

LA PIRÁMIDE DE QUEFRÉN

ALEJANDRO RICART CABÚS
Sociedad Catalana de Egiptología

RESUMEN

El presente trabajo aborda el posible sistema constructivo utilizado por los antiguos egipcios para edificar la segunda pirámide de Guiza, atribuida al rey Quefrén.

Por sus grandes dimensiones, esta obra, presenta el mismo problema constructivo que la pirámide de su padre Quéope; pero por su mayor elevación y proximidad a las canteras situadas al sudeste de Micerino, límite de posibles rampas, los condicionantes son mayores todavía que los que hubo de superar su antecesor.

La solución adoptada sería la misma que permitió construir la Gran Pirámide, de acuerdo con mi teoría mecánica [RICART, 1995, pp. 223-273], pero desplazando hacia la base toda la estructura de cámaras superiores.

ABSTRACT

The present job deals with the possible construction methods used by the Ancient Egyptians to build the second pyramid at Giza, attributed to King Khafre.

Because of its large size, this work presents the same construction problems as those of the pyramid built by King Khafre's father, Cheops (Khufu). Nonetheless, because of its higher elevation, proximity to the quarries located to the south-east of Menkaure and limitation of possible ramps, the obstacles were even greater than those that his predecessor had to overcome.

The solution used would be the same one that allowed the construction of the Great Pyramid, in accordance with my mechanical theory [RICART, 1995, p. 223-273], but with the entire system of upper chambers being displaced towards the base.

De esta forma, la cámara mayor que conocemos en Quefrén, se correspondería con la Cámara de la Reina de la pirámide de Quéope y las homólogas a la Gran Galería y Cámara del Rey, permanecerían todavía ocultas en el núcleo de mampostería, en los niveles superiores correspondientes.

Esta teoría se contrapone a la opinión más generalizada entre los egiptólogos, que consideran total-mente macizo el cuerpo de la pirámide, y asignan una función exclusivamente funeraria al conjunto de cámaras y pasajes conocido.

In this manner, the large chamber that we know in the Khafre Pyramid would correspond to the Queen's Chamber in the Cheops Pyramid, and the others corresponding to the Grand Gallery and the King's Chamber would remain hidden in the heart of the construction on the corresponding upper levels.

This theory is in opposition to common opinion among Egyptologist, who consider the body of the pyramid to be completely solid, and assign an exclusively funerary function to the known series of chambers and passages.

Palabras clave: Arquitectura, Egipto, Pirámide de Quefrén.

1. El Rey

La construcción de la segunda mayor pirámide de Egipto, se atribuye al faraón Quefrén, hijo de Quéope y de la reina Henutsen. Con nombre personal de *Jafre* y con el nombre de Horus *Useryeb*, fue el cuarto rey de la IV Dinastía; período de tiempo comprendido entre el 2723-2563 a.d.C., según Drioton & Vandier, ó 2600-2480 a.d.C. según A. Scharff.

Parece ser que Quefrén no heredó el poder directamente de su padre, sino después del breve reinado de su hermanastro Dyedefre¹.

Manetón de Sebenito² le denomina Sufis y le asigna un reinado de 66 años. Herodoto y Diodoro de Sicilia le llaman Quefrén y le atribuyen 56 años de gobierno que, junto con los 50 de Quéope, constituyen un período de 106 años durante los cuales el pueblo egipcio vivió en total miseria y opresión a causa de la construcción de las dos grandes pirámides [HERODOTO, 1968, II, CXXVIII, p. 170 y DIODORO, 1865, LXIV, p. 75].

Esta imputación de los autores clásicos, es desmentida por el hallazgo de sus nombres grabados en algunos bloques de granito que formaban parte de un templo en Bubastis [GARDINER, 1994 p. 91].

2. Descripción de la pirámide

Emplazamiento [Fig. 1 y 2]

Se halla situada sobre la meseta de Guiza, al sudoeste de la pirámide de Quéope; aproximadamente en la prolongación de la diagonal y hasta una separación entre centros de 486,87 m.

La distancia entre centros en sentido norte-sur, es de 354 m.

La distancia entre centros en sentido este-oeste, es de 334 m.

La base ocupa una posición más alta respecto a la pirámide de Quéope; exactamente 10,11 m. según las mediciones del coronel Howard-Vyse³, que siguen siendo válidas [HOWARD-VYSE, 1849, II, p. 148].

Orientación

Los arquitectos italianos Maragioglio y Rinaldi, en base a las precisas mediciones de Petrie⁴, dan un acimut respecto al centro de la pirámide de Quéope de 223° 17' 52" [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, p. 45].

Acimut: 5' 26" hacia el oeste, con un margen de error de 33" de ángulo.

La orientación media de la plataforma terminal es de -3' 46" respecto al norte.

Petrie constata un error de construcción del que resulta una torsión en la cima de la pirámide, en sentido horario, equivalente a 1' 40" de grado.

Dimensiones de la obra [Fig. 3]

Según Petrie:

Lado norte: (pulgadas)	8.471,9" =	215,186 m.	(acimut) -5' 31"
Lado este :	8.475,2" =	215,270 m.	-6' 13"
Lado sur :	8.476,9" =	215,313 m.	-5' 40"
Lado oeste:	8.475,5" =	215,277 m.	-4' 21"
Media:	8.474,9" =	215,262 m.	-5' 26"
Angulo con la base:	53° 10' ± 4'		
Altura:	5.664" ± 13" =	143,865 m.	

[PETRIE, 1990, p. 32].

De ello se deduce un volumen comprendido entre los 2.219.577 m³ y los 2.222.125,77 m³. Perring calcula un volumen de 2.029.468,6 m³ debido a pequeñas diferencias de longitud en el lado de la base y a que asigna a las fachadas un ángulo mucho más agudo: 52° 20' [PERRING, 1839, lámina IV].

Es posible que la semisección de la pirámide responda al triángulo pitagórico: 3-4-5; considerado *sagrado*.

Exploración

Se cree que la pirámide fue violada durante el Primer Período Intermedio; época de decadencia y anarquía situada entre las Dinastías VI y XII de Manetón.

Hasta 1818, año en que Belzoni⁵ descubrió la entrada superior, se desconocía si su interior albergaba cámaras ocultas. Incluso Herodoto, en el siglo V a.d.C., dice al respecto:

“Carece aquella de edificios subterráneos, ni llega a ella el canal derivado del Nilo que alcanza a la de Quéope” [HERODOTO, 1968, II, p. 170].

Pero cuando Belzoni penetra en la cámara funeraria descubrió que en la pared occidental había una inscripción árabe que venía a decir:

“El maestro, Mohammed-Ahmed, cantero, las ha abierto, y el maestro Othman ha estado presente, y enseguida el rey Alij-Mohammed, hasta su oclusión” [BELZONI, 1979, p. 213].

Puesto que el califa Alij-Mohammed fue el hijo y sucesor del famoso Saladino, es posible afirmar que la pirámide de Quefrén no había sido abierta desde el año 1200 aproximadamente.

La primera investigación científica sobre la obra se debe al coronel Howard- Vyse y a su ayudante técnico el ingeniero J.E. Perring, efectuada en el año 1837.

Fue descrita por Lepsius. Medida y estudiada por Petrie en 1880, Uvo Hölscher en la expedición alemana de Erns von Sieglin de 1909 y 1910 y Selim Hassan de la Universidad de El Cairo entre 1929 y 1935.

A Mariette se debe el descubrimiento de la famosa estatua de Quefrén esculpida en diorita, sepultada en el templo del valle y que hoy se conserva en el Museo de El Cairo.

En 1967 el Dr. Luis Alvarez, premio Nobel de Física de 1968, realizó un infructuoso sondeo del interior de la pirámide, en base a la variación que deberían experimentar los rayos cósmicos a su paso a través de la masa del cuerpo de la pirámide, si en ella hubiera espacios vacíos⁶.

Constitución

Gran parte de la roca viva de la meseta fue cortada formando terrazas e incorporada en la base de pirámide.

La mampostería del núcleo, construida con sillares de piedra caliza fósil, no está tan bien aparejada como en la pirámide de Quéope. Las juntas entre sillares son anchas y a menudo carecen de mortero. Fue revestida de piedra caliza de Tura⁷, a excepción de la primera hilada de la base que es de granito oscuro. El testimonio de Herodoto en este aspecto es exacto al decir que, a diferencia de su padre, Quefrén, fabricó la base de mármol etiópico veteadado.

Su recubrimiento pétreo fue arrancado en tiempos del sultán Hasan (1347-1361) y sus sillares utilizados en la construcción de El Cairo.

Debido a los frecuentes accidentes ocasionados por el desprendimiento de piedras, conserva todavía los últimos 40-45 m. de revestimiento; aunque falta el ápice, de modo que la pirámide finaliza con una pequeña plataforma.

Accesos

La pirámide presenta dos entradas emplazadas ambas en la cara norte, sobre un mismo plano, paralelo y desplazado de la apotema 12,45 m. La entrada superior se halla situada sobre la mampostería del núcleo y a una altura de 11,54 m. del zócalo. La inferior se localiza en la base, entre el pie de la pirámide y el muro perimetral que antaño rodeaba la pirámide.

A unos 8,5 m. del suelo y en el centro de la cara norte, aproximadamente, existe una galería excavada por ladrones. La brecha se prolonga con trayectoria irregular hasta desembocar, sorprendentemente, en el extremo final del tramo de piedra caliza que presenta el corredor llano superior a nivel del foso. El estado actual de este conducto se debe probablemente a excavaciones sucesivas y practicadas en diferentes épocas. Debido a la mala conformación del núcleo de mampostería (juntas anchas sin mortero) resultaba peligroso agrandar dicho boquete. Incluso Belzoni desistió en su propósito.

Pasaje Superior

El pasaje superior tiene una sección de 1,25 m. de alto por 1,05 m. de ancho. Se prolonga con pendiente de 26° 30' (26° 35' según Hölcher) por una longitud de 31,7 m. en el techo, a partir del estado actual de la mampostería. Originalmente desde el revestimiento, su longitud sería de 37 m. Le sigue un tramo llano de 2,57 m. provisto de un cierre de guillotina de 30 cm. de ancho por 1,83 m. de alto. El suelo dispone de un rebaje para que encaje la losa de cierre. Belzoni hubo de levantar esta compuerta de piedra para proseguir en su exploración.

Hasta aquí, el pasaje está constituido por grandes bloques (2 y 3 m.) de granito rojo muy bien trabajados. El conducto prosigue horizontal, aunque con mayor altura: 1,78 m., pero con paredes y techo de piedra caliza blanca en una longitud de 8,61 m.; presentando grandes bloques la pared oeste respecto a la pared este. El suelo está formado por la misma roca viva del subsuelo. En un tramo de 2 m., las paredes se estrechan 5 cm. al este y 8 cm. al oeste. Este corredor finaliza por la presencia de una fosa que comunica con la parte ascendente del corredor inferior. Esta comunicación ya se produce algo antes a través de un estrecho pozo del cual Belzoni no se percató debido a que, en su tiempo, estaba recubierto de piedras. Fue el coronel Vyse quien lo destapó.

Salvando la fosa, el pasaje prosigue de forma horizontal excavado en la roca del subsuelo en una longitud de 39,35 m. que conduce de forma perpendicular a la cámara principal. La sección de este pasaje es de 1,04 m. de ancho y 1,8 m. de alto. Un tramo de 12,27 m. de este corredor está formado o recubierto de sillares de piedra caliza, probablemente debido a un posible mal estado de la roca en esta parte. El suelo del corredor presenta una ligera pendiente hacia el norte a partir de la cámara, y hacia el sur a partir de la confluencia de los pasajes superior e inferior [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, p. 57].

Cámara funeraria

La cámara subterránea principal, considerada la cripta de Quefrén, está excavada en la roca a excepción del techo que lo forman 17 pares de vigas de piedra caliza en disposición de gablete y en ángulo de 34° 10' según Vandier. Perring, tal como había hecho en la Cámara de la Reina de la Gran Pirámide, excavó siguiendo la trayectoria de una de las vigas a través de la pared. Comprobó que en este punto la viga penetraba 2,67 m. y su espesor era de unos 2 m. Es muy probable, pero no seguro, que sobre este techo existan otros similares tal como se constata en las cámaras funerarias de las pirámides de la V y VI Dinastía en Saqqara y Abusir; de otra forma no se comprendería

como las vigas podrían soportar una presión superior a las 30 atmósferas por cm^2 .

La cámara es de planta rectangular, de 4,97 m. de norte a sur y 14,15 m. de este a oeste. La pared occidental mide 4,99 m. en lugar de 4,97 m. Su posición respecto al centro de la pirámide es de 1,17 m. al norte y 1,19 m. al este, totalmente dentro del cuadrante nordeste⁸.

La altura varía según autores:

Petrie:	5,24	de pared y	6,21	en la parte más alta del gablete del techo.
Perring:	5,87	"	6,83	" " " "
Vandier:	5,24	"	6,84	" " " "

Las diferencias pueden deberse al cambio de nivel del suelo; así los primeros 4,89 m. de la zona este, están a nivel de la cota "0" y los restantes, a - 40 cm. puesto que falta el pavimento que fue desalojado por Perring. El enlosado era de piedra caliza y granito y, aunque dislocado, existía todavía cuando Belzoni penetró en la cámara, tal como se observa en el dibujo que ilustra su descripción.

La entrada a la cámara queda situada sobre la pared norte y distanciada 2,65 m. de la pared este. Carece de sistema de bloqueo o protección.

Sobre la pared norte y sur, a 5,04 m. de la pared este y a una altura de 3,91 m., existe un hueco de sección rectangular de 29 x 25 cm., con una profundidad de 30 cm. Hay otro dibujado en una posición inferior (2,02 m.) Ambos quedan alineados verticalmente en el límite del cambio de nivel del pavimento. Se desconoce su función. Algunos autores, entre los que se encuentran Petrie y Borchardt, opinan que se trata del inicio de respiraderos semejantes a los que hay en la pirámide de Quéope; pero, como muy bien apuntan Maragioglio y Rinaldi, resulta evidente la imposibilidad de conseguir por esculpido conductos tan largos y estrechos. Creerlo así, sería atribuir una gran ingenuidad a los antiguos constructores egipcios [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, Obs. 20, p. 111].

Se observa también una cavidad rectangular junto a la pared sur, de 76 cm. en sentido este-oeste y de 72 cm. de norte a sur. Su profundidad es de 70 cm. Por el dibujo de Belzoni se puede comprobar que el hueco estaba destapado y situado a nivel del desaparecido pavimento. Desde el punto de vista funerario, se le atribuye la misión de albergar los vasos canopes; es decir los recipientes destinados a contener las vísceras del difunto.

Sarcófago

Ocupa una posición paralela a la pared oeste. Fue construido a partir de un bloque de granito y colocado a ras del suelo. De él, únicamente sobresalía la tapa que se deslizaba guiada por ranuras en forma de media cola de milano; divergentes, las laterales, para facilitar la introducción de la misma. Sus medidas son de 263 x 107 x 97 cm. en el exterior y 215 x 75 x 74 cm. en el interior.

El cofre presenta dos taladros cuya función parece ser la de fijar la tapa por medio de varillas metálicas cilíndricas. Para explicar la presencia de cera en el interior de estos orificios, Borchart sugirió que podría proceder de las velas de iluminación utilizadas por los saqueadores. Pero la opinión más aceptada es que fue introducida por los antiguos egipcios para impedir que las varillas pudieran caerse durante la manipulación y transporte del sarcófago.

Pasaje Inferior

Fue excavado en la roca y posteriormente estucado. Siguiendo de sur a norte, tiene una pendiente media de $21^{\circ} 40'$ a lo largo de 24,40 m. La altura en perpendicular a la pendiente oscila entre 1,21 y 1,23 m. Su anchura es de 2 codos o 1,05 m. Se constata que en algún momento fue cauce de una inexplicable corriente de agua.

El pasaje prosigue de forma horizontal a lo largo de 15,75 m. con altura de 1,83 m. y 2 codos de ancho (1,05 m.). Finaliza por medio de un cierre de guillotina o compuerta.

En la parte central del corredor llano y en el lado este, existe un ensanchamiento de 3,15 m. de longitud por 1,71 m. de profundidad y 1,03 m. de altura; cuya utilidad parece ser la de permitir o facilitar la introducción de objetos largos en la cámara.

El pasaje adopta, a partir de la compuerta, forma ascendente por 34,15 m. y un ángulo de $22^{\circ} 40'$ (la misma sección del descendente) hasta salir al exterior a nivel del períbolo que antaño rodeaba la base de la pirámide. Esta es la segunda entrada que en tiempos de Belzoni se hallaba obstruida por grandes bloques de piedra caliza de 3 m. de longitud y a lo largo de 11 m., hasta que Perring lo desatascó en 1837.

La segunda cámara subterránea

En la pared oeste, frente al ensanchamiento descrito anteriormente, hay un pasaje de 1,07 m. de ancho por 1,18 m. de alto. Desciende con pendiente de

20° 30' y, con una longitud total de 6,70 m., conduce a una cámara subterránea, más baja que la anterior; cuya utilidad parece que fue servir de almacén.

Esta cavidad, esculpida en su totalidad en la roca viva del subsuelo es de planta rectangular, de 10,41 m. en la pared norte y 10,43 en la pared sur, por una anchura de 3,12 m. al este y 3,10 en el lado oeste. El techo es a dos vertientes y presenta un irregular acabado. La altura de las paredes es de 1,84 m. y la altura máxima en el centro del techo alcanza los 2,61 m.

Según Perring, dispersas en el suelo de la estancia, había numerosas piedras calizas labradas con regular forma. Se ignora cual podía ser su función.

En las paredes de la cámara hay evidencias de haber estado, en algún momento, encharcada de agua hasta una altura de 30 cm. (12") [PERRING, 1839, lámina IV].

3. Anexos

Aunque con variaciones importantes, Quefrén sigue el mismo modelo de estructuras anexas que se observa en las pirámides del Imperio Antiguo anteriores a la suya y que, en mayor o menor medida y número, seguirán repitiendo sus sucesores:

- Un muro perimetral
- Una pirámide satélite
- El Templo Alto
- La Calzada Ceremonial
- El Templo del Valle

A pesar de que se suele atribuir a Quefrén la autoría de la Gran Esfinge, hasta el punto de que se ha querido ver en su enigmática efigie el rostro del faraón, no será descrita en este estudio, dada la incerteza de su origen y la escasa incidencia que su presencia tiene sobre el método constructivo de las pirámides.

El muro perimetral

Alrededor de la pirámide y a una distancia de 10,10 m. de la base en la cara norte, sur y este y a 10,47 m. (20 codos) del lado oeste, se construyó un muro que formaba un largo recinto o peribolo y del cual únicamente han perdurado vestigios. Petrie da como medida de distanciamiento del muro a la

pirámide, 13,42 m. en el lado norte y 13,48 en el lado oeste [PETRIE, 1990, p. 33]. Pero, como dicen Maragioglio y Rinaldi, lo que midió Petrie fue el límite externo del muro. Dichos arquitectos calculan el espesor de la pared circundante en 3,14 m. y una altura de aproximadamente 8 m. [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, p. 73]. El recinto estaba pavimentado con placas de piedra caliza de un grosor que oscilaba entre los 30 y 45 cm. y presentaba ligera pendiente a fin de poder evacuar el agua de lluvia que proporcionaría la extensa superficie de sus cuatro fachadas.

Este enlosado ocultaba la existencia de unas cavidades rectangulares excavadas en la roca a intervalos de 5 m. y a una distancia de 9,5 m. de la base de la pirámide, en todo su alrededor; tal como se observa en la pirámide de Quéope. Se cree que sirvieron para trazar el cuadrado de la base; aunque se desconoce como a partir de ellas es posible lograr tan alto nivel de exactitud en medición y orientación.

La pirámide satélite

A diferencia de Quéope que levantó tres pirámides subsidiarias junto a su flanco este, Quefrén únicamente dispuso la construcción de una, que situó en el lado sur, a una distancia de 28,65 m. de la base y alineada sobre el eje norte sur de su pirámide.

Tanto Petrie como Vyse le prestaron poca atención. Fue explorada por Uvo Hölscher en 1910 y a pesar de su estado ruinoso, es posible deducir un ángulo de la fachada comprendido entre 53° y 54° y la longitud del lado de la base que era de 20,9 m. Un pasaje en pendiente de 31°, de unos 11,5 m. de longitud y 1,05 x 1,05 m. de sección, conduce a la supuesta cámara funeraria de 7,86 x 2,63 x 2,1 m. carente de féretro o sarcófago.

El Templo Alto

Explorado también por Uvo Hölscher y Ernst von Sieglin, se halla situado en el lado este de la pirámide y desplazado 35 cm. de su eje de simetría. Era mucho mayor que el templo de Quéope. Tenía una longitud de 110 m. y 56 m. de ancho. Disponía de un gran patio rodeado de un pórtico formado por numerosas columnas de granito y pavimento de alabastro que albergaba grandes y numerosas estatuas del rey. Cinco capillas y un santuario completaban este inmenso templo, hoy totalmente derruido y expoliado. Las paredes estaban construidas con grandes bloques de piedra caliza fósil recubiertos en su interior por caliza de Tura y gruesas placas de granito en el exterior. Existen numerosos bloques con un peso de 180 toneladas e incluso uno de 425 toneladas.

La Calzada Ceremonial

Es un camino en rampa de 494,6 m. de longitud y unos 5 m. de ancho, creado para unir el Templo Alto con el Templo del Valle, salvando un desnivel del orden de 49,6 m. Parte del primer templo, en dirección sureste, con un acimut de 106° 20' al este (Hölscher) y lo flanquean dos paredes con una altura de 3 codos y una anchura de 6. Dos caminos de 5 m. de ancho discurren paralelos a la calzada.

El Templo del Valle

Descubierto por Auguste Mariette en 1852. Petrie lo confundió con parte del Templo de la Esfinge, que está junto a él, separado únicamente por un estrecho pasaje. Fue Hölscher quien averiguó que en realidad se trataba del Templo del Valle de Quefrén.

Está relativamente bien conservado. Sus paredes de piedra caliza fueron recubiertas de granito y alcanzaban una altura de hasta 13 m. Su base es de planta cuadrada, con dos entradas y mide 44,6 m. de lado. Una gran sala hipóstila con 16 pilares de granito, de más de 4 m. de altura que sostienen arquivoltas también de granito, ocupa toda la parte central. Su diseño y acabado es de lo más simple y sobrio pero a la vez transmite una imponente sensación de grandiosidad, determinación y poder.

Veintitrés estatuas de Quefrén esculpidas en diorita, semejantes a la que se conserva en el Museo de El Cairo, se distribuían alrededor de esta sala.

4. Justificación de su diseño interior

La especial estructura de cámaras y pasajes que presenta la pirámide de Quefrén resulta sumamente desconcertante para los investigadores; tanto desde un punto de técnico como funerario: La existencia de una segunda cámara menor, subterránea, emplazada muy cerca del lado norte; el hecho de que ambos pasajes confluyan en un mismo corredor que conduce a la cámara principal y que muy cerca de esta conexión se diera la necesidad de practicar un irregular pozo, constituyen aspectos que hacen muy difícil emitir una hipótesis coherente y convincente.

A Edwards le parece creíble que la cámara secundaria fuera la cámara funeraria correspondiente a un proyecto anterior, iniciado en su ejecución y modificado con posterioridad. El primer plan contemplaría emplazar la base de la pirámide 60 m. más al norte respecto de la posición que ocupa actualmente.

Este desplazamiento acercaría la cámara al centro de la pirámide, como es usual y el pasaje inferior sería el que hoy es el pasaje superior, y único. Tal como reconoce Edwards hay un aspecto que difícilmente encaja en esta hipótesis:

“Uno de los problemas donde la solución presenta más dificultades es el que pregunta por la finalidad del pasaje ascendente, que reúne los departamentos inferiores al pasaje descendente superior. La única explicación propuesta es que fue utilizado para transferir el sarcófago, de la cámara antigua, a la nueva; pero, ¿porque se tomaron la molestia de excavar otro camino en la roca, habiendo la posibilidad de sacar el sarcófago por el pasaje inferior e introducirlo en su nuevo alojamiento por la parte superior, antes de colocar las vigas del techo?” [EDWARDS, 1992, pp. 172-173].

Maragioglio y Rinaldi disienten de la teoría del corrimiento de la pirámide hacia el norte puesto que, de ser así, no existiría la parte de roca de la propia meseta que se incorporó al núcleo de la fabrica, en el ángulo suroeste de la misma. Se sabe que antes de construir la base los egipcios cortaban la roca externa a la zona perimetral.

Los arquitectos italianos tampoco están de acuerdo en el recorrido del sarcófago propuesto por Hölscher y del que Edwards también manifiesta sus dudas: el cofre de granito no hubiera podido superar el codo que se presenta en el tránsito del tramo llano a la zona ascendente.

Maragioglio y Rinaldi no resisten a la tentación de anunciar una teoría propia sobre este particular, que implica también un cambio en el proyecto original, pero diferente a lo que se ha dicho hasta ahora:

“Tal proyecto habría comportado no solo un simple traslado hacia el sur, como dice Edwards, sino una reducción de la pirámide concebida originariamente con dimensiones todavía mayores que las de Quéope; dejando fija la alineación del lado oeste y sur, y retirando el lado este y norte 30 m. hacia el centro” [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, Obs. 27, pp. 117 -118].

Es decir que Quefrén habría iniciado la construcción de su pirámide, asignándole una longitud de 245 m. a cada lado de la base y una altura de 163,5 m.; superior a la de Quéope en 17 m.

Otro de los aspectos que carece de explicación razonable es la utilidad que podía haber tenido el pequeño pozo que comunica el pasaje inferior con el superior, unos metros antes de que se produzca la confluencia de ambos pasajes. Joward-Vyse, su descubridor, hace el siguiente comentario:

“Ciertamente es un descubrimiento curioso, pero no lleva a otra conclusión sino que hubo de ser construido con finalidad de ventilación durante la excavación de la parte de monumento comprendida en la roca; o quizás fuera cambiado el plan original” [HOWARD-VYSE, 1849, II, p. 161].

Maragioglio y Rinaldi no participan de la idea de Vyse:

“Nuestra impresión es que la excavación del pozuelo obedece a un banal error de medición o cálculo, cometido por el antiguo arquitecto” [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, obs. 23, p. 115].

5. Las teorías constructivas

Todos los sistemas constructivos que se han propuesto para explicar la edificación de las pirámides, tienen como referencia la Gran Pirámide. No existe pues una teoría específica para la construcción de la pirámide de Quefrén. Tal polarización parece lógica, en el sentido de que si un método de solución a lo más difícil, en mayor medida será capaz de resolver lo fácil o menos difícil. Pero el argumento es peligroso puesto que en este caso prejuzgamos lo que es *difícil* y lo que es *fácil* al considerar únicamente como factor decisivo las dimensiones de la obra que, por otra parte, son relativamente parecidas:

En altura era casi 3 metros inferior: $146,513 - 143,7 = 2,813$ m.

El lado de la base mide 15 metros menos: $230,363 - 215,262 = 15,101$ m.

En consecuencia el volumen total de la pirámide es un 14,35% menor:

$$2.591.701,6 - 2.219.577,2 = 372.124,4 \text{ m}^3$$

Es verdad que todas las máquinas elevadoras de sillares que se han ensayado para la construcción de la pirámide de Quéope, se podrían a su vez proponer para resolver el problema de Quefrén; pero también lo es, que persistirían los múltiples inconvenientes señalados al examinar su efectividad sobre la Gran Pirámide. Es decir que las mismas objeciones son válidas cuando trasladamos estos ingenios a la pirámide de Quefrén. No abundaré en ello dado que este aspecto ya fue analizado en *LLull* [RICART, 1995, pp. 223-273].

En cuanto a las rampas, la cuestión es más compleja puesto que; al examinar las posibilidades del plano inclinado y sopesar sus ventajas e

inconvenientes como método de construcción, deberemos tener en cuenta además, las limitaciones impuestas por la particular situación de cada pirámide sobre la meseta y los condicionantes geológicos y arqueológicos.

Si bien Quefrén pudo beneficiarse de la experiencia técnica y administrativa acumulada durante la edificación de la Gran Pirámide; así como de la existencia de algunas infraestructuras reutilizables, lo cierto es que Quéope dejó a sus sucesores escaso margen de maniobra para poder levantar una obra similar a la suya.

La meseta de Guiza es parte de la formación de Mokkatam. No solo constituía la base de cimentación de las pirámides, sino que su piedra caliza fósil sirvió para construir el núcleo de la fábrica o masa de relleno. Pero su morfología no es regular. Para levantar su pirámide Quéope eligió el extremo nordeste de la meseta que geológicamente constituye la mejor zona posible. J. Kerisel dice al respecto:

“Lógicamente Quéope abrió sus canteras junto al valle de Wadi, en la formación calcárea más antigua y más compacta [...] toda esta parte norte de la meseta es de calidad muy superior a la del relieve más variado que se encuentra al sur de Wadi. El promontorio es único por su topografía y su geología: todo estaba destinado a recibir la pirámide más alta de la historia” [KERISEL, 1996, p. 101].

Pero Quéope limitó todavía más las posibilidades de elección de sus sucesores, ocupando totalmente los flancos de su pirámide con las tumbas de familiares, cortesanos y altos dignatarios. Las mastabas se alinean de forma geométrica, haciendo evidente que la necrópolis formaba parte de un plan preestablecido. Por ello Quefrén hubo de levantar su pirámide en una zona situada a 486,87 m. de la Gran Pirámide (entre centros), en dirección suroeste, eludiendo en lo posible el desnivel propio de la meseta que desciende de oeste a este y de norte a sur. Esto implicó una aproximación de la obra al límite de las canteras y del posible inicio de la rampa, de casi 350 m. respecto de la distancia que dispuso Quéope para el mismo fin.

Desde esta posición, construir la pirámide por medio de un plano inclinado que accediera a la cumbre implicaría superar una pendiente del orden del 28%, cuya imposibilidad para el acarreo de pesos ha sido demostrada ampliamente por la experiencia y científicamente por J. Kerisel [KERISEL, 1996, p. 214 y RICART, 1998, p. 503].

Se han sugerido cuatro posibles métodos para evitar el excesivo distanciamiento de las rampas o, en su defecto, un grado de pendiente que resultaría impracticable:

- El primero fue formulado por Uvo Hólscher, haciendo que el plano ascienda adosado a una de las fachadas e invirtiendo el sentido al final de cada tramo; pero no resuelve la colocación del revestimiento ni la dificultad que representa invertir el sentido de marcha.

- El segundo es la rampa envolvente, defendida por N.F. Wheler y Gorges Goyon, [GOYON, 1990, pp. 82-86] que demanda poco espacio y permite colocar el revestimiento en sentido ascendente; pero en contrapartida nos encontramos con la inestabilidad de los altos terraplenes y, como en el caso anterior, la imposibilidad de maniobrar en las esquinas de los mismos.

- La tercera solución sería hacer que la rampa se prolongara a través del interior del núcleo de la pirámide en construcción, tal como sugiere Dieter Arnold.

- La propuesta más reciente se debe al arqueólogo americano Mark Lehner, combinando una rampa perpendicular con otra envolvente.

Analizaremos únicamente las dos últimas soluciones, dado que las dos primeras ya fueron examinadas en *Lull* [RICART, 1995, p. 248].

Los planos de Dieter Arnold

Arqueólogo que, desde 1976 a 1983, dirigió las excavaciones de la pirámide de Amenemes III en Dahshur por encargo del Instituto Alemán en El Cairo. No cree factible, por motivos técnicos, la utilización de rampas envolventes en la construcción de las pirámides.

Basándose en que los restos de posibles rampas hallados en Dahshur y Meidum, finalizan muy cerca del pie de la pirámide, sugiere que para su construcción hubo de crearse un plano inclinado utilizando el interior de la propia pirámide. Se formaría así un enorme vacío en la parte central del núcleo de la fábrica que tendría su punto de partida sobre el lado de la base. La rampa se prolongaría a medida que la pirámide creciera hasta llegar muy cerca de la cara opuesta [Fig. 4a].

En este momento se produciría un cambio constructivo: para evitar sobrepasar los 10° (17,63%) de pendiente y seguir creciendo, la rampa, retrocede y se aleja paulatinamente de la base hasta alcanzar el límite constatado arqueológicamente [Fig. 4b].

A partir de aquí, se prosigue creando dos nuevas rampas, a ambos lados de la principal como prolongación ascendente de esta, pero con la pendiente en sentido opuesto [Fig. 4c].

Por último se trabaja únicamente con la rampa principal que aumenta su inclinación y se transforma en una empinada escalera hasta finalizar en el ápice de la pirámide [Fig. 4d].

El hecho de que Edwards describa y analice este método constructivo en su libro *Les Pyramides d'Égypte*, parece sugerir que se podría considerar factible, si bien hace la observación de que las dificultades que se generan son mayores que las ventajas que aporta [EDWARDS, 1992. pp. 402-404].

Objeciones

- Las pendientes de los planos resultantes son excesivas en todas las fases del proceso. En último término la inclinación de la rampa principal no bajaría de un 23,8%.
- El mayor inconveniente radica en la imposibilidad de maniobrar en las esquinas, sobretodo en el tránsito de la rampa principal a las laterales.
- La rampa finaliza accediendo a un pequeño tramo llano. Esto es un inconveniente dado que, los cambios de pendiente en el plano implican, inevitablemente, que una parte de la fuerza aportada por el grupo creciente de hombres que van accediendo al tramo llano (o de desigual inclinación), se oponga a la fuerza del resto. Este aspecto carece de solución puesto que, con este sistema, no queda espacio para prolongar la rampa y conseguir que la piedra alcance la zona de giro antes de que el plano cambie su trayectoria.
- El gran corte dividiría por la mitad el núcleo de mampostería de tal forma que a pesar del relleno posterior, la obra carecería de consistencia.
- En la pirámide de Quéope (y en Quefrén si tuviera también cámaras interiores) el corte impediría o dificultaría la construcción de las cámaras y, si para soslayar este inconveniente, el plano se apartara del centro, no quedaría espacio para una de las dos rampas previstas en la segunda fase; es más, la escalera final se distanciaría del ápice. Este último inconveniente podría solucionarse creando una nueva rampa pero esto no lo contempla el sistema propuesto por Arnold y que ahora estamos analizando.
- La colocación del 20% del volumen final de mampostería, por medio de una empinada escalera, nos remite nuevamente al problema de las máquinas elevadoras sugeridas por Herodoto y cuyo análisis nos ha llevado a resultados insatisfactorios.
- Es excesiva la superficie de revestimiento que hay que colocar en sentido descendente.

Mark Lehner

Profesor de Arqueología Egipcia en el Instituto Oriental de la Universidad de Chicago. En 1979 llevó a cabo un estudio gráfico de la Esfinge utilizando técnicas fotogramétricas. Dirigió en 1984 un moderno estudio cartográfico de la meseta de Guiza [LEHNER. M. (1985) "A contextual approach to the Giza pyramids" *Archiv für Orientforschung*, 32, pp.136-158].

Mediante el proyecto experimental denominado NOVA, Lehner ensayó sobre la meseta de Guiza la construcción de una pirámide de 9 m. de lado y 6 m. de altura, haciendo uso únicamente los supuestos métodos e instrumentos conocidos por los antiguos egipcios.

Propone la combinación de un corto plano inclinado sobre el ángulo suroeste de la pirámide, de acuerdo con sus estudios topográficos y arqueológicos, y proseguir por medio de una rampa envolvente hasta alcanzar la cima en Quéope [Fig. 5].

La rampa externa se distanciaría 320 m. de la base de la pirámide y, con una pendiente de 6° 36' alcanzaría los 37 m. de altura. El tramo apoyado sobre la fachada oeste, que es prolongación del plano exterior, tendría una longitud de 250 m. y su inclinación 7° 18'. A cada giro se incrementaría la pendiente de la rampa: 10°, 12°, 14°, para llegar a los 18° 39' en los últimos 40 m.

Objeciones

- En el proyecto NOVA, donde se puso en práctica esta combinación de rampas, las dificultades fueron múltiples y, a pesar de que se utilizaron sillares de medianas dimensiones y se trabajaba a escasa altura, el piramidióon hubo de colocarse en volandas y con grave riesgo de accidentes.

- Una pendiente del 11,6% en la rampa externa y del 12,8% en su prolongación son impracticables para el arrastre de los arquiteabes que forman los techos de la Cámara del Rey; excesivas incluso para el acarreo de sillares de medianas dimensiones.

- Tal como ya se ha dicho, a lo largo de una misma rampa, la cadena humana no puede superar diferencias de pendiente sin sufrir graves contratiempos e incrementar considerablemente el número de operarios. En el caso de las grandes vigas de granito, el incremento humano necesario rayaría el absurdo.

- No resuelve ninguno de los problemas señalados al analizar las rampas envolventes; es más, una pendiente del 33,75% en los últimos 40 m. es

impracticable sea cual sea el peso del sillar a elevar, tal como ha demostrado Jean Kerisel.

Conclusión

Como se ha visto, el conjunto de cámaras y pasajes en la pirámide, plantea numerosos e importantes problemas técnicos y, por otra parte, su diseño tampoco se ajusta a una función exclusivamente funeraria; de tal forma que nuevamente hay que recurrir a los supuestos errores o cambios de plan sobre el proyecto original.

Ninguno de los innumerables sistemas que se han propuesto; ya sean máquinas elevadoras o rampas, dan respuesta satisfactoria al problema constructivo de las dos grandes pirámides de Guiza: la Gran Pirámide y la pirámide de Quefrén.

Los arquitectos de Quefrén hubieron de agudizar el ingenio en mayor medida si cabe, para construir una pirámide semejante a la de Quéope con los condicionantes añadidos de:

- Mayor proximidad del límite de una posible rampa.
- Mayor altura de la base respecto de las canteras.
- Inferior calidad de la piedra destinada a formar la mampostería del núcleo.

La teoría formulada por Maragioglio y Rinaldi, sobre la iniciación y posterior reducción de una pirámide mucho mayor que la Gran Pirámide, no puede ser tenida en cuenta al no aportar los autores una solución constructiva a dicha propuesta. Es más, agrava considerablemente un problema que ya de por sí carece de solución.

7. Mi teoría constructiva

La hipótesis de partida es que Quefrén, para la construcción de su pirámide, se valió de un sistema similar al que se utilizó para levantar la pirámide de Quéope, de acuerdo con mi teoría; es decir, a través de rampa o plano inclinado hasta determinada altura y a continuación por medio de la acción de un mecanismo de contrapesos, emplazado en sus cámaras interiores.

Si Quéope, que disponía de mucho más espacio para emplazar la rampa, hubo de recurrir a la acción complementaria de un avanzado y complejo mecanismo, con mayor razón Quefrén había de descartar la posibilidad de utilizar únicamente el plano inclinado y adoptar la técnica empleada en la Gran Pirámide.

A grandes rasgos, la modificación necesaria para adaptar el sistema mecánico a la nueva situación, consiste en desplazar hacia la base toda la estructura de cámaras; de forma que, la cámara funeraria que conocemos en la pirámide de Quefrén, se corresponda con la Cámara de la Reina en Quéope [Fig. 6].

El motivo de este importante corrimiento en el emplazamiento de las cámaras vendría determinado por la mayor proximidad y altura de la pirámide respecto del máximo distanciamiento posible de la rampa de construcción.

El abastecimiento de piedra

Quefrén se proveyó del duro granito de las canteras de Asuán, situadas a 800 Km. al sur de Guiza, con el que construyó la primera hilada de la base y todo el pasaje descendente superior.

Compensó en parte, la inferior calidad de la roca disponible en las canteras situadas al sur, recortando la zona perimetral externa del cuadrado de la base, de su futura pirámide, hasta una anchura de 28 m. en el lado oeste y 59 en el lado norte. Todavía hoy son visibles, en la esquina noroeste, los surcos excavados a modo de retícula que permiten apreciar el procedimiento seguido, en superficie, para extraer la roca de la meseta en forma de bloques prismáticos. Esto le proporcionó sillares de piedra caliza más compacta y resistente; a la vez que rebajaba el nivel de la zona de asentamiento. La meseta desciende de oeste a este de tal forma que, a pesar del rehundido practicado, el lado oriental hubo de suplementarse con enormes sillares de cimentación; mientras que, en el lado occidental, gran parte de la roca natural fue incorporada directamente al núcleo de la fábrica.

Los suministros externos como la piedra caliza procedente de las canteras de Tura y el granito del lejano Asuán, llegarían en embarcaciones a través del Gran Canal de Menfis (Bahr el-Libeini), antigua ruta fluvial derivada del Nilo, y desembarcados en un puerto común a las tres pirámides, situado en la depresión que se halla al este del templo del valle de Micerino [GOYON, 1990, pp. 131-137].

La ruta de acceso a las rampas desde el exterior y la situación de las canteras ha sido bien descrita por el arqueólogo Mark Lehner en su estudio topográfico y arqueológico de la meseta de Guiza.

La rampa de construcción

Puesto que el inicio del plano inclinado de Quéope, en su fase final, coincide con el máximo alejamiento posible, también será el punto de partida

de la rampa de Quefrén y por consiguiente, al estar su pirámide situada 354 m. más al sur, su longitud deberá forzosamente ser mucho menor.

La rampa distaría 534,43 m. del pie de la pirámide y su trayectoria se desviaría 17° al oeste del norte [Fig. 7]. Su punto más alejado estaría situado cerca de los llamados *Talleres de Quefrén*; restos de un conjunto de edificaciones, formadas por mampostería y argamasa, cuya función no está del todo definida.

La altura máxima de la rampa al acceder a la pirámide sería de 31,41 m. Tal magnitud viene determinada por la posición de las cámaras interiores y por el grado de pendiente elegido; ambos parámetros tienen un escaso margen de movilidad, a causa de los condicionantes propios que, a su vez, son mutuos; tal como veremos.

El plano se prolongará sobre la terraza en construcción, o cara superior, con la misma trayectoria y una anchura comprendida entre los 12 y 14 m., hasta alcanzar la arista norte. En este momento, el eje central de la rampa deberá coincidir con la prolongación del respiradero sobre la fachada sur. Puesto que el conducto no ha sido localizado, desconocemos por donde salía; no obstante, si aceptamos para Quefrén la misma estructura de cámaras existente en Quéope, podemos establecer que la trayectoria del canal es paralela al eje norte-sur de la pirámide y se halla sobre un plano que dista 10,46 m. al este. Dicha magnitud se deduce teniendo en cuenta que el desplazamiento del eje de las cámaras respecto del eje de simetría de la pirámide es 5,16 m. mayor en Quefrén ($12,45 - 7,29 = 5,16$); por consiguiente, los 5,3 m. del respiradero de Quéope, se convierten en 10,46 m. [Fig. 8].

La rampa, que a partir de ahora proveerá de sillares al mecanismo, deberá compensar un importante factor topográfico: la diferencia de nivel existente entre la base de la pirámide y la zona de partida elegida para su rampa. Puesto que hemos decidido que el punto de inicio del plano sea el mismo de Quéope, deberemos incrementar la altura a superar por el plano inclinado, en 10,11 m.; que es la diferencia de nivel constatada entre ambas pirámides.

Teniendo en cuenta este aspecto, la rampa definitiva tendría una inclinación equivalente al 7,4% ó $4^\circ 14'$. Superior, por consiguiente, al ángulo asignado al plano levantado para la construcción de la Gran Pirámide.

Factores a considerar, que permiten trabajar con mayor inclinación son: que el peso medio de los sillares que constituyen la pirámide de Quefrén, es menor; que la longitud de la calzada es de solamente 572 m. en lugar de los 924 de Quéope y que el volumen total de la fábrica disminuye casi en un 15%. También es muy inferior, la cantidad de material que se necesita para formar el

terraplen de la rampa, y el trabajo que implica su posterior demolición y dispersión.

Posición de las cámaras

Para determinar en Quefrén la posición de las cámaras homólogas a la Cámara del Rey y la Gran Galería emplazadas en el núcleo de mampostería y todavía por descubrir, disponemos de tres puntos fijos de referencia que, junto con la pendiente establecida para la rampa, reducen en gran medida el posible margen de error:

- La posición de la cámara principal respecto del centro de la pirámide.

- El pasaje superior que conduce a la cámara principal, está excavado en la roca del subsuelo; no obstante hay dos tramos del mismo construido con sillares de piedra caliza que constituirían puntos de inversión del circuito seguido por la cadena del mecanismo y puerta de acceso a las cámaras.

La altura elegida para situar el primer techo de la Cámara del Rey, fijará también su distanciamiento del eje este-oeste de la pirámide y, ambos factores, determinarán la inclinación que tendrá la rampa de construcción en el exterior. Creyendo que no es conveniente superar una pendiente del 7,4% para arrastrar y ascender las grandes vigas que conforman el conjunto de techos arquitrabados sobre la Cámara del Rey; a pesar de que J. Kerisel admite una inclinación que llega al 8% [KERISEL, 1996, p. 212], la altura de la parte superior de la Cámara del Rey, sería de 36,36 m. sobre la base de la pirámide y, su pared sur, se distanciaría 18,38 m. al sur del eje este-oeste. Con esta posición, la longitud resultante para el respiradero sur, es exactamente la misma que se constata en la Gran Pirámide, 51,83 m.

Para que el mecanismo de las cámaras sea capaz de acceder a la cima de la pirámide; es decir, que pueda situar el piramidión en su lugar, partiendo del nivel obtenido con la rampa, cada uno de los tres contrapesos deberá recorrer 46,26 m. en el interior de la Gran Galería. Esto implica alargar la galería 4,9 m. y, en compensación, avanzar la cámara principal 3,66 m. hacia el norte. De este modo la parte de cadena que está sometida a tensión cuando el mecanismo trabaja, sigue teniendo la misma longitud que en el circuito de Quéope, a pesar de haber incrementado la longitud de la galería [Fig. 9].

La cámara funeraria de Quefrén, convertida ahora en la Cámara de la Reina, es mayor que su homóloga y no precisa canales que la comuniquen con el exterior, dado que puede albergar una cabria con un tambor mucho más largo y prescindir así de aquel conducto de ayuda externa. Esto representa un importante ahorro de trabajo.

Es probable que la oculta Cámara del Rey sea también algo más larga, en su dimensión este-oeste, que la de Quéope; a fin de poder albergar la mayor longitud de cuerda que penetraría a través del respiradero, en sus últimas fases constructivas.

Unos 900.000 m³ sería el volumen de pirámide asignado al mecanismo de las cámaras; superior por consiguiente al calculado para la Gran Pirámide: 639.406,5 m³.

Es posible disminuir el volumen de la parte de pirámide que le corresponde al mecanismo, retrasando la entrada del mismo en el proceso constructivo y proseguir la obra por medio de la propia rampa; aunque aumentando progresivamente su grado de inclinación. De esta forma, no sería necesario utilizar todo el espacio disponible en la galería para el desplazamiento de los contrapesos puesto que, el recorrido del aparato elevador en el exterior, adosado a la fachada sur, sería menor.

Hasta cierto punto, el mayor grado de pendiente que presentarían las sucesivas rampas sería soportable dado que las cámaras estarían ya construidas y únicamente restaría colocar sillares de medianas dimensiones. De este modo se ganaría tiempo, debido a que la rampa constituye un sistema constructivo más rápido que el mecanismo elevador de las cámaras. No obstante, el coste de esta ganancia temporal redundaría en un mayor esfuerzo y sufrimiento para los hombres ocupados en el arrastre de los bloques a través de la empinada calzada.

Decidir la idoneidad entre ambas alternativas no es posible sin conocer las prioridades del momento, el talante del rey, o la fluidez en los suministros y en la extracción de la piedra en las canteras. Parece ser que Quefrén subió al trono en edad relativamente avanzada. Si fuera así, el factor tiempo podría ser determinante.

Sellado de la pirámide

Finalizada la obra, procedieron al cierre de la pirámide; pero antes tuvieron que bloquear los dos accesos a las cámaras superiores y dejar el corredor superior tal como hoy se conoce. Para conseguirlo, los arquitectos de Quefrén habrían recurrido al método hidráulico por disolución salina que yo propongo para obtener el control en el deslizamiento de los bloques obstructores y sellar la pirámide de Quéope.

Es decir, que lo dispusieron de forma que los sillares de cierre descansaran sobre dos terraplenes de sal que llenaban los tramos "a" y "b" del corredor llano que conduce a la cámara principal [Fig. 10].

A diferencia de La Gran Pirámide, ahora no es necesario utilizar el conducto del respiradero para introducir en las cámaras el agua que provocará la disolución de la sal y, consecuentemente, el descenso lento y controlado de los bloques de cierre; con la ventaja añadida de que no hay que abandonar el interior de la pirámide para proceder al sellado de las cámaras superiores. La operación de disolución salina se realiza actuando desde el corredor llano superior. De esta forma se puede controlar el proceso de cierre en cada una de sus fases; así como asegurar el buen resultado de la operación:

Se apean los contrapesos de sus respectivos trineos y se depositan y retienen sobre la parte inferior del piso de la galería. Una vez desalojada toda la maquinaria del interior de la pirámide, se procede a bloquear la zona "a". El agua para disolver el terraplén salino se introduce desde la galería y a través del corto pasaje ascendente. También se actúa desde el extremo norte del pasaje llano superior. Acto seguido se liberan los contrapesos permitiendo su deslizamiento hasta topar contra los bloques calizos que ahora sellan la zona "a".

La siguiente operación consiste en cerrar la zona "b", siguiendo el mismo procedimiento pero aportando el agua, a la base del relleno de sal, desde el lado norte y sur del pasaje llano que conduce a la cámara principal.

Indicios de esta práctica son:

- La zona "a" dispone del pequeño pozo excavado en la roca, para facilitar, a modo de colector, el desagüe hacia el pasaje inferior. Esto explicaría la discutida función del misterioso pozuelo.

- En la zona "b" confluyen las pendientes de los dos tramos del pasaje excavado en la roca del subsuelo. Esta concavidad evitaría la dispersión del agua destinada a la disolución del terraplén salino.

- Tal como ya indicó Perring y, posteriormente, los arquitectos italianos Maragioglio y Rinaldi, las paredes de la cámara inferior muestran evidencias de haber contenido agua hasta una altura de 30 cm. y el pasaje inferior señales de la acción de agua corriente [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, p. 63].

- Según el testimonio de Belzoni tanto el corredor como la cámara funeraria presentaban, cuando penetró por primera vez, abundantes arborizaciones salinas:

"Transitando por este pasaje, encontramos las paredes cubiertas de arborizaciones de salitre, parecidas a cuerdas; a veces recuerdan la piel de un cordero o las hojas de la achicoria".

Mas adelante añade:

“En algunos lugares de la cámara sepulcral, el salitre tiene forma de arborizaciones más grandes y más fuertes que las de los corredores. Las hay que tienen hasta seis pulgadas de longitud, parecidas a las hojas dentadas de la achicoria” [BELZONI, 1979, pp. 212-213].

8. Conclusión

Así pues, Quefrén, haciendo honor al nombre antiguo de su pirámide: *Quefrén es grande* o *La Gran Pirámide de Quefrén*, consiguió vencer todos los obstáculos que se interponían a su deseo de construir sobre la meseta de Guiza y junto a la obra de su padre, una pirámide que de algún modo la superara. Su menor altura fue compensada por la mayor elevación del promontorio sobre el que se asienta y el valor de la tangente del ángulo asignado a las fachadas. El resultado fue que el ápice de Quefrén quedaba situado a más de 7 m. por encima de la Gran Pirámide. Actualmente la desaparición del revestimiento pétreo y de las últimas hiladas de mampostería, en la pirámide de Quéope, incrementa la sensación de dominio de la obra de Quefrén.

La ausencia de pruebas arqueológicas impide afirmar que fue realmente así como se edificaron las dos mayores pirámides de Egipto; no obstante, las enormes dificultades que comporta levantar estos monumentos, hacen que la posible solución técnica, al ser prácticamente única, converja forzosamente con la realidad histórica.

Desde un punto de vista científico carece de sentido exigir a una teoría un grado de *certeza* superior, mientras sea la única que da respuesta satisfactoria a todos los fenómenos observados.

Por consiguiente, se podría decir que las pirámides de Egipto fueron construidas por medio de rampas o planos inclinados; no obstante, cuando los condicionantes humanos, técnicos o geológicos hacían inviable o sumamente dificultoso el uso exclusivo de la rampa, incorporaban al sistema un complejo y avanzado mecanismo que posibilitaba, aunque de manera más lenta, proseguir ganando altura.

Este sería, como mínimo, el caso de las dos grandes pirámides que los poderosos faraones del Imperio Antiguo, Quéope y Quefrén, levantaron sobre la meseta de Guiza, hace no menos de 4.500 años [Tabla 1].

Tabla 1. *Relación de las principales pirámides*

Din.	Rey	Situación	Base m.	Altura m.	Angulo	Volumen m ³	n°
III	Dyoser	Saqqara	121x109	60	Escalon.	330.400	12
	Sejemjet	Saqqara	120	Inacab. 7			14
	Jaba (?)	Zaouyet el-Aryan	84	Inacab. 20			5
III IV	Huni Esnofru	Meidum	144,32	91,92	51°52"	638.178	27
IV	Esnofru	Dahshur-sur	188,6	105,07	54°31'13" 43°21'	1.286.850	24
	Esnofru	Dahshur-norte	219,28	104,42	43°36'11"	1.673633	21
	Quéope	Guiza	230,363	146,51	51°49'38"	2.591.701	2
	Dyedefre	Abu Roash	106	67,8	52°	253.934	1
	Quefrén	Guiza	215,26	143,7	53°10'	2.219.577	3
	Micerino	Guiza	105,5	65,55	51°10'30"	243.196	4
V	Userkaf	Saqqara	73,5	49	53°7'48"	88.236	11
	Sahure	Abusir	78,5	47,1	50°11'40"	96.747	6
	Neferirkare	Abusir	105	70	53°7'48"	257.250	8
	Raneferef	Abusir	65	Inacab.			9
	Niuserre	Abusir	81	51,54	51°50'35"	112.717	7
	Djedkare	Saqqara	78,75	52,5	53°7'48"	108.527	17
	Onos	Saqqara	57,5	43,12	56°18'35"	47.521	13
VI	Teti	Saqqara	78,75	52,5	53°7'48"	108.527	10
	Fiope I	Saqqara	"	"	"	"	15
	Merénre	Saqqara	"	"	"	"	16
	Fiope II	Saqqara	"	"	"	"	18
XII	Amenemes I	El-Lisht	78,5	55	54°27'44"	112.974	25
	Sesostris I	El-Lisht	105	61,25	49°23'55"	225.093	26
	Amenemes II	Dahshur	50	Derruida			22
	Sesostris II	El-Lahun	106	48,7	42°35'	182.398	29
	Sesostris III	Dahshur	105	78,75	56°18'35"	289.406	20
	Amenemes III	Dahshur	105	81,66	57°15'50"	300.100	23
	Amenemes III	Hawara	101,7	58	48°45'	199.962	28
XIII	Khendjer	Saqqara	52,5	37,49	55°	34.444	19

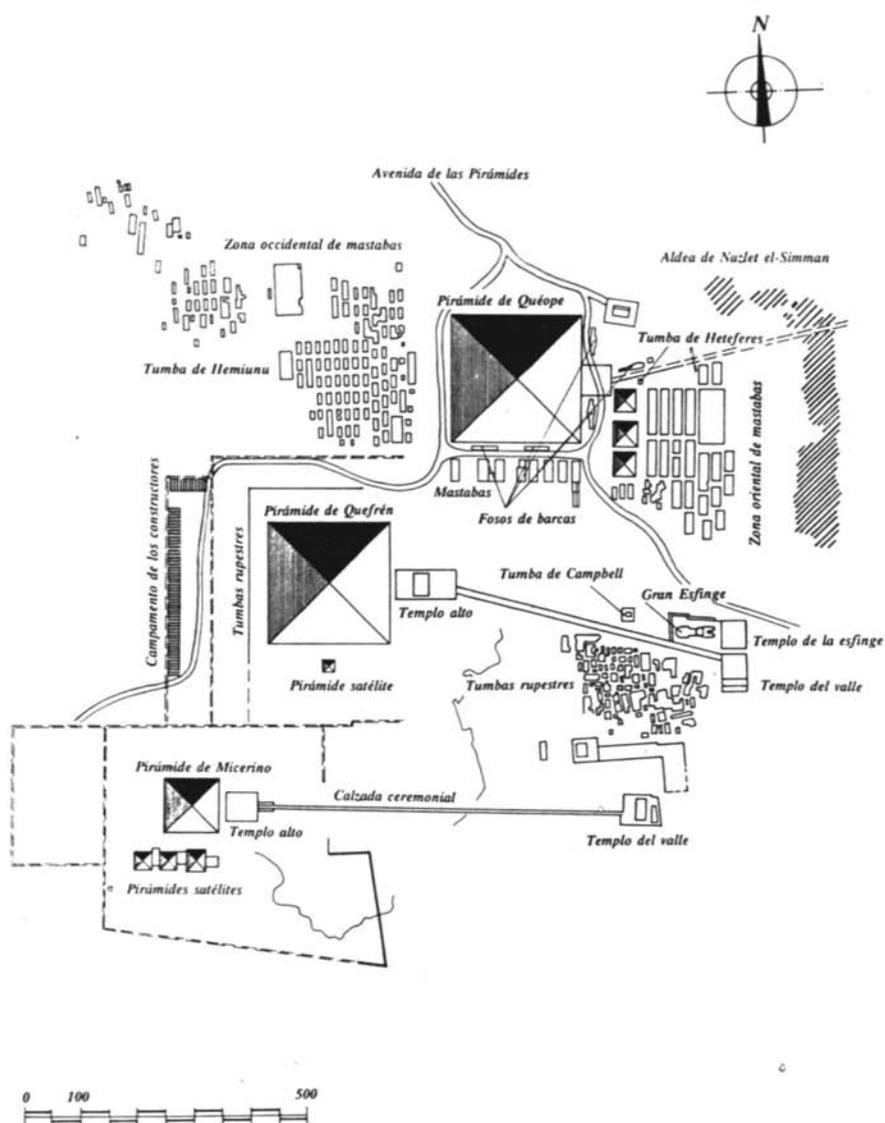


Figura 1. El complejo piramidal de la meseta de Guiza

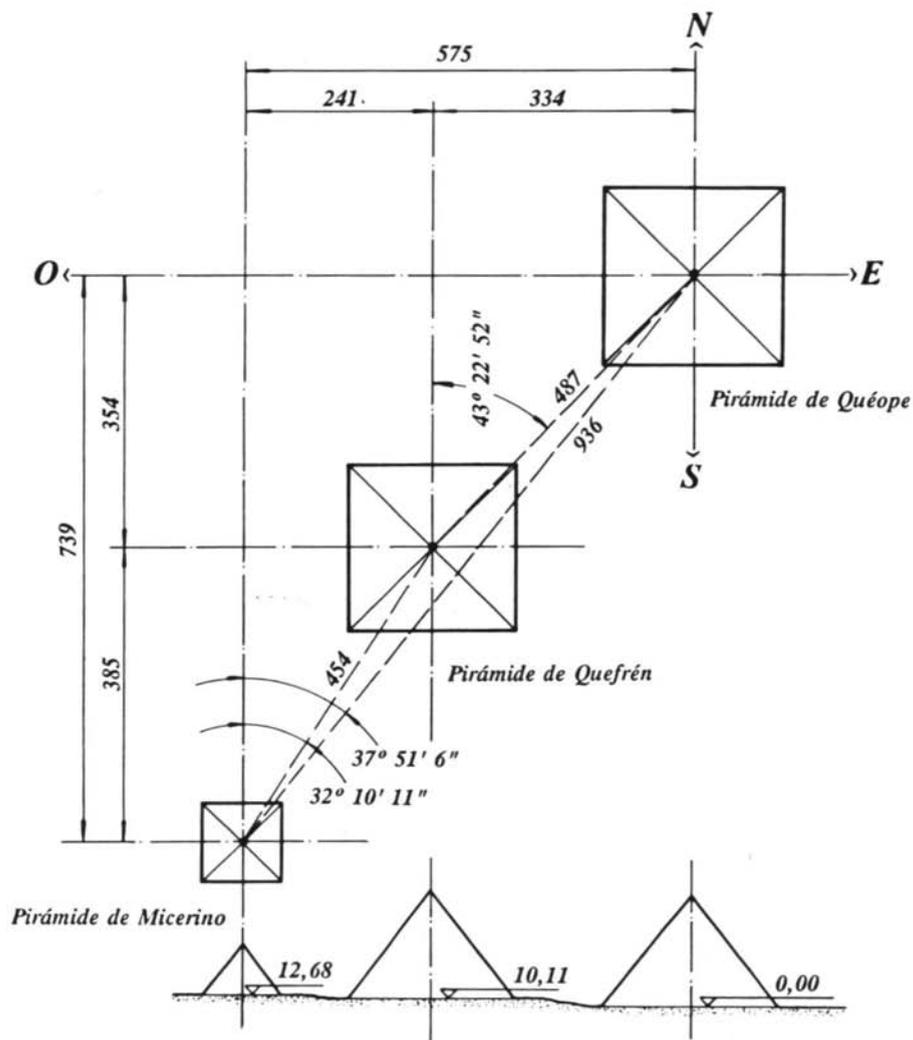


Figura 2. Posición respectiva de las tres pirámides

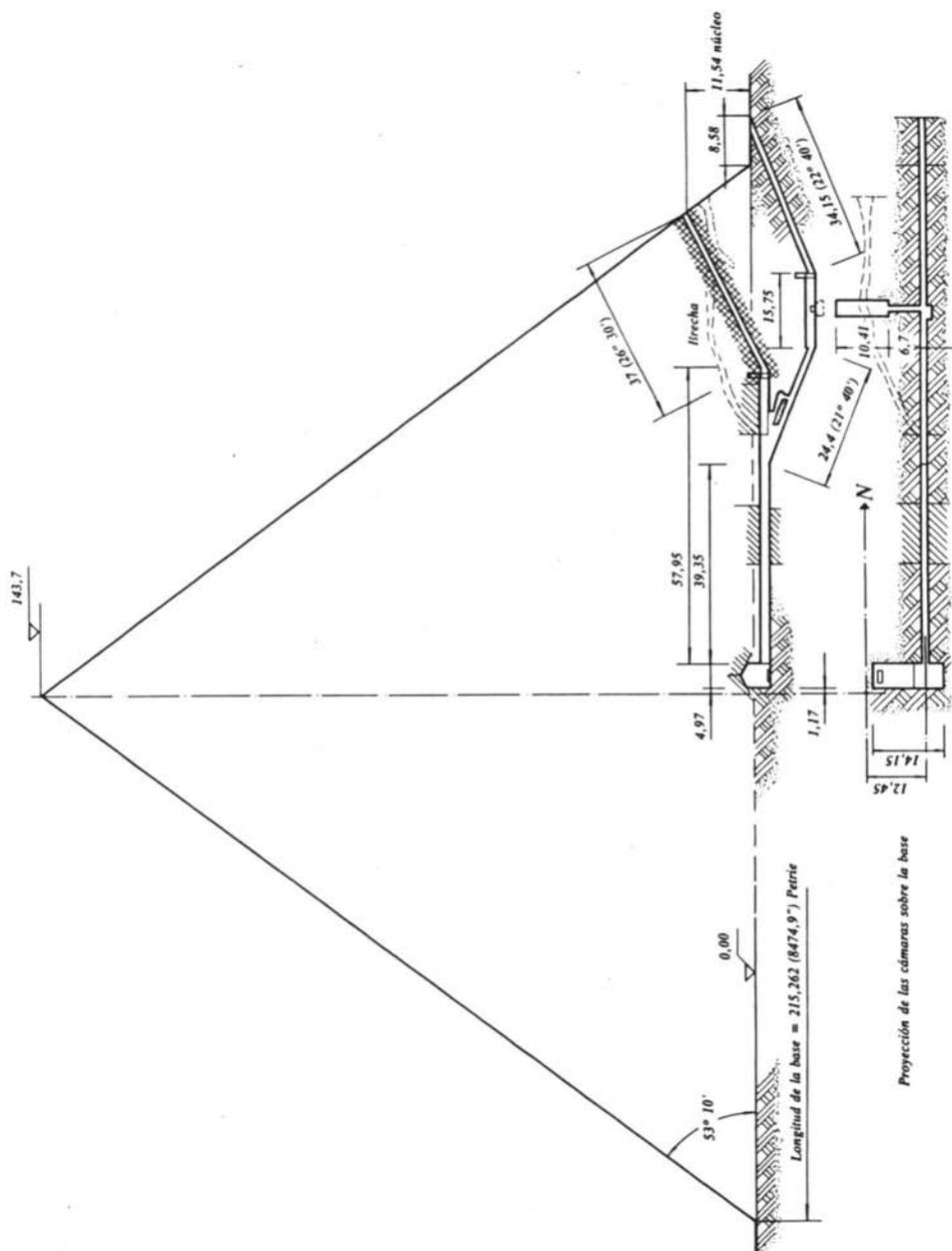


Figura 3. Vista en alzado y sección de la pirámide de Quején

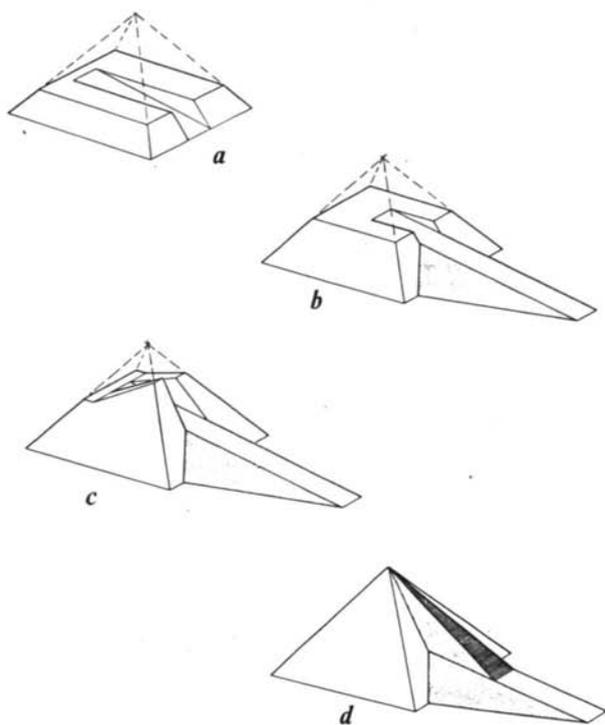


Figura 4. Las cuatro fases constructivas propuestas por Dieter Arnold

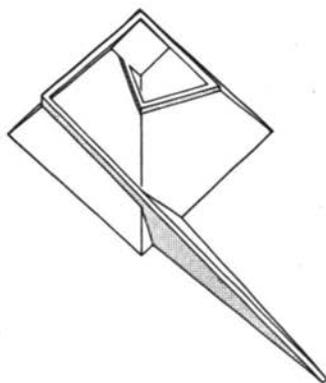


Figura 5. La rampa mixta de Mark Lehner

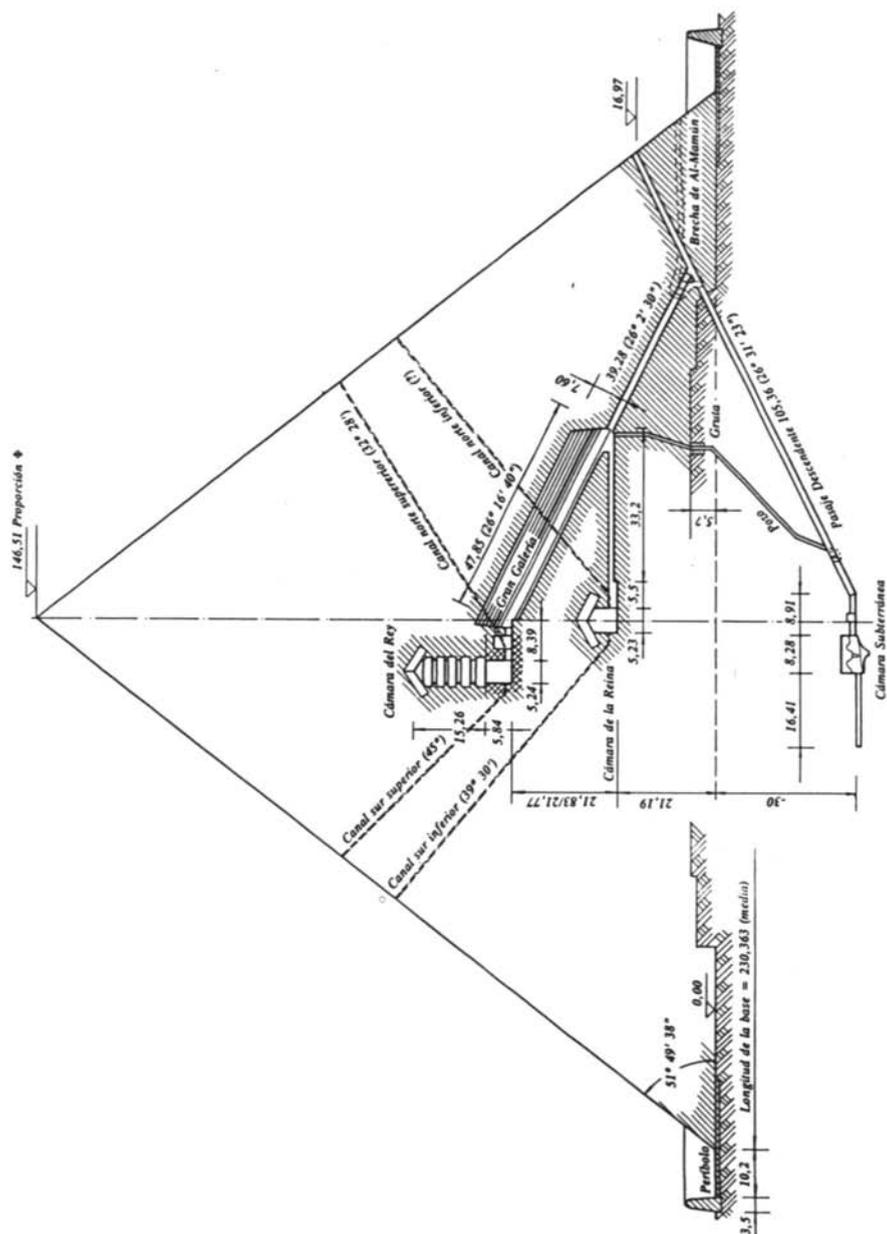


Figura 6. Vista en alzado y sección de la pirámide de Quéope

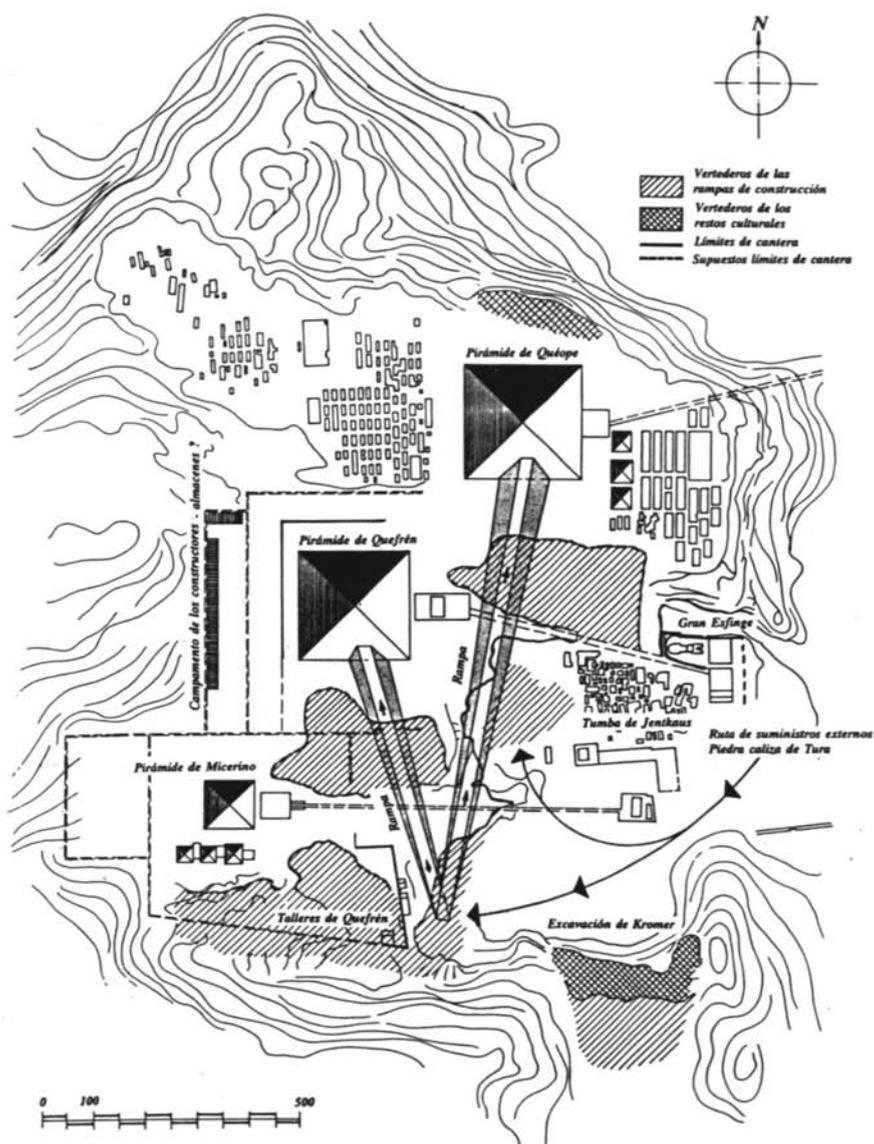


Figura 7. Posición y trayectoria de las rampas de construcción, de acuerdo con el sistema mecánico de las cámaras y el conocimiento arqueológico actual de la meseta, según el estudio de Mark Lehner: "A contextual approach to the Giza pyramids": reconstruido a partir de Barry J. Kemp [KEMP, 1992, p. 166]

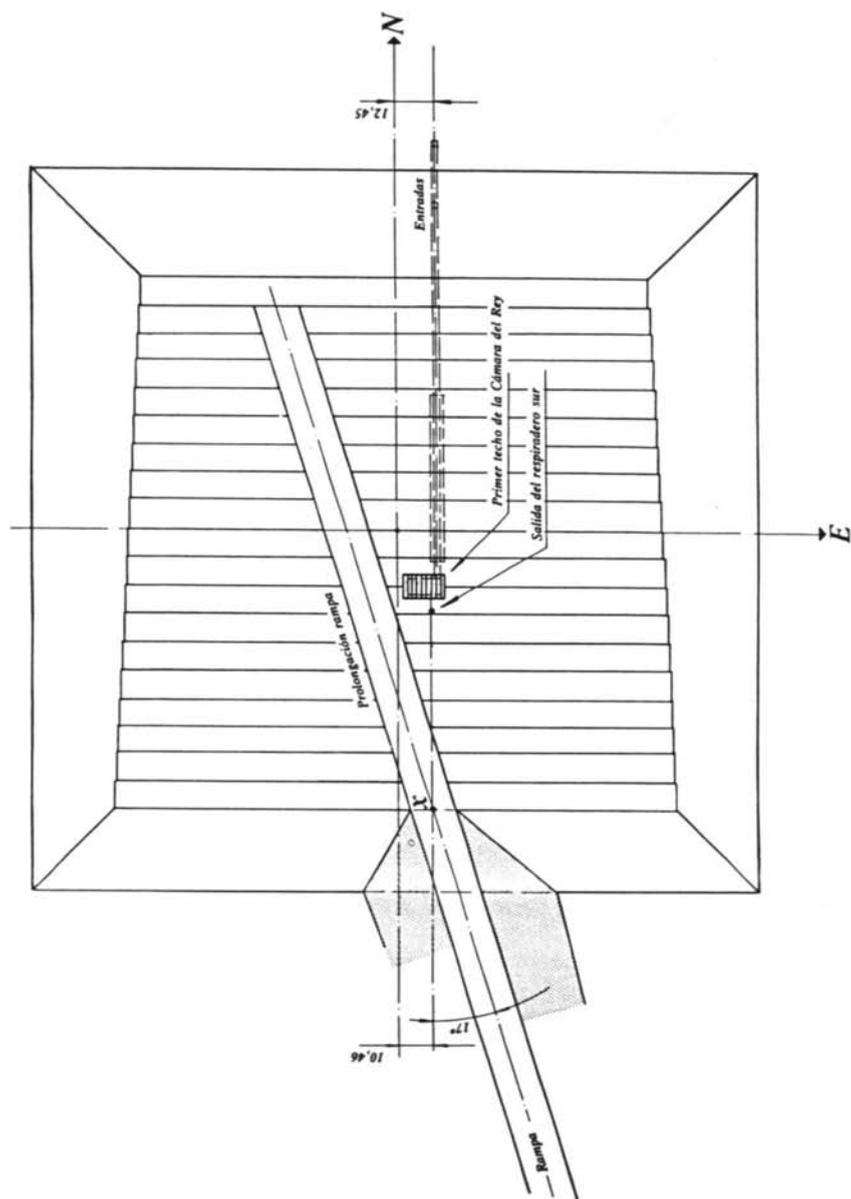


Figura 8. Vista en planta de la pirámide de Quefrén, en el momento de intervención del mecanismo de las cámaras

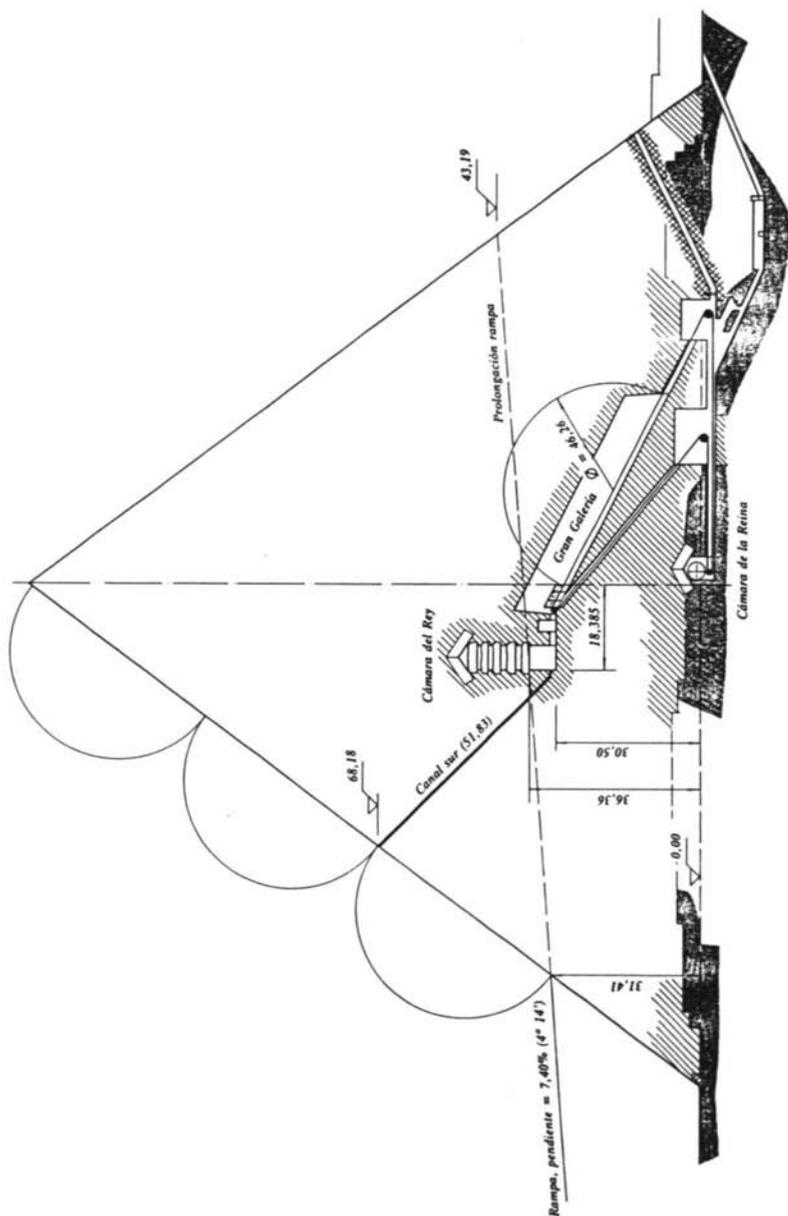


Figura 9. Posición de las cámaras y el circuito del mecanismo en la pirámide de Quefrén

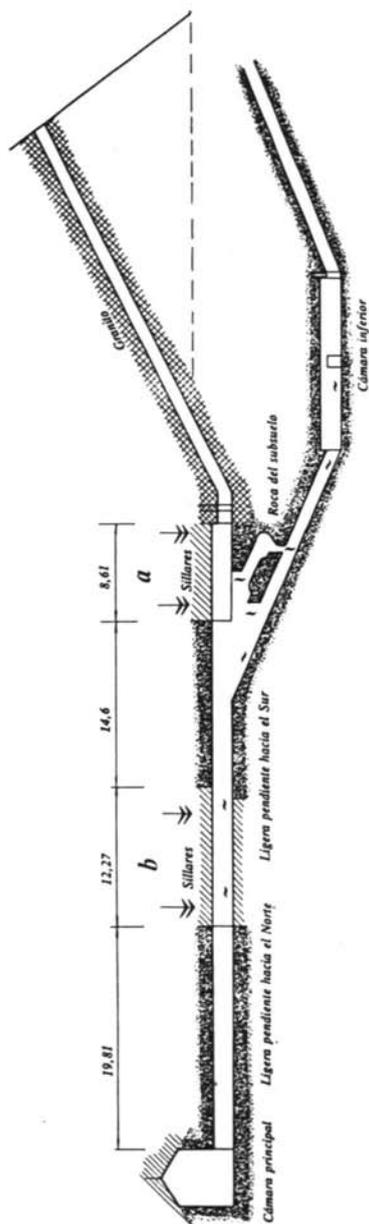


Figura 10. Esquema del sistema de sellado por disolución salina

NOTAS

1 Según el *Papiro Real* de Turín, el sucesor de Quéope fue su hijo mayor Dyedefre o Didufri o también Redjedef, que reinó únicamente durante 8 años. Sería, por consiguiente, el tercer rey de la IV Dinastía y el primero que se denominó *Hijo de Re*. No todos los egiptólogos están de acuerdo con este orden de sucesión; dado que, si bien este rey figura en la *Piedra de Palermo* y en la *Lista* de Hammamat, su nombre no aparece en los cuentos del *Papiro de Westcar* que relaciona casi todos los hijos de Quéope. Tampoco se menciona en un estela que hace referencia a una favorita de Quéope y Quefrén. Otros autores le identifican como el mismo rey que Manetón denomina Ratoises, que gobernaría durante 25 años después de Micerino.

Empezó a levantar su pirámide en Abu-Roash, al norte de Guiza, de dimensiones muy parecidas a la que más tarde construiría Micerino. El Museo del Louvre guarda su busto, encontrado en Abu-Roash junto con fragmentos de figuras de su mujer y de sus tres hijos.

2 Manetón era probablemente oriundo de Sebenito, la actual Samannud, localidad situada en la parte occidental del Delta del Nilo. Pertenecía a la casta sacerdotal egipcia y poseía una amplia cultura; así como un perfecto conocimiento del griego.

Junto con Timeo y otros eruditos fue designado por Ptolomeo I para establecer las bases de un culto sincrético entre la religión egipcia y la griega; de cuya labor resultó el culto a Serapis.

Se le atribuyen nueve obras literarias entre las cuales se halla la trascendental *Historia de Egipto*, o *Aegyptiaca*, escrita en griego y dedicada a Ptolomeo II Filadelfo; tal como había hecho su contemporáneo Beroso, sacerdote de Marduk en Babilonia, al dedicar su obra histórica *Caldea* al rey Antíoco I (285-261 a.d.C.).

Lamentablemente su historia de Egipto únicamente la conocemos en parte y a través de las citas del historiador Flavio Josefo (siglo I, d.C.) y las referencias que sobre ella hacen los epitomistas cristianos: Sexto Julio Africano (siglo II-III), Eusebio de Cesarea (siglo III-IV), Sincelo o Jorge el Monje (siglo VIII-IX); que no siempre concuerdan.

Manetón divide su crónica de Egipto en XXXI Dinastías o poderes, aunque la última fue posiblemente añadida por los compiladores. Su historia comienza con el reinado de los dioses y semidioses, hasta llegar al período dinástico que se inicia con la unificación del Alto y el Bajo Egipto por el Menes, primer rey de la primera Dinastía. La crónica finaliza con la conquista de Egipto por Alejandro Magno en el año 332 a.d.C.

A pesar de que los egiptólogos disienten en muchos aspectos de Manetón, entre ellos el cómputo de su cronología que sitúa al rey Menes 5800 años antes de Cristo, su historia sigue siendo una de las fuentes insustituibles para el estudio y reconstrucción de la secuencia dinástica del Antiguo Egipto.

3 Richard-Howard-Vyse, hijo del general Richard Vyse y nieto del conde de Stafford, fue coronel de la guardia británica y sirvió a las órdenes de Wellington.

Se trasladó a Egipto con el firme propósito de hacer importantes descubrimientos. Se instaló en una tumba abandonada próxima a la Gran Pirámide y contrató hasta 700 hombres que puso al servicio del capitán Caviglia. Vyse y

Caviglia no tardaron mucho tiempo en romper sus relaciones. Desde aquel momento, el coronel se hizo cargo personalmente de todas las operaciones.

Para tomar las medidas y levantar planos de todas las pirámides, contrató los servicios de un ingeniero civil profesional, John Shae Perring, que había sido asistente de Mohammed Alí, virrey de Egipto.

En la Gran Pirámide Vyse descubrió que, sobre el primer techo plano de la Cámara del Rey, se ocultaban otros cuatro similares; separados entre sí por espacios vacíos a los que asignó una función de descarga. Otros investigadores, incluso actuales, han seguido manteniendo esta teoría arquitectónica, sin conseguir convencer de la necesidad de tan insólita estructura.

Desatascó los canales de la Cámara del Rey, consiguiendo una importante mejora en la ventilación de las cámaras.

Al liberar la base de la fachada norte de los hasta 15 m. de escombros, descubrió los restos del antiguo revestimiento calizo y el pavimento sobre el que se asentaba la pirámide. Vyse describe con admiración la perfección óptica del tallado y del acoplamiento de estas piedras. Fue a partir de estos sillares de revestimiento que pudo deducir el ángulo de la pirámide: $51^{\circ} 51'$.

También consiguió penetrar en la pirámide de Micerino. Lamentablemente perdió su bello sarcófago ante las costas españolas, por el naufragio del barco que lo transportaba a Inglaterra.

En 1840 regresó a Inglaterra y publicó el resultado de sus exploraciones en dos lujosos y ostentosos volúmenes: *Operations Carried an at the Pyramids of Gizeh in 1837*.

4 William Flinders Petrie (1853-1942), hijo de William Petrie, ingeniero mecánico a quién habían fascinado las teorías de Taylor y Smyth. Nieto del gran explorador de Australia Matthew Flinders.

De joven, se interesó por los diferentes cánones de medida de los pueblos antiguos. En lugar de asistir a la escuela, vagó por Inglaterra midiendo iglesias y otros edificios, haciéndose un experto topógrafo.

En noviembre de 1880, a la edad de 26 años, Petrie partió hacia Egipto con el propósito de medir la pirámide con la máxima precisión y poder así corroborar o desmentir las teorías de Taylor y Smyth. A tal fin, llevó consigo gran cantidad de instrumentos de precisión diseñados por su padre.

En Guiza se instaló en una tumba abandonada. Trianguló toda la meseta de Guiza y con el mismo procedimiento dedujo las medidas exteriores de las pirámides.

Según Petrie, las dimensiones de la base de la pirámide debían determinarse tomando como referencia la arista superior del pavimento (unas 20 pulgadas más alto) en lugar del borde de las entalladuras tal como había hecho Smyth. Petrie llegó a la conclusión de que los antiguos egipcios habían utilizado un codo de 20,63 pulgadas que se repetía 440 veces en la base y 280 veces en altura. Esto contradecía la teoría de Smyth en cuanto a que el perímetro de la base de la pirámide, expresado en pulgadas piramidales, representaba 100 veces el número de días del año con sus fracciones de día; así como que los antiguos egipcios hubieran utilizado un hipotético codo de 25,025 pulgadas.

Petrie está considerado como el padre de la arqueología moderna. Presidió la primera cátedra de Egiptología de Inglaterra y fundó la escuela Británica de Arqueología en Egipto.

Creó un nuevo sistema de datación, conocido como *Sequence Dating*, que ha resultado muy eficaz. Petrie inició la S.D. de los restos de cerámica asignándoles el número 30 a los de unas características concretas; dejando las cifras inferiores para descubrimientos futuros considerados anteriores en el tiempo. Su fecha final S.D.77, corresponde al comienzo de la Dinastía I.

5 Giambattista Belzoni, nacido en Padua en el año 1778, pasó la mayor parte de su juventud en Roma, donde estudiaba para la vida monástica. La entrada de las tropas francesas cambió su vida.

Después de viajar errante por Europa, en 1803 llega a Inglaterra y al poco tiempo contrae matrimonio. Por su extraordinaria fuerza física y corpulencia se gana la vida actuando como el *Sansón de Patagonia*. Curiosamente su espectáculo consiste en llevar sobre sus hombros una pirámide humana compuesta por 12 personas.

Con su esposa viaja por España, Portugal y finalmente llega a Malta; desde donde se traslada a Egipto para ofrecer al bajá Mehemet Ali una máquina hidráulica de su invención que facilitaba la irrigación de los campos. A pesar de que la máquina proporcionaba seis veces más agua que la obtenida por el sistema tradicional, Mehemet Ali no se decidió a adquirirla y Belzoni se encontró en Egipto sin trabajo y sin recursos. Este fracaso determinará que durante cinco años (1815-1819) se dedique, con la protección del cónsul general de Inglaterra Henry Salt, a la exploración de las antigüedades egipcias.

En tan corto espacio de tiempo Belzoni hizo descubrimientos tan importantes como: la tumba de Rameses I y de Seti I en el Valle de los Reyes, la entrada del gran templo de Rameses II en Abú Simbel y la entrada a la pirámide de Quefrén.

Sus memorias, *Viajes a Egipto y a Nubia*, publicadas en Inglaterra en 1820 con un dilatado título según costumbre de la época, son consideradas por Howard Carter como uno de los libros más fascinantes de toda la literatura sobre Egipto.

Belzoni muere de disentería en 1823, a los 45 años de edad, en un viaje a Tombuctu en busca de las fuentes del río Níger.

6 Peter Tompkins, en su interesante y sugestivo libro *Secretos de la Gran Pirámide* relata de esta forma el experimento del Dr. Alvarez:

"El proyecto de Alvarez se basaba en el hecho comprobado de que los rayos cósmicos que bombardean nuestro planeta día y noche, pierden parte de su energía al pasar a través de un objeto, en proporción con la densidad y grosor de este. [...] El doctor Alvarez seleccionó la pirámide de Quefrén, porque suponía que el hijo de Quéope no habría podido erigir pirámide tan imponente sin aplicar en su construcción algún sistema secreto de pasajes y cámaras, como los que se han descubierto en la Gran Pirámide" [TOMPKINS, 1987, pp. 262-267].

El resultado fue desalentador ya que, cada vez que se introducían las cintas en un ordenador, se obtenían como respuesta modelos diferentes, sin poder determinar la causa que provocaba tan extraño fenómeno.

7 Las canteras de Tura, han proporcionado a lo largo de la historia la mejor piedra caliza de Egipto y fueron explotadas hasta la época romana. Están situadas en el lado oriental del Nilo, a unos 13 km. al sur del viejo Cairo, junto a la localidad denominada por los árabes actuales: Tura; del griego Troya, que según la tradición sería fundada por el héroe Menelao, errante por Egipto, a su regreso de la guerra de Troya.

8 Perring sitúa la pared sur de la cámara, 1,17 m. al norte del eje este-oeste; y la pared oeste, a 2,438 m. del eje norte-sur [PERRING, 1839, lámina IV].

Maragioglio y Rinaldi aclaran que Petrie únicamente corrigió la medida de 2,438 m., indicada por Perring, dejándola en 1,19 m.; de lo cual se puede deducir que dio por correcta la dimensión de 1,17 m. como distanciamiento de la pared sur. Los autores italianos aceptan esta cifra con ciertas reservas [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1966, V, p. 61].

Es importante señalar que Maragioglio y Rinaldi, a su vez, cometen un error en sus planos (V, plano 6) al situar la pared sur de la cámara, a 1,17 m. al sur del eje este-oeste, en lugar de hacerlo al norte del mismo eje de simetría.

9 Las excavaciones efectuadas, G. Reisner en 1955 y las de Abdel-Aziz Saleh durante los años 1971 y 1972, pusieron al descubierto la existencia, al sudeste de Micerino, de lo que probablemente fue el campamento de los obreros que trabajaron en la construcción de las pirámides.

El complejo consta de un largo muro de cascajo en forma de "I", con unos quince edificios adosados a ambos lados del mismo. Se han identificado varios hornos para cocer cerámica y pan. Un edificio situado más al sur parece ser que estaba destinado a funciones administrativas. Ciertas estructuras carecen todavía de explicación: se observan cuatro trincheras paralelas que albergan 72 pedestales de piedra de 1 m. de longitud y 60 cm. de ancho.

El relativo buen estado de conservación de estas instalaciones se debe a que fueron sepultadas por los escombros procedentes de las rampas de construcción, una vez finalizada la obra.

Los trabajos del arqueólogo austriaco K. Kromer, en la campaña de excavaciones llevada a cabo en los años 1971 y 1975, proporcionaron gran cantidad de restos de vasijas, instrumentos de sílex, huesos, sellos de Quéope y Quefrén, etc. Kromer dedujo que esta zona, una depresión situada al este de los talleres de Quefrén y al sur del templo del valle de Micerino, constituía un inmenso vertedero de desperdicios de los antiguos trabajadores.

BIBLIOGRAFIA

ADAM, J.P. (1988) *L'Archéologie devant l'imposture*. París, Laffont.

ALBERTELLI, L. (1994) "El secreto de la construcción de la pirámide de Kheops". *El escriba sentado*. Madrid, Ediciones del Prado [Título original: *Le Grand Secret de la construction de la pyramide de Kheops*].

ALVAREZ, L.J. (1965) "El Enigma de las Pirámides". *Colección Horus*. Buenos Aires, Kier, 10ª ed.

ARNOLD, D. (1991) *Building in Egypt, pharaonic stone masonry*. New York, Oxford University Press.

BADAWI, A. (1990) *A History of Egyptian Architecture*. London, Histories & Mysteries of Man.

BELZONI, G. (1979) "Voyages en Egypte et en Nubie". *Les grandes aventures de l'archéologie*. Paris, Pygmalion, Gérard Watelet.

BORCHARDT, L. (1926) *Längen und Richtungen der vier Grundakten der Grossen Pyramide bei Gise*. Berlin, J. Springer.

----- (1930) *Einiges Zur dritten Bauperiode der grossen Pyramide bei Gise*. Berlin.

CAPART, J. (1930) *Memphis á l'ombre des pyramides*. Bruselas, Vromant.

CLARKE, S. & ENGELBACH, R. (1930) *Ancient Egyptian Masonry: The Building Craft*. Oxford University Press.

----- (1990) *Ancient Egyptian Construction and Architecture*. New York, Dover Publications Inc.

CLAYTON, P.A. (1985) *Redescubrimiento del Antiguo Egipto*. Barcelona, Serbal.

COTRELL, L. (1956) *The Mountains of Pharaoh*. Londres, J. Hale.

CROZAT, P. (1997) *Système Constructif des Pyramides*. Frasné (F) Canevas Editeur.

CHOISY, A. (1977) *L'art de bâtir chez les Egyptiens*. Bolonia, Arnaldo Forni Editore [Copia de la edición de París de 1904].

----- (1996) *Histoire de l'Architecture*. Paris, Bibliothèque de l'Image.

CHRISTIAN, J. (1989) *Le voyage aux pyramides*. Paris, Perrin.

DAUMAS, F. (1972) *La Civilización del Egipto Faraónico*. Barcelona, Juventud.

DIODORO, S. (1865) *Bibliothèque Historique*, Libro I. Paris, Librairie de L. Hachette et Cie.

DRIOTON E. & VANDIER J. (1994) *Historia de Egipto*. Valencia, Ediciones Lepsius.

EDWARDS, I.E.S. (1992) "Les Pyramides d'Egypte". *Le livre de Poche*. Paris, Librairie Générale Française.

EDWARDS, I.E.S. (1993) *The Pyramids of Egypt*. Middlesex, Penguin.

ESTRABON. *Geografía, Libro XVII*.

----- (1997) *Le Voyage en Egypte*. Paris, Nil éditions [Préface de Jean Yoyotte, traduction de Pascal Charvet et Postface de Stéphan Gompertz].

FAKHRY, A.N. (1961) *The Pyramids*. Chicago, University of Chicago Press.

FRENCH, G. (1809-1822) *Description de l'Egypte-recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Egypte pendant l'expédition de l'armée française*. Paris, French Government, 21 vols.

GARDINER, A. (1994) *El Egipto de los Faraones*. Barcelona, Laertes [Título original: *Egypt of the Pharaohs*, 1961] Oxford University Press.

GIEDION, S.(1986) *El Presente Eterno: Los Comienzos de la Arquitectura*. Madrid, Alianza Forma, 2ª ed. [Título original: *The Eternal Present - The Beginnings of Architecture - A Contribution on Constancy and Change*].

GOYON, G. (1990) "Le secret des bâtisseurs des grandes pyramides. Khéops". *Les grandes aventures de l'archéologie*. París, Pygmalion/Gérard Watelet.

GREAVES, J. (1736) *Pyramidographia, or a Description of the Pyramids, of Egypt*. Londres, J. Brindley.

GRINSELL, L. V. (1947) *Egyptian Pyramids*. Gloucester, John. Bellows.

GROBET, J.F.L. (1801) *Description des Pyramides de Ghize*. París, Logerot-Pehet.

HASSAN, S.(1932) *Excavations at Gíza, I-X*. Cairo.

HERODOTO (1968) "Los nueve libros de la Historia. Libro II, Euterpe". *Historiadores Griegos*. Madrid, Edaf.

HÖLSCHER, U. (1912) *Das Grabdenkmal des königs Chephren*. Leipzig, J.C. Hinrichs.

HODGES, P. (1993) *How the pyramids were built*. Edited by Julian Keable. Warminster. Aris & Phillips, Teddington House.

----- (1994) *Como se construyeron las pirámides*. Madrid, Tikal Ediciones.

HOWARD-VYSE, R.W. (1849) *Operations Caried on at the Piramids of Ghizeh in 1837*. Londres, J. Fraser.

JOMARD, E.F. (1829) *Description generale de Memphis et des pyramides*. París, Imprimerie Royale.

----- (1829) *Remarque sur les pyramides*. París, Imprimerie Royale.

KEMP, B.J. (1989) *Ancient Egypt, Anatomy of a civilization*. Londres, Routledge.

----- (1992) *El Antiguo Egipto, Anatomía de una civilización*. Barcelona, Editorial Critica.

KERISEL, J. (1991) *La Pyramide à travers les Àges*. París, Presses Ponts et Chaussées.

----- (1996) *Génie et démesure d'un Pharaon. Khéops*. París, Stock.

KURT, L. (1961) *Pirámides, Esfinges y Faraones*. Barcelona, Destino.

LAUER, J.Ph. (1948) *Le problème des Pyramides d'Egypt*. París, Payot.

----- (1960) *Observacions sur les pyramides*. El Cairo, Institut Français.

----- (1988) *Le Mystère des Pyramides*. París, Presses de la Cité.

LEHNER, M. (1997) *The Complete Pyramids*. London, Thames and Hudson.

LEPSIUS, R. (1843) *Über den Bau der Pyramiden*. El Cairo.

LUCAS, A. (1989) *Ancient Egyptian Materials and Industries*. London, Histories & Mysteries of Man Ltd. [Edición revisada por J.R. Harris] .

MANETON (1993) *Historia de Egipto "Aegyptiaca"*. Madrid, Alianza Editorial.

MARAGIOGLIO, V. & RINALDI, C.A. (1963-1967) *L'Architettura delle Piramidi Menfite I-XIV*. Rapallo, Officine Grafiche Canesca [Opera pubblicata sotto gli auspici del Centro per le Antichità e la Storia dell'Arte del Vicino Oriente, Roma].

MINGUEZ, M. (1985) *Les Pyramides d'Égypte. Le secret de leur construction*. París, Tallandier.

PARRA, O.J.M. (1997) *Historia de las pirámides de Egipto*. Madrid, Editorial Complutense.

----- (1998) *Los constructores de las grandes pirámides*. Madrid, Alderabán Ediciones.

PERRING, J.S. (1839-1842) *The Pyramids of Gizeh from Actual Survey and Measurement on the Spot*. Londres, J. Fraser.

PETRIE, W.M.F. (1883) *The Pyramids and Temples of Gizeh*. Londres, Field & Tuer.

----- (1898-1905) *History of Egypt*. Londres, Methuen.

----- (1912) *Les Arts y Métiers de l'Ancienne Égypte*. París, Vromant.

----- (1931) *70 Years in Archeology*. Londres, S. Low, Marston.

----- (1990) "The Pyramids and Temples of Gizeh". *Histories & Mysteries of Man*. London, with an update by Zahi Hawass.

PLINIO C. *Historia Natural. Libro XXXVI*.

RICART, A. (1991 y 1992) *La Pirámide de Khéops y la verdadera función de sus cámaras y pasajes*. Tarragona, edición privada.

----- (1994 y 1997) *La Pirámide de Khéops. Exposición y nuevo análisis del sistema constructivo*. Tarragona, edición privada.

----- (1995) "Teoría sobre la Construcción de la Gran Pirámide de Egipto". Zaragoza, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, *Llull*, 18(34), 223-273.

----- (1997) "New Theory on the Construction of the Great Pyramid". *XXth International Congress of History of Science*, Book of Abstracts - Scientific Sections. Liège.

----- (1998) "Nuevos conocimientos sobre la Gran Pirámide" *Llull*, 21(41), 485-515.

RINALDI, C. (1983) *Le Piramidi. Un'indagine sulle tecniche costruttive*. Milano, Electa Editrice.

SERS, J.F. (1992) *Le secret de la pyramide de Khephren*. Mónaco, Éditions du Rocher.

SILIOTTI, A. (1998) *Guía de las Pirámides de Egipto*. Barcelona, Ediciones Folio.

TOMPKINS, P. (1987) "Secretos de la Gran Pirámide". *Lo inexplicable*. Argentina, Javier Vergara [Título Original: *Secrets of the Great Pyramid*].

TRIGGER, B.G.; KEMP, B.J.; CONNOR, D.O. & LLOYD, A.B. (1985) *Historia del Egipto Antiguo*. Barcelona, Editorial Crítica.