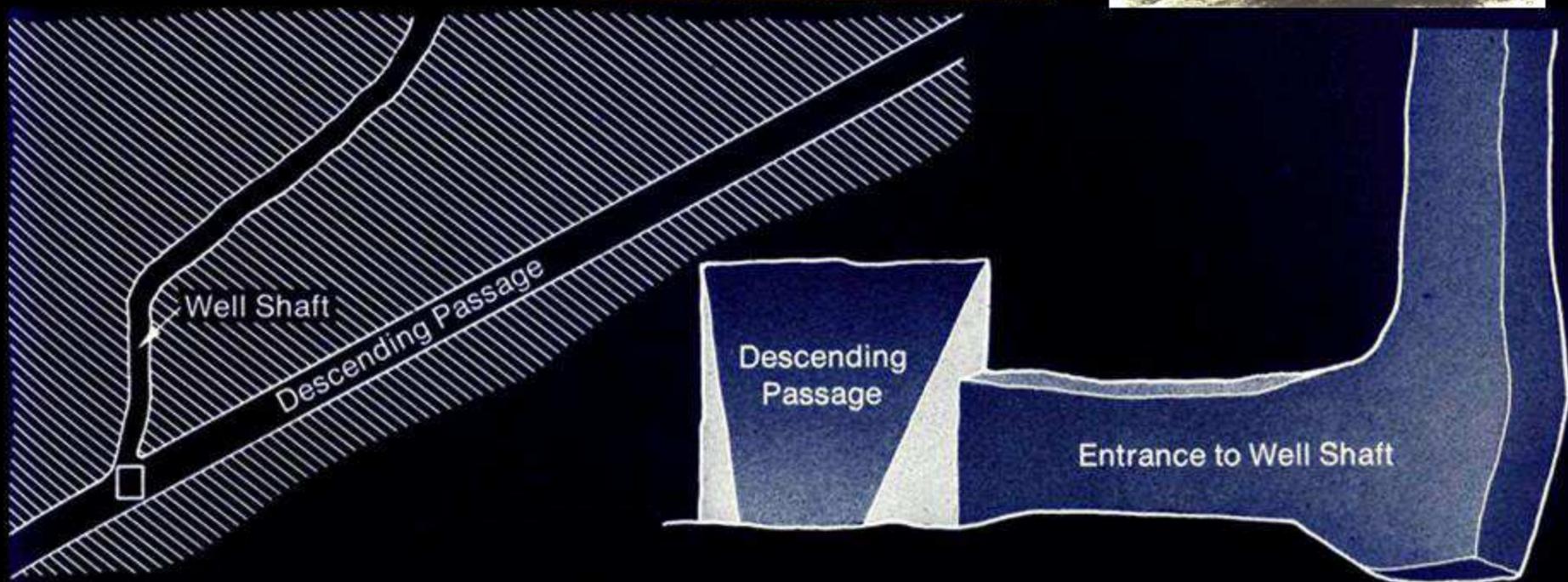
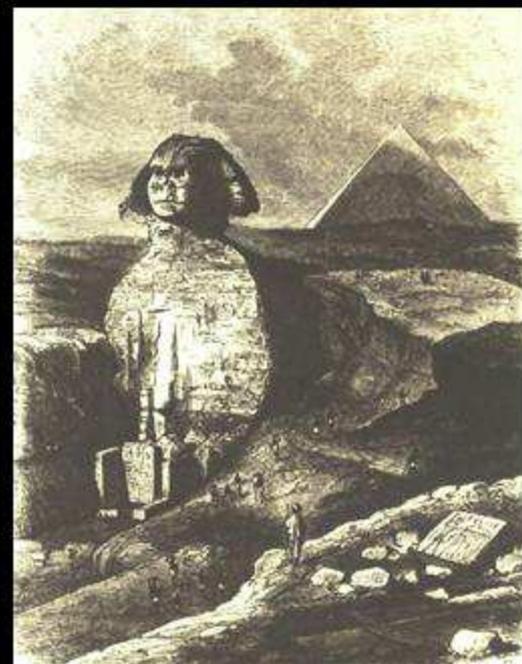
Las teorías de Jomard fueron desestimadas por sus colegas debido a la formación clásica de estos.



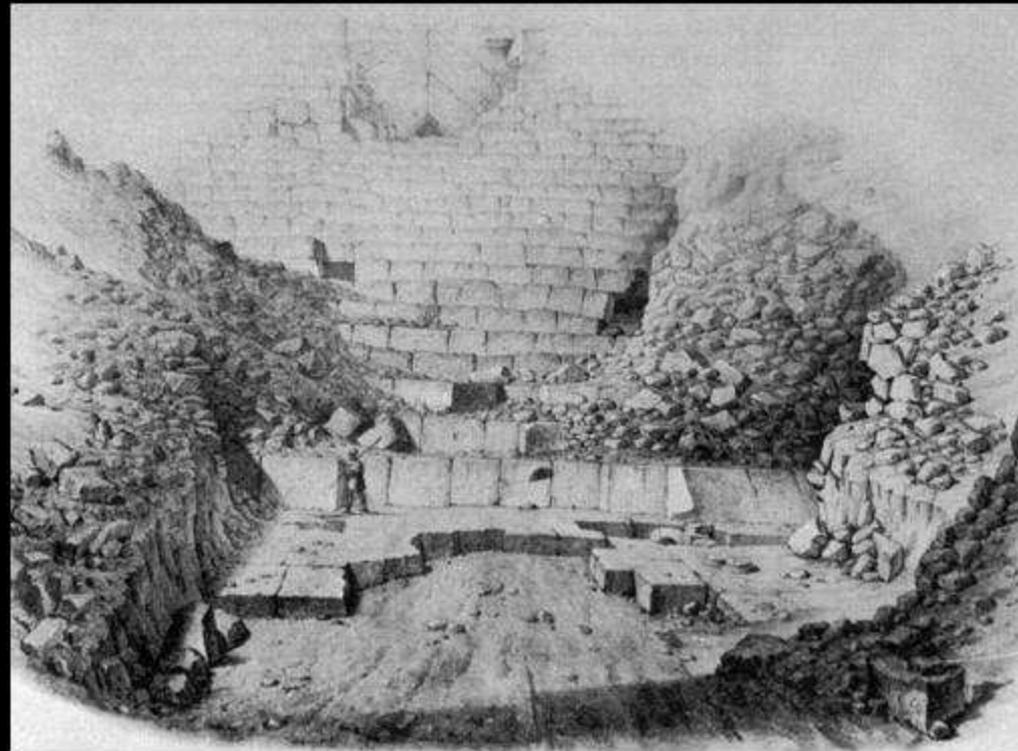
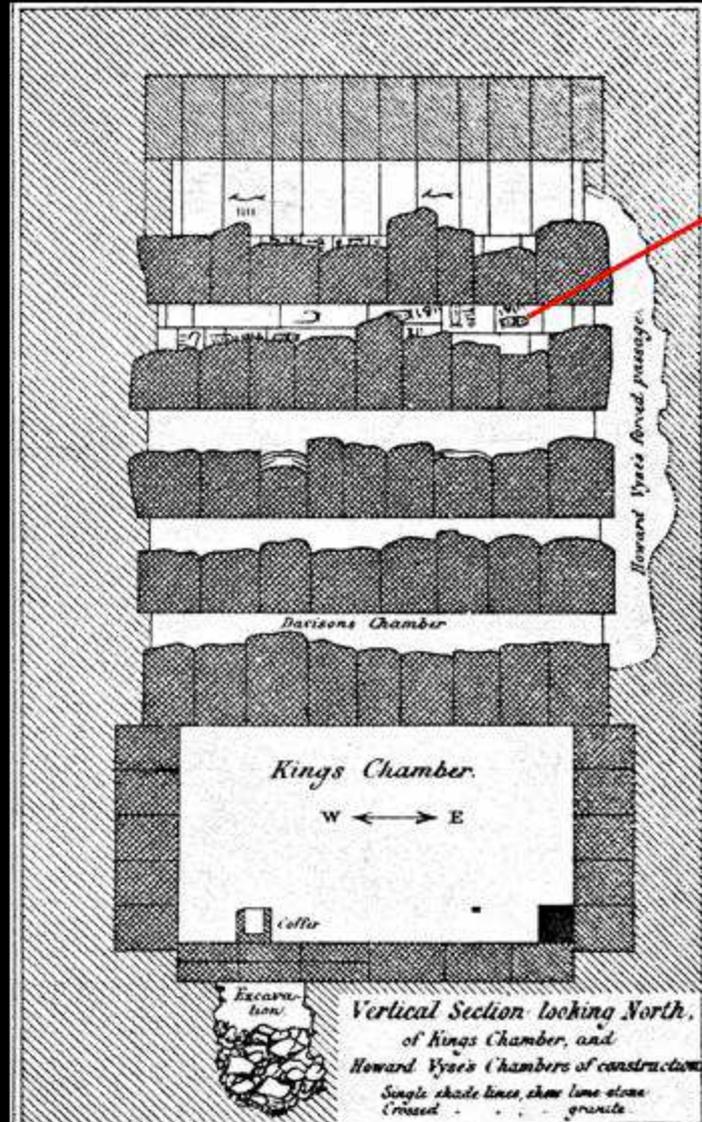
Dominación Británica – Primera Parte

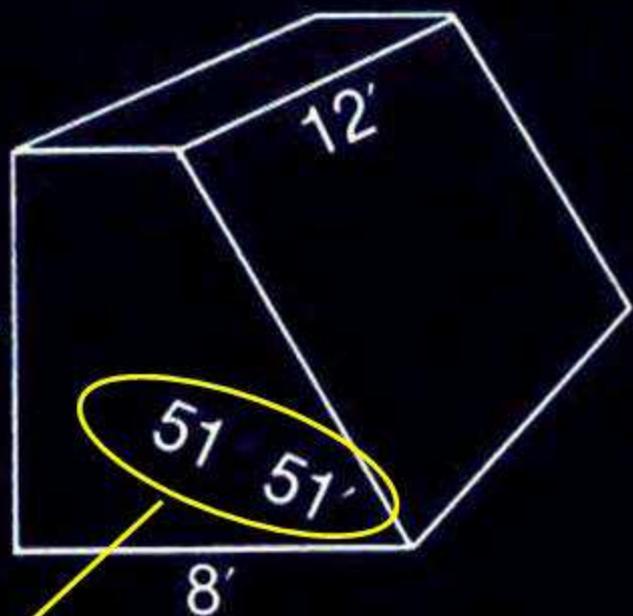
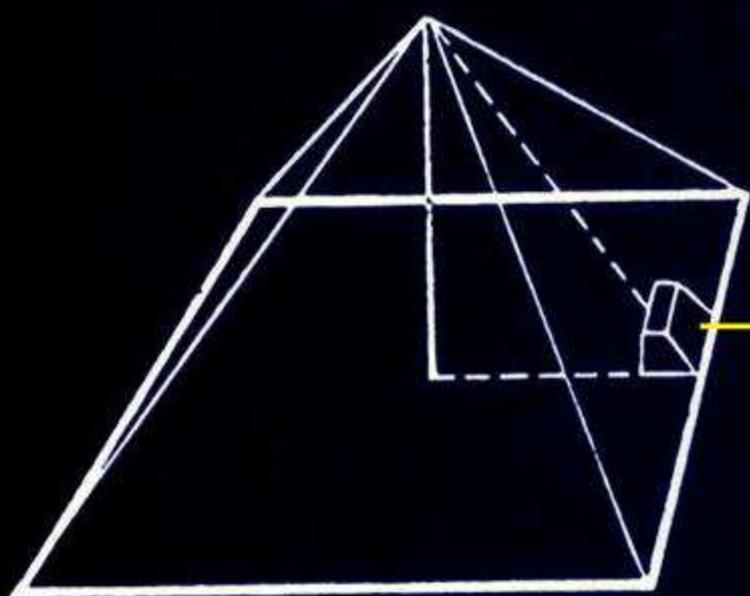
Vuelven los cazadores de tesoros

Giovanni Battista Caviglia, capitán de navío maltés con bandera británica, con ideas místicas acerca de la pirámide, fue empleado por diferentes coleccionistas europeos. Exploró la cámara de Davison y conectó el “pozo” con el pasillo descendiente.



General Howard-Vyse, impresionado por las teorías de Caviglia se decidió a explorar la pirámide. Llegó a tener hasta 700 empleados. Pronto se peleó con Caviglia.





Base según Coutelle y Le Père: 763.62 piés
(Greaves: 693 piés)

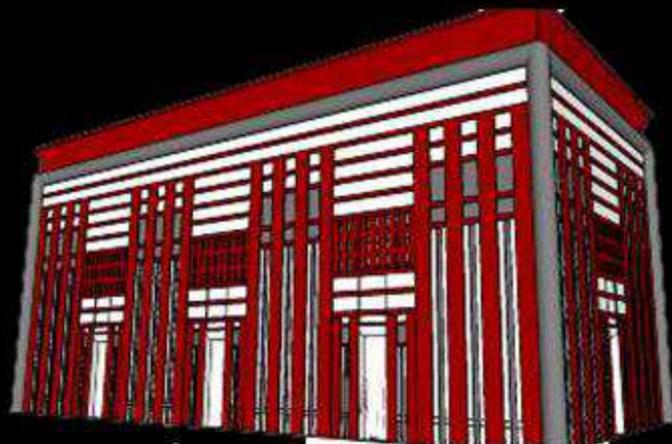
altura = 485.5 piés (147.9 m)

Datos de Howard-Vyse y Perring publicados en:

"Operations Carried on at the Pyramids of Gizeh in 1837"

y

"The Pyramids of Gizeh from Actual Survey and Measurement on the Spot"



Dominación Británica – Segunda Parte

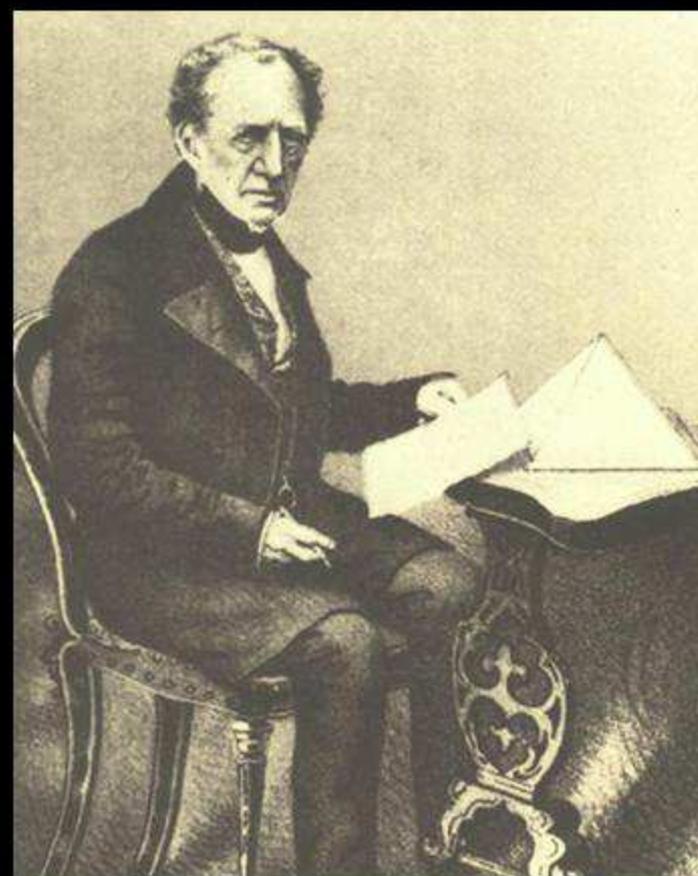
Comienzan las teorías científicas

John Taylor, matemático y astrónomo amateur empezó a trabajar racionalmente sobre los datos aportados por Howard-Vyse:

$$763.62 \times 4 / (485.5 \times 2) = 3.1457$$



Papiro Rhind (~1650 a.C.) se calcula π como $(8/9)^2 \times 4 = 3.1605$



John Taylor (1781-1864), editor del "London Observer"

Teoría de Taylor (en línea con Jomard): El perímetro de la pirámide representaba la circunferencia de la Tierra, y su altura representaba el radio de esta.

Pero la **unidad de medida para su construcción no podía ser el pie británico** ya que no salían números enteros ni para la base ni para la altura. Había que mirar cómo guardando la proporcionalidad π podíamos tener números enteros para ambos.

La razón de números enteros más sencilla era:

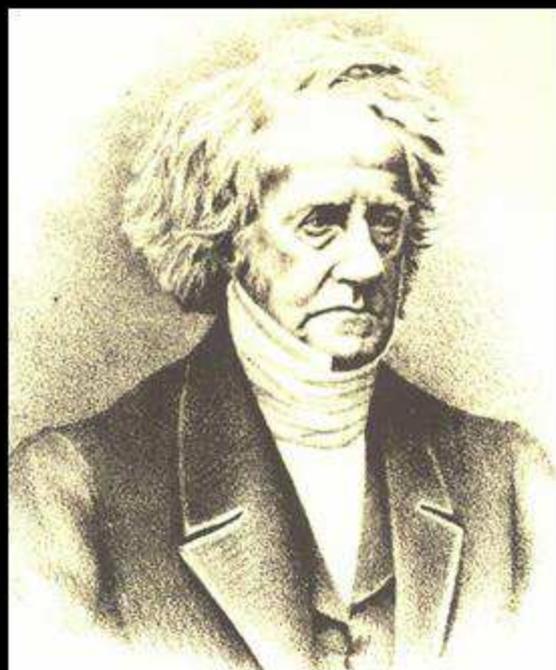
Perímetro: 732

Dos veces la altura: 233 $(732/233) = 3.141631$

Por lo tanto la razón entre un lado y la altura era: $366 / 233$

Ahora bien: 366 es un valor muy próximo al número de días del año

Además: Si consideramos que la pirámide se construyó usando como unidad un cúbito, del cual había 366 en la base y 233 en la altura, al dividir ese cúbito entre 25 se obtenía un valor muy próximo (una milésima) al de la pulgada británica.



John Herschel (1792-1871)

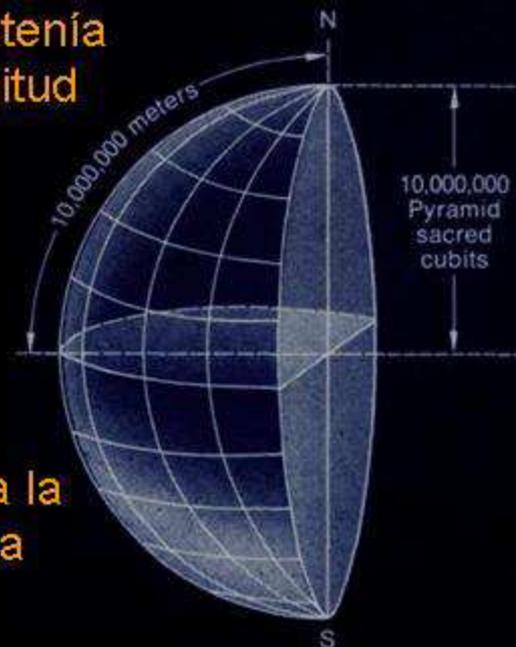
En medio de la polémica con los franceses por la definición del metro como estándar de medida basado en la longitud del meridiano, él sostenía que la referencia debía ser la longitud del eje polar:

Eje polar terrestre = 10^7 yardas.

1 yarda = 2 cúbitos

1 cúbito = 25 pulgadas

La pulgada así obtenida era igual a la de Taylor! (una milésima más larga que la pulgada británica en uso)



Taylor se lanzó a un estudio monumental de las unidades de medida antiguas.

Taylor era un hombre de convicciones religiosas profundas que creía literalmente en el Antiguo Testamento. Esto le llevó a formular una serie de teorías sobre revelaciones divinas a los antiguos que le dejaron prácticamente sin audiencia en la sociedad Victoriana que empezaba a asimilar las teorías de Darwin.



El sucesor de Taylor: Charles Piazzi-Smith (1819-1900) Astrónomo Real de Escocia

Mantuvo una animada correspondencia con Taylor y decidió ir a Egipto a comprobar sus teorías a la muerte de este en 1864. Se llevó a la pirámide los instrumentos más precisos hasta entonces.

Fue muy bien recibido por **Ismail Pasha**, Que le **proporcionó mano de obra para limpiar cámaras, pasadizos y escombros** en el exterior para poder empezar a hacer medidas precisas.

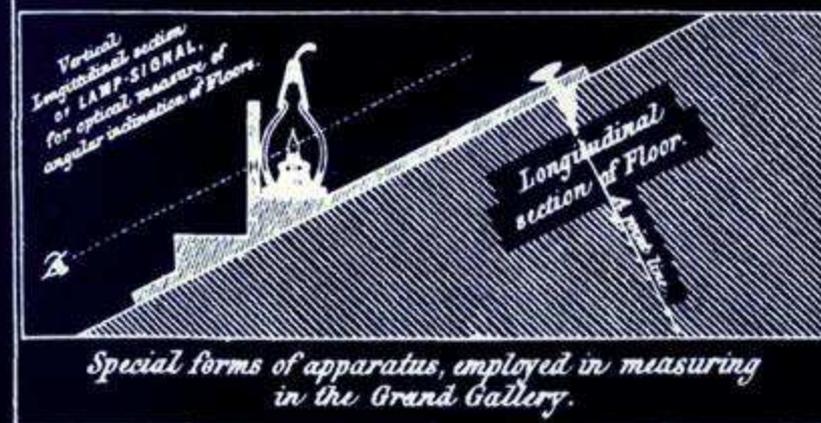
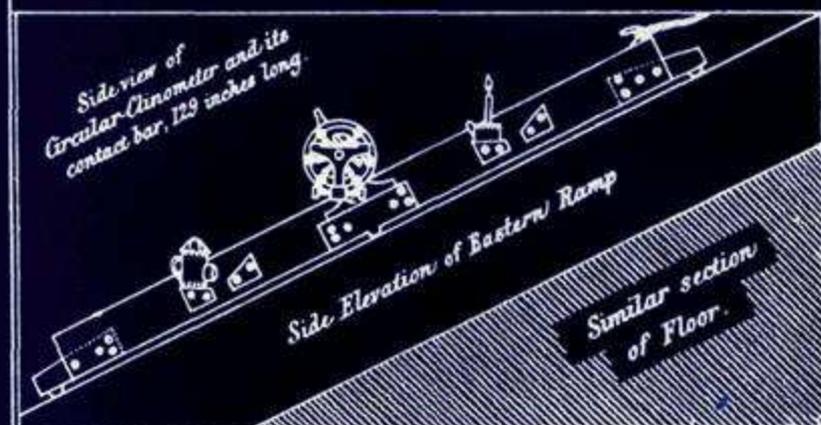
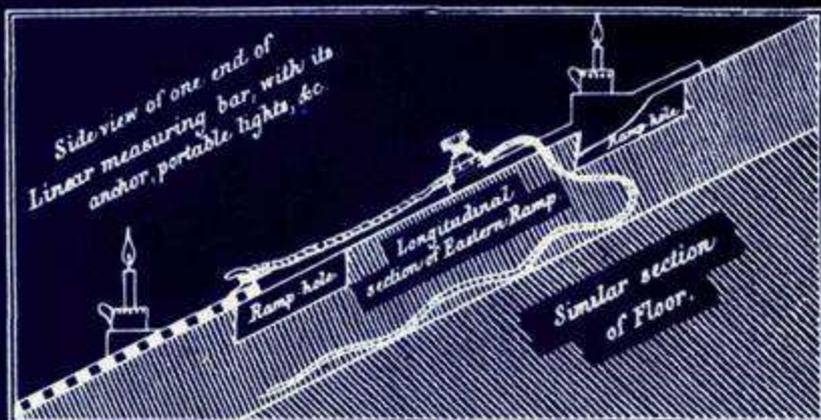
Aún así sus condiciones de trabajo fueron durísimas. Se estableció en una tumba abandonada en la misma planicie de Giza.



1871

→
"Aida"





Los instrumentos de Piazzi-Smith permitían precisiones de 10" y 0.01 pulgadas

Primer análisis realmente sistemático del interior y exterior de la Pirámide

Inclinación del pasillo descendiente: **26°27'**

El sarcófago según él era uno de los mejores estándares lineales y volumétricos

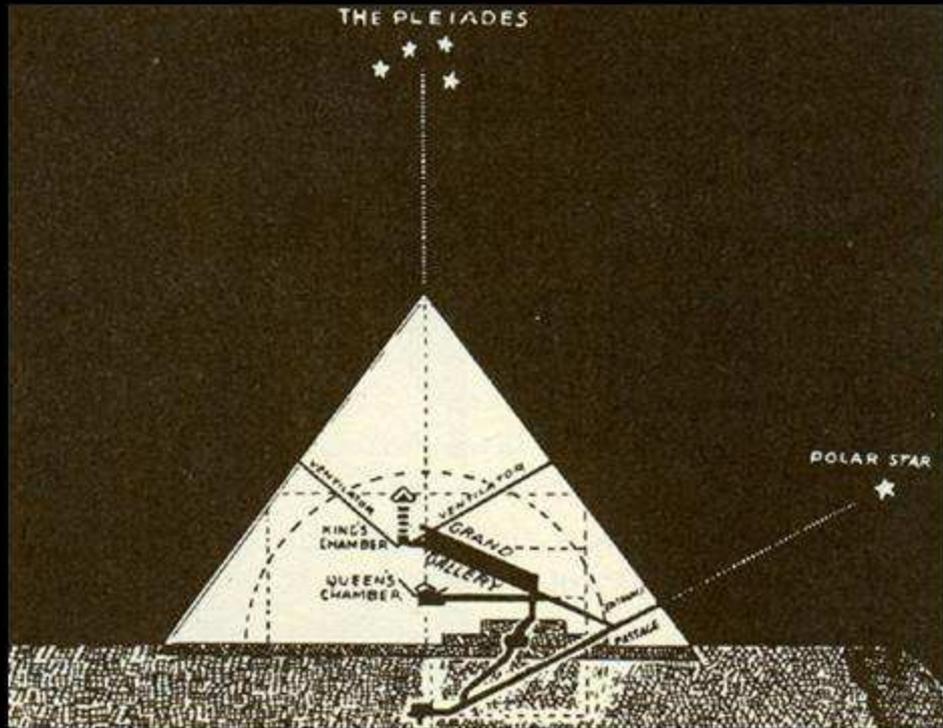
Para establecer la **latitud exacta** del lugar las medidas fueron hechas **desde la cima de la pirámide**, con el fin de que la plomada no se viese afectada por ella.

Latitud: **29°58'51"**

Explicaciones sobre la diferencia respecto a 30°: refracción atmosférica, precesión, geología, esfericidad de la Tierra.



Piazzi-Smith se dejó también llevar por un cierto misticismo en algunas de sus conclusiones



UN EJEMPLO: De la diferencia entre la latitud de la pirámide y la inclinación del pasillo descendiente ($3^{\circ}43'$) derivó como fecha de fundación de la pirámide: **2170 a.C.**

OTRO EJEMPLO: De la altura de la pirámide (unos 148 metros) y su tangente ($10:9$) dedujo que los egipcios conocían la distancia media de la Tierra al Sol !

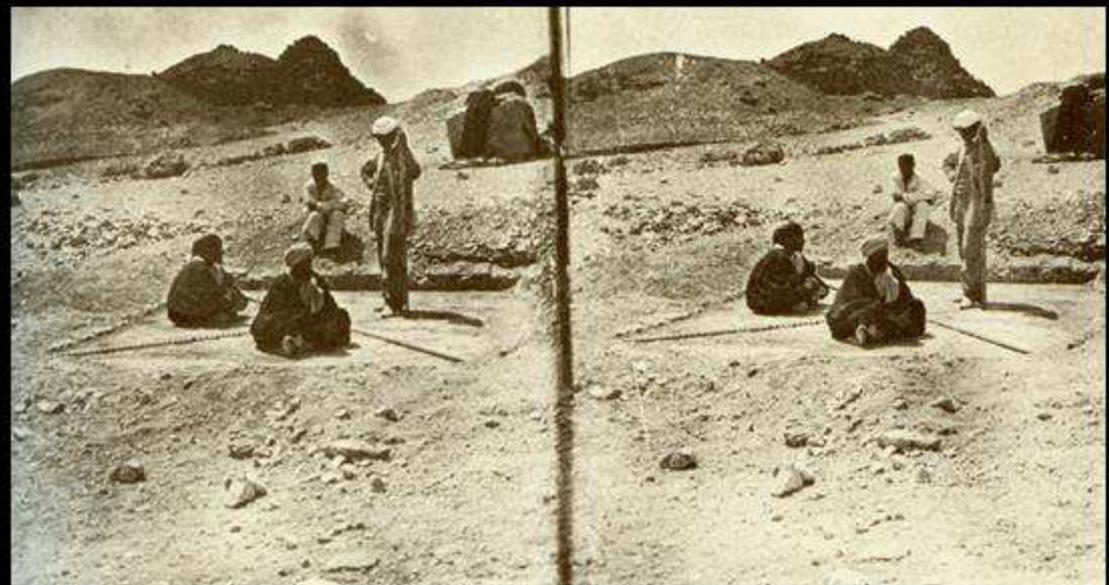
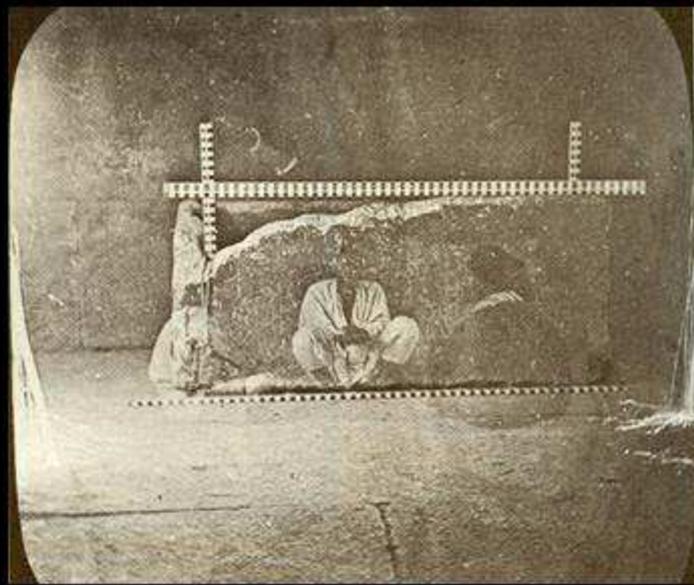
148×10^9 m

Estaba convencido que la pirámide se construyó en base al cúbito sagrado que constaba de 25 pulgadas piramidales de cual los británicos heredaron la suya:

1 pulgada piramidal = 1.00106 pulgadas británicas

Además la base de la pirámide según él contenía exactamente el número de cúbitos reales correspondientes al número de días del año: 365.242

365.242 cúbitos sagrados $\times 25 = 9131.05$ pulgadas piramidales = 9140.73 pulgadas británicas



Medida realizada por Inglis y Aiton a encargo de Piazzzi-Smith: **9110 pulgadas**

Medida de Howard-Vyse: **9168 pulgadas**

Promedio de ambas medidas: **9139 pulgadas** \equiv **365.2 días !**

Piazzzi-Smith recibió la medalla de oro de la Real Sociedad de Edimburgo

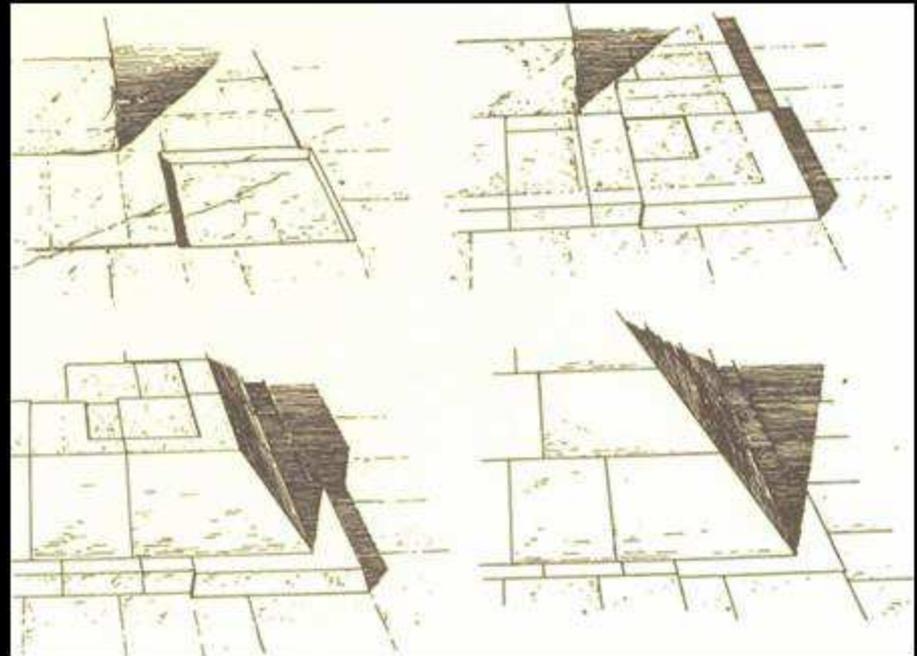
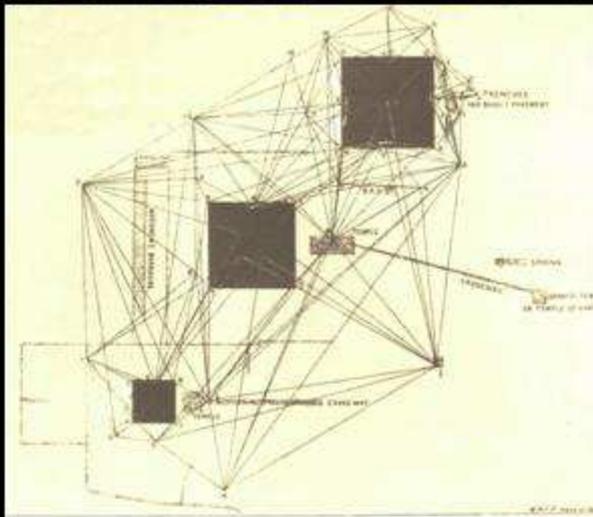
Publicó un libro de 1600 páginas titulado "*Life and Work at the Great Pyramid of Jeezeh during the Months of January, February, March and April, A.D. 1865*", que contenía pasajes como el que sigue:

"The Bible tells us that in very early historic days, wisdom, and metrical instructions for buildings, were occasionally imparted perfect and complete, for some special and unknown purpose, to chosen men, by the Author of all wisdom."

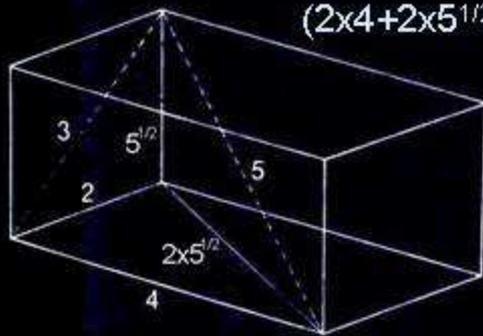


Un Egiptólogo de prestigio entra en escena: Sir William Flinders Petrie

Fascinado con las ideas de Greaves, Burattini, Taylor y Smith, de la existencia del cúbito sagrado como unidad básica de diseño de la Gran Pirámide, con 26 años decidió ir a hacer sus propias medidas.



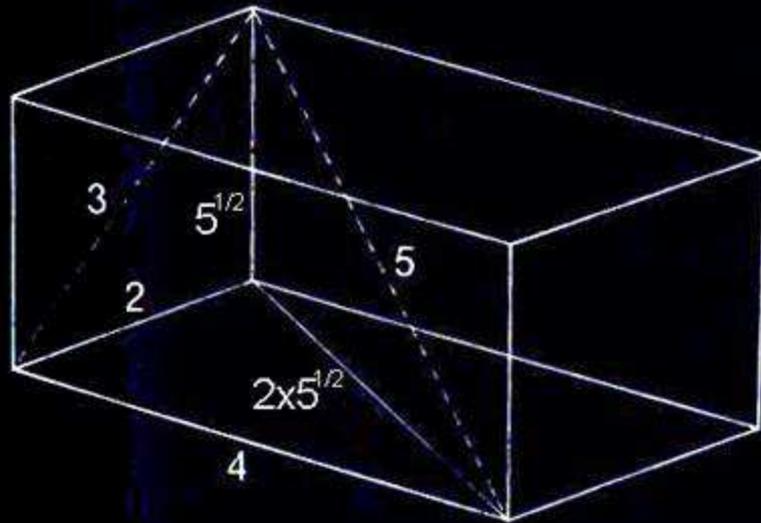
$$(2 \times 4 + 2 \times 5^{1/2}) / 4 = 3.118$$



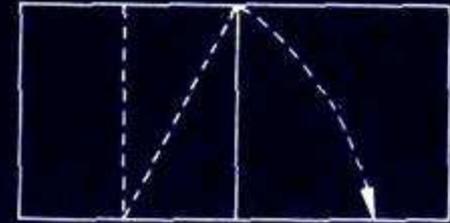
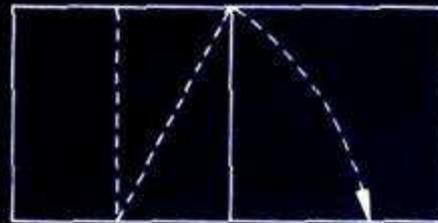
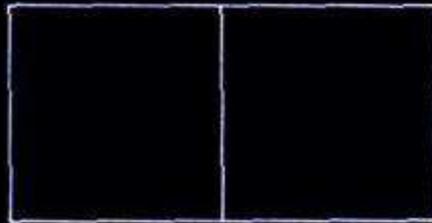
Base de Piazza-Smith: 9140 inch, Petrie: 9069 inch = 362.76 días

Petrie concluyó que la unidad básica era el cúbito real (profano) con base 440 y altura 280: $\pi = 22/7 = 3.14285$

La Relación de Oro: ϕ



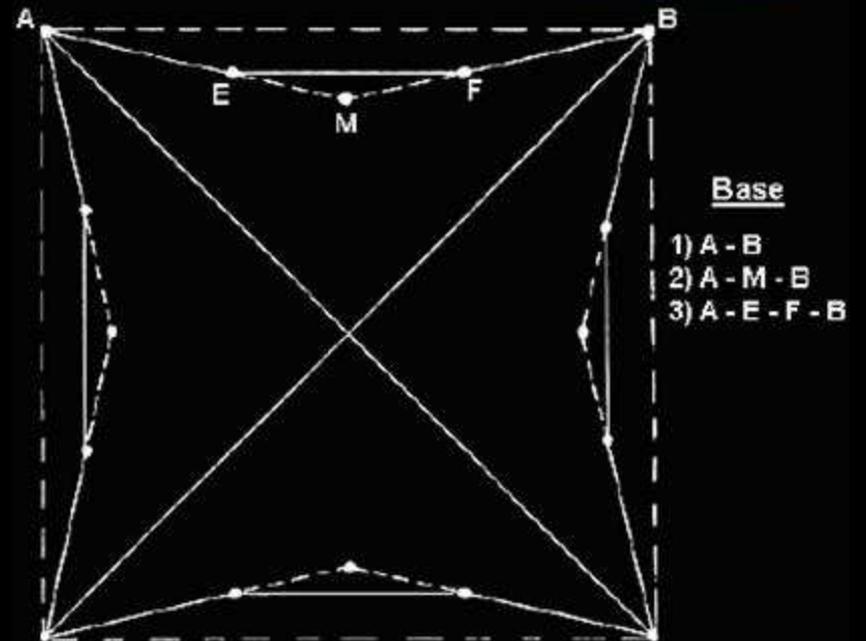
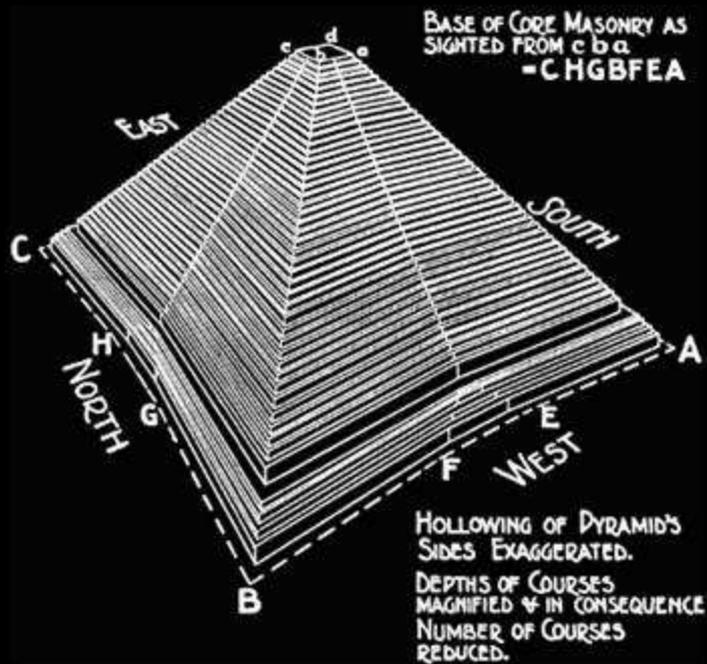
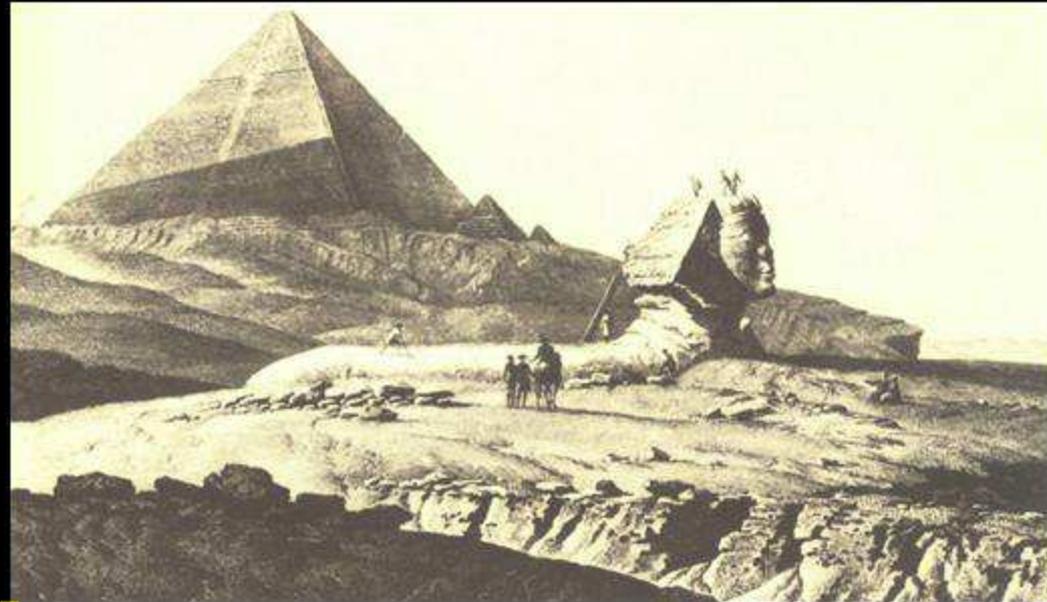
$$\frac{AB}{AC} = \frac{AC}{CB} = 1.618.$$



$$\phi + 1 = \phi^2$$

$$\phi = (1/2) + 5^{1/2}/2$$

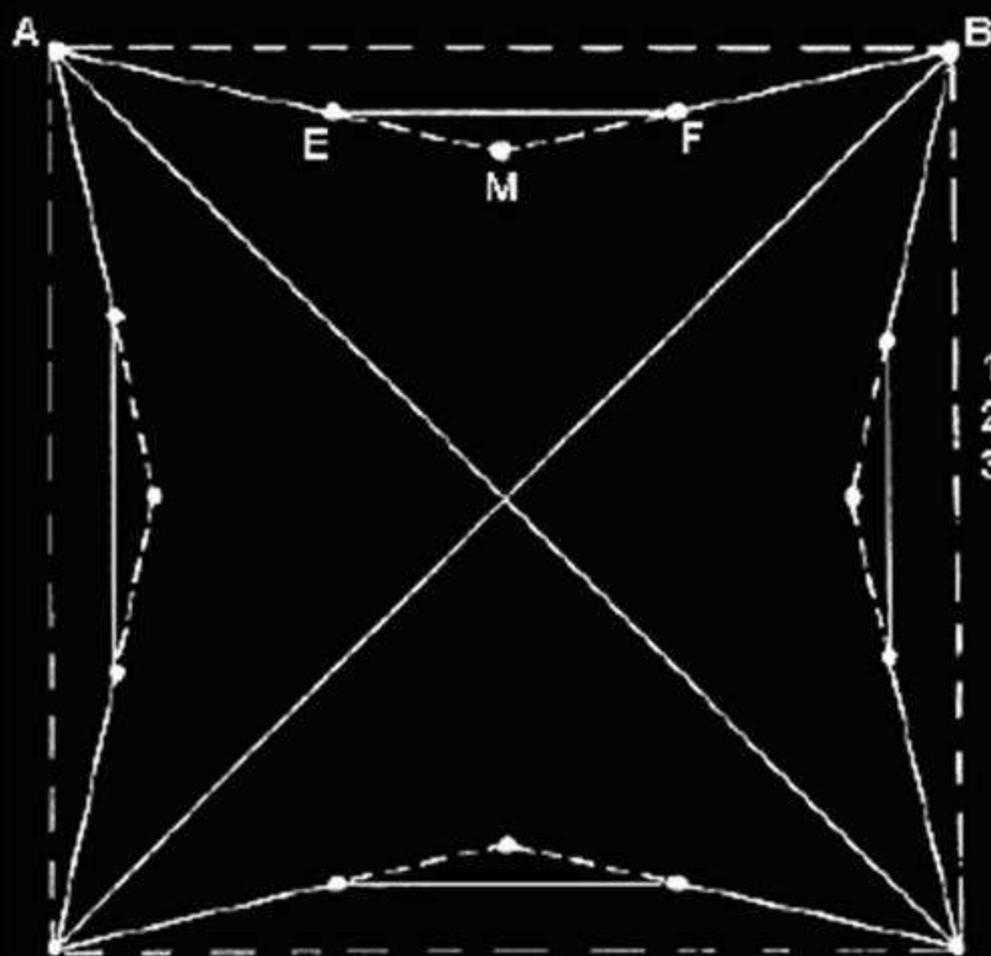
David Davidson: Un agnóstico que resucitó las tesis de Piazzzi-Smith



Según Davidson, la medida de Petrie del segmento AB había que corregirla teniendo en cuenta que el revestimiento exterior estaría algo más lejos de lo que él supuso. Una vez hecha esta corrección, la longitud de la base quedaba así:

9141.4 pulgadas británicas = 9131.5 pulgadas piramidales = 325.26 cúbitos sagrados

El valor verdadero: 365.2242 estaba dentro de los márgenes de error



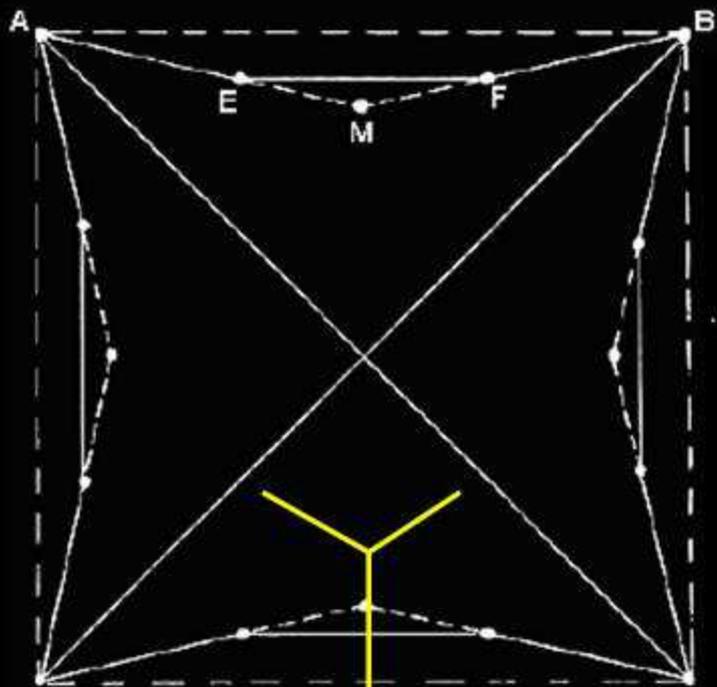
Base

- 1) A - B → Año solar
- 2) A - M - B → Año anomalístico
- 3) A - E - F - B → Año sidéreo

Año solar: 365.2242

Año sidéreo: 365.25636

Año anomalístico: 365.259635

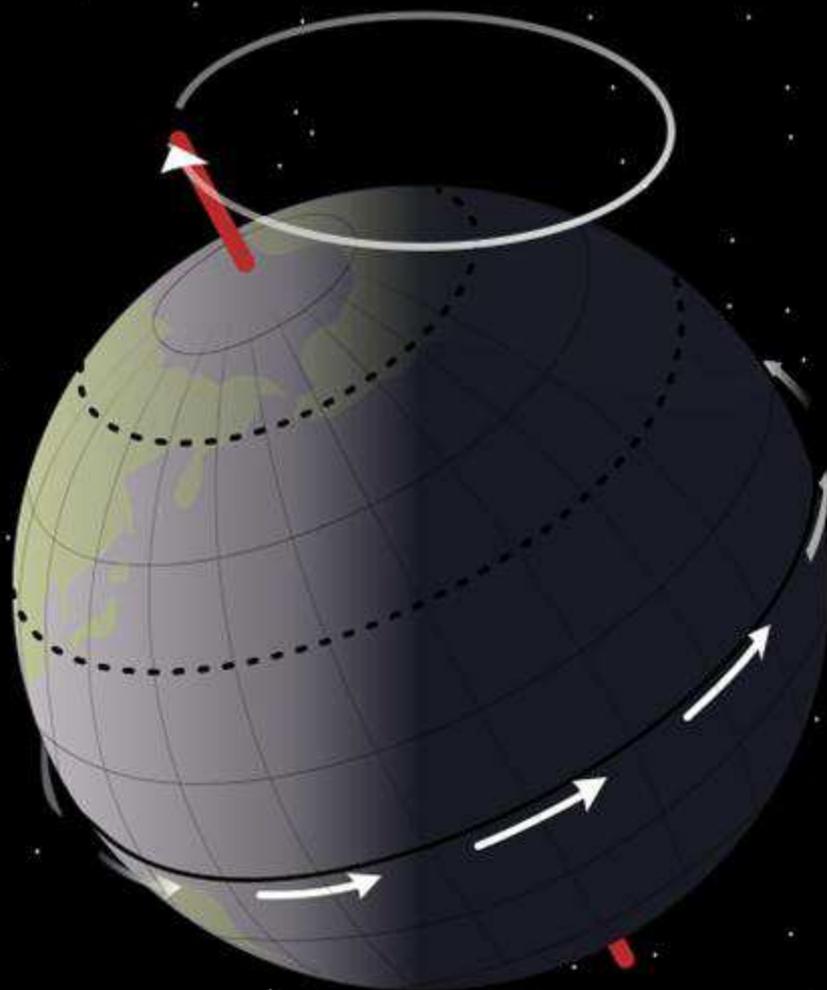


25876 pulgadas piramidales

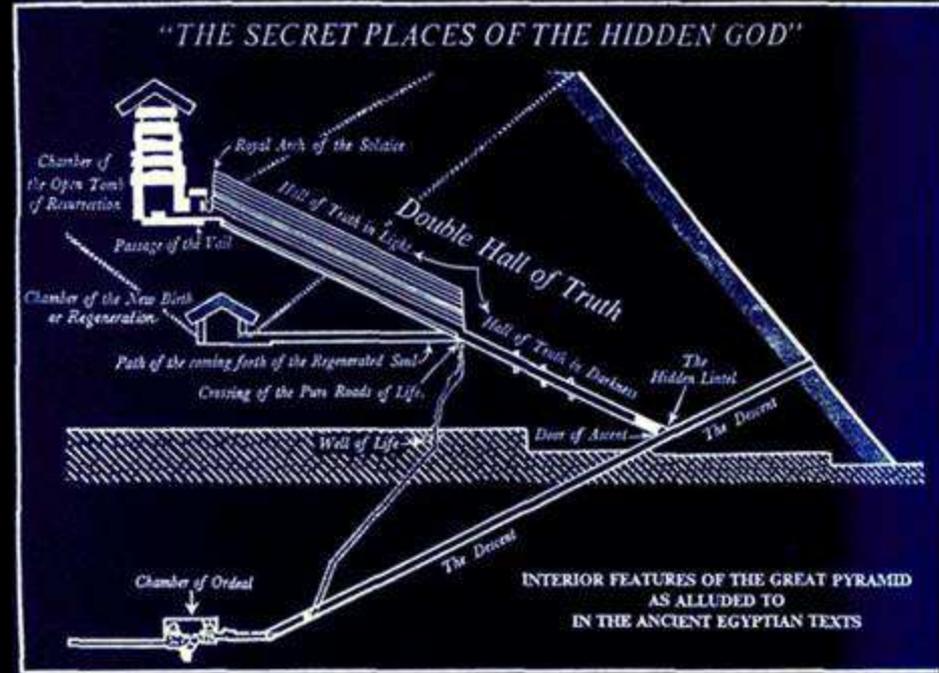
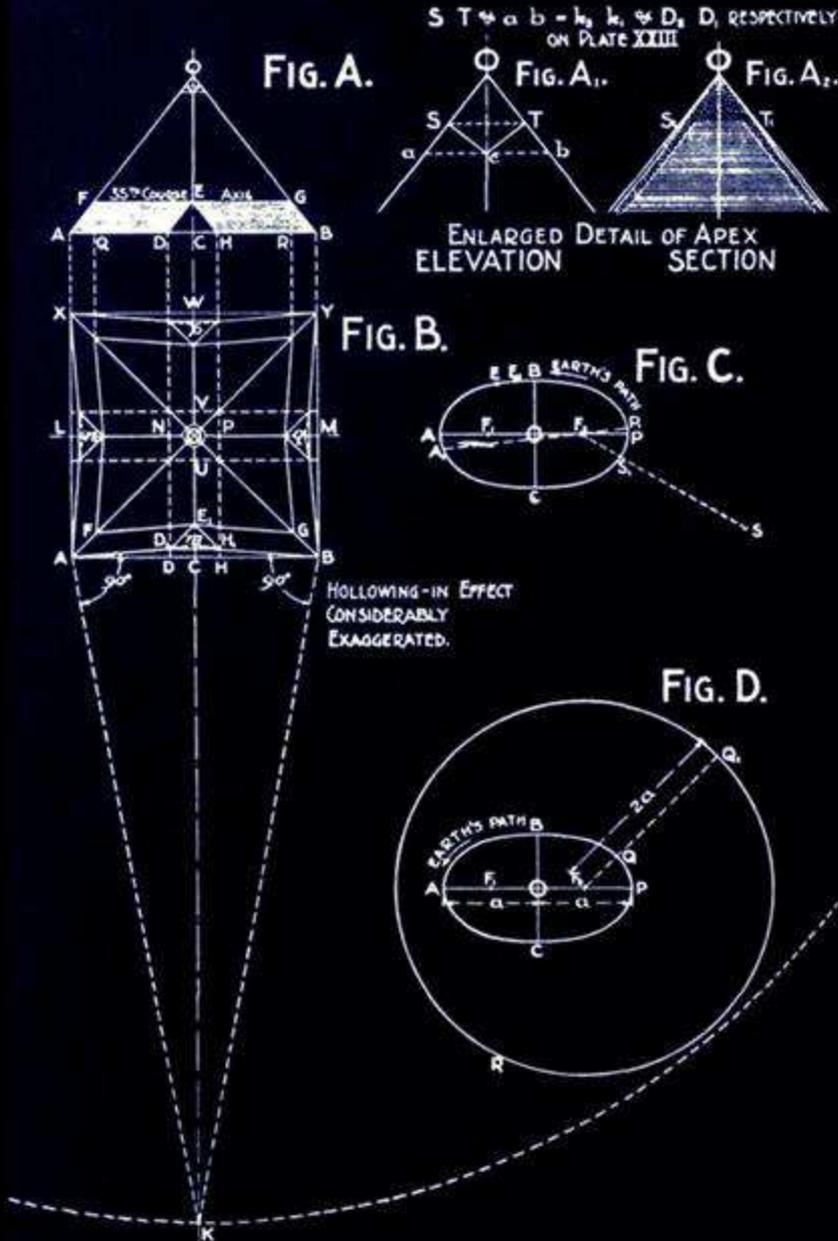
Prácticamente igual al
perímetro de la fila 35



~ 25780 años

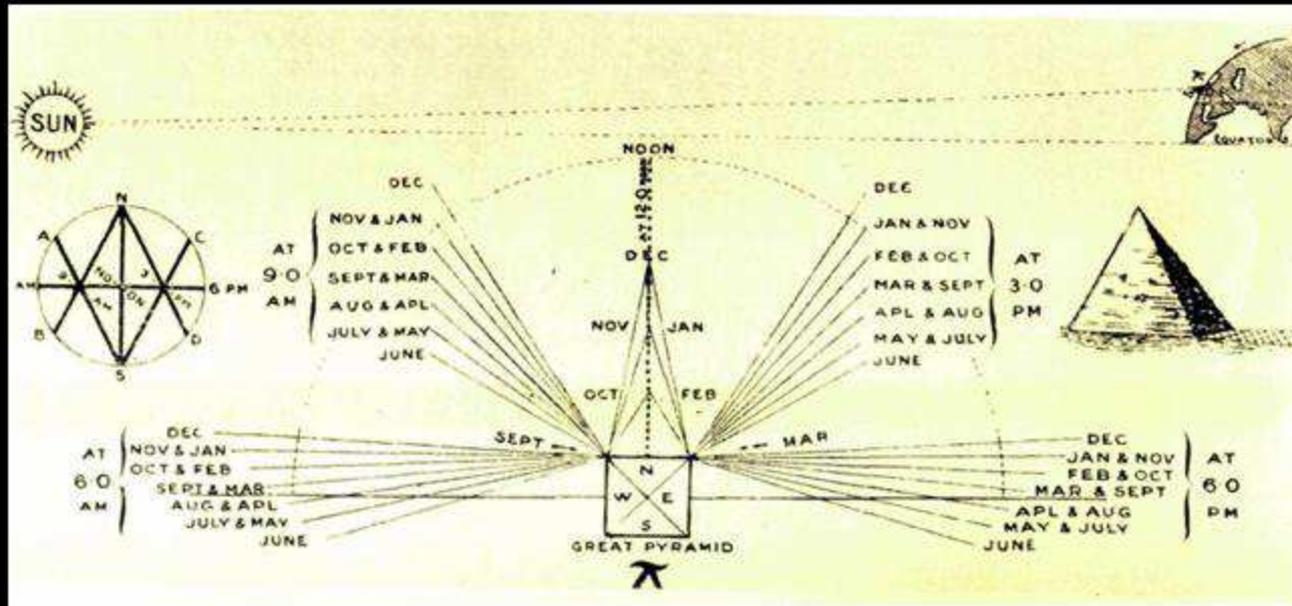
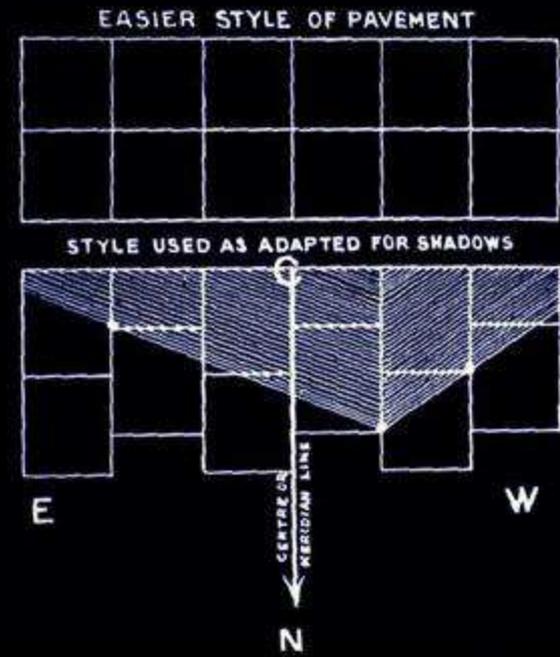
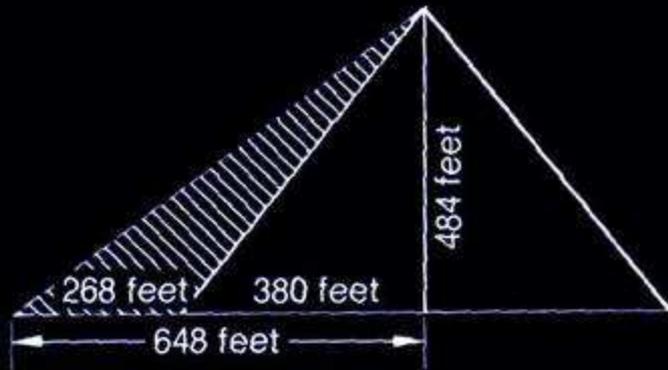


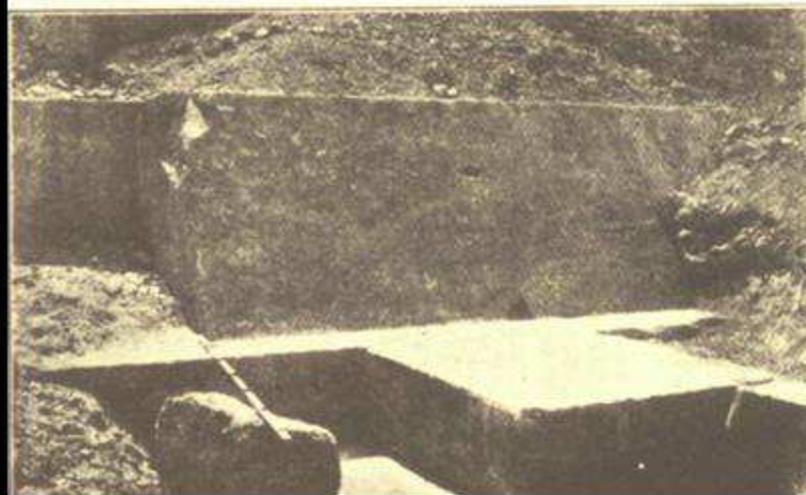
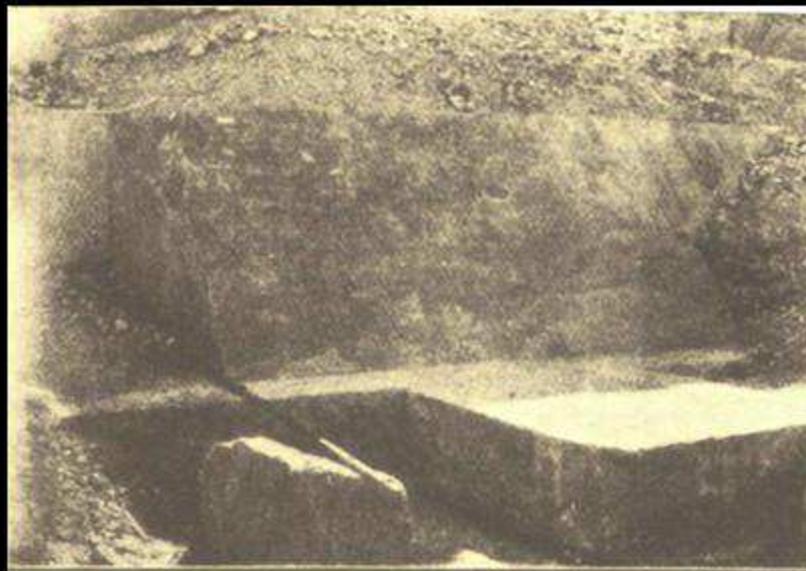
Las teorías proféticas de Piazzi-Smith, Menzies, Davidson and Edgar llenaron miles de páginas y fueron objeto de los más agrios debates



La Gran Pirámide y la medición de la duración del año

Moses B. Cotsworth (1859-1943) padre del *International Fixed Calendar*





Según palabras del propio Cotsworth: "...the ancient priest could have established by physical observation of the shadow on the flagstones, the precise length of a year to .24219 of a day."

CONCLUSIONES

- La Gran Pirámide fue el **culmen arquitectónico del Antiguo Egipto**. Llegó sorprendentemente tras el reinado de Snefru, que parece que fue constructor de hasta tres pirámides encontrando enormes dificultades.
- La Gran Pirámide **se mantuvo bastante bien hasta el siglo XIII**.
- Por desgracia, **el pillaje de su revestimiento externo** es el factor clave que impide hoy en día verificar algunas sugerentes teorías sobre su diseño.
- Está bien establecido que los números **π y φ** , de alta importancia matemática están incorporados en su diseño, aunque no está claro que esto haya sido deliberado.
- La **unidad de longitud** usada fue con toda seguridad el cúbito real (profano) equivalente a 20.63 pulgadas británicas o 52.40 cm.
- El uso de un **cúbito sagrado** de 25 pulgadas piramidales o 25.025 pulgadas británicas (63.56 cm), que además sería la base para definir la duración del año y el eje polar terrestre en la base y la altura del edificio es **muy incierto**.
- Parece bastante claro que las sucesivas generaciones de egipcios pudieron medir la **duración del año con exactitud estudiando la sombra** proyectada por las pirámides. De hecho Julio César tuvo noticia de la corrección bisiesta en Egipto.