

NUEVOS CONOCIMIENTOS SOBRE LA GRAN PIRAMIDE

ALEJANDRO RICART CABUS
Sociedad Catalana de Egiptología

RESUMEN

Desde la publicación en este medio de mi teoría sobre el método adoptado por los antiguos egipcios para construir la Gran Pirámide de Guiza [RICART, 1995, pp. 223-273] se conocen mejor algunos aspectos de este monumento y se han extraído nuevas conclusiones de los resultados de las últimas investigaciones.

Por ello, parece justificado hacer una exposición de los nuevos conocimientos y examinar hasta que punto las conclusiones que de ellos se derivan refuerzan o contradicen las teorías vigentes sobre los sistemas de construcción de la Gran Pirámide.

ABSTRACT

Since this journal published my theory about the method ancient Egyptians used to build the Great Pyramid of Guiza [RICART, 1995, pp. 223-273] more is now known about some aspects of this monument and new conclusions have been drawn from the findings of the latest research.

Consequently, giving an exposé of new knowledge seems justified, as does examining the extent to which the conclusions stemming from it reinforce or contradict current theories about the Great Pyramid's construction systems.

Palabras clave: Arquitectura, Egipto, Gran Pirámide.

1. Introducción

La inesperada localización en el British Museum de los insólitos objetos que Waynman Dixon aseguró haber encontrado en el respiradero Norte de la Cámara de la Reina en 1872 confirma la veracidad del hallazgo y plantea nuevamente, ahora de forma ineludible, la pregunta de cual podía ser su significado o función.

El descubrimiento de la verdadera longitud mínima del respiradero Sur de la Cámara de la Reina, por medio del robot explorador de Rudolf Gantenbrinck, es un hecho sumamente trascendente; no sólo porque proporciona un mejor conocimiento de la estructura interna de la pirámide, sino también por su directa repercusión sobre la teoría funeraria-constructiva de Borchardt.

Los recientes estudios y publicaciones de Jean Kerisel, eminente científico y técnico francés, aportan nuevos e interesantes datos sobre la pirámide de Quéope (Jufuey); principalmente en lo referente a la composición del mortero empleado en la mampostería que sería el causante de los asentamientos y, consecuentemente, de las grietas que se observan en los cinco techos planos que cubren la Cámara del Rey.

El mismo autor hace también un importante estudio sobre los límites humanos en el acarreo de piedras por medio del plano inclinado, que permite descartar el uso de ciertas rampas propuestas o aceptadas, incluso por autores de gran autoridad en el mundo de la egiptología, como método de ascensión de sillares.

En el presente estudio, no se ha tenido en cuenta la localización de anomalías gravimétricas cerca de la Cámara Subterránea en los trabajos realizados por Jean Kerisel en 1992 dentro del programa de exploraciones no destructivas del Comité de Antigüedades Egipcias, por la manifiesta incerteza de las causas.

El exacto conocimiento que se tiene de la estructura de techos a contraste en las pirámides de la V y VI Dinastía en Saqqara, debido en gran parte a los recientes trabajos de investigación del Instituto Francés de Arqueología Oriental, sugieren la posible utilización del mismo diseño en los techos de la Cámara de la Reina y sobre el gablete calizo de la del Rey en la Gran Pirámide. Si fuera así, quedaría plenamente justificada la construcción de los cinco techos planos sobre la cripta, ante la presencia del mecanismo que yo defiendo.

Aún sabiendo con certeza el orden de construcción de las diversas partes que componen las cámaras funerarias en estas pirámides, se desconoce el recurso que hizo posible la colocación de las enormes vigas a contraste que forman los techos a doble vertiente. El estado de la cuestión, dado el escaso margen de posibilidades o soluciones técnicas que permiten las premisas, avala mi teoría del uso de sal como elemento de control hidráulico.

2. Sobre los respiraderos de la Cámara de la Reina

Hasta 1872, se desconocía la existencia de estos estrechos canales, dado que su embocadura permanecía oculta tras 17 centímetros de piedra del propio revestimiento de la cámara. Fueron descubiertos por el ingeniero Waynman Dixon¹ y el Dr. Grant, su ayudante, al comprobar que se podía introducir, sin límite aparente, un fino alambre a través de una grieta que recorre la pared Sur de la cámara².

Bill Grundy, peón de W.Dixon, valiéndose de escoplo y martillo, rompió la membrana de piedra que recubría la entrada al conducto. Repitieron la misma operación sobre la pared Norte, en una posición simétrica, consiguiendo localizar el respiradero homólogo. Infructuosamente intentaron distinguir por medio de humo las respectivas salidas al exterior de estos conductos, si es que existían.

Los objetos hallados

En el interior del conducto Norte, en el tramo llano, Dixon, según testimonio de Piazzi Smyth [1978, pp. 428-429] halló tres desconcertantes objetos:

- Un pequeño y doble gancho de bronce a modo de áncora.
- Una bola de granito de color gris de 8.325 granos, aproximadamente 540 gramos.
- Una porción de madera de cedro, con muescas, de unos 12 cm. de longitud.

Los objetos fueron llevados a Inglaterra y reproducidos en libros y revistas de divulgación científica como *Nature*. Dixon se los prestó a Piazzi Smyth; tal como muestra la correspondencia entre ambos y la anotación existente en el diario del astrónomo real de Escocia. Pero al poco tiempo los objetos desaparecieron sin que nadie supiera su paradero.

Parece ser que las reliquias fueron entregadas al British Museum en 1972 por Beth Porteous, bisnieta de John Dixon e, incomprensiblemente, fueron olvidadas. Aparecieron en 1993 en los almacenes del museo, dentro de una caja de cigarrillos, gracias a las pesquisas de I.E.S. Edwards a instancias de R. Bauval [BAUVAL & GILBERT, 1995, p. 249].

Bauval, en su reciente libro: *Guardián del Génesis*, amplía la información sobre esta cuestión en los siguientes términos:

"En 1972, la bisnieta de Dixon, las llevó al Museo Británico y las donó generosamente al Departamento de Antigüedades Egipcias. El recibo fue extendido con la meticulosa caligrafía del propio conservador, el doctor I.E.S. Edwards. Después las reliquias parecían haber sido sencillamente olvidadas y reaparecieron en diciembre de 1993 porque un egiptólogo, el doctor Peter Shore, leyó casualmente en el *Independent* que nosotros las buscábamos. Shore, actualmente retirado en Liverpool, era ayudante de Edwards en 1972. Recordaba la llegada de las reliquias al Museo Británico y se apresuró a advertir a las autoridades competentes que podía plantearseles un embarazoso incidente" [BAUVAL, 1997, p. 115].

Repercusión del descubrimiento de los objetos

En lo que concierne a las teorías constructivas, ninguna; carecen de utilidad.

Desde el punto de vista de las teorías funerarias o religiosas, algunos investigadores ven una posible relación simbólica del gancho con el instrumento utilizado en la ceremonia religiosa-funeraria conocida como *la apertura de la boca* en la momia, para su vivificación.

Respecto a la evolución técnica *oficial* de la civilización egipcia, constituye un molesto escollo el hecho que el doble gancho sea de bronce, dado que se acepta que esta aleación no era conocida en la época de las grandes pirámides. Su obtención y uso generalizado se sitúa en el Imperio Medio. No obstante, los trabajos arqueológicos más recientes, muestran la presencia de campamentos y objetos egipcios de finales del Predinástico y de la Dinastía I, en la franja costera del Sinaí junto con material del Calcolítico y del Bronce Antiguo Palestino [TRIGGER, KEMP, CONNOR & LLOYD, 1985, p. 178].

En cuanto a la imagen del mundo de la ciencia, su extravío y posterior olvido, es grave, dado que se trataba de los únicos objetos hallados en el interior de la Gran Pirámide. Por otra parte hay que lamentar la pérdida de la porción de madera y, consecuentemente, la posibilidad de someterla a datación por el carbono; ocasión única puesto que, si era contemporánea de los constructores egipcios, la prueba científica nos hubiera proporcionado una fecha confrontable con la tan discutida cronología arqueológica.

La longitud del respiradero Sur de la Cámara de la Reina

El enorme flujo de visitantes que recibe diariamente la pirámide hace que en su interior el aire se vuelva irrespirable. Las sales depositadas a causa del sofocante calor y la condensación del vapor de agua sobre las frías paredes de granito, desgastan irreversiblemente las piedras.

En 1990, la Organización de Antigüedades Egipcias encargó a Jean Bruno Kerisel, Alain Guillon y a Jean Kerisel, expertos en ingeniería climática, un estudio para mejorar la ventilación de la pirámide. La solución propuesta consistía en que, el aire procedente del Pasaje Descendente, llegara a la Gran Galería a través del Pozo y fuera expulsado de la Cámara del Rey con la ayuda de ventiladores instalados en las bocas de los respiraderos de esta cámara.

Aunque el proyecto recibió la aprobación, únicamente se realizó la parte menos importante del mismo: la limpieza de los conductos y la instalación de extractores de aire en la cámara real. La operación la llevó a cabo el ingeniero Rudolf Gantenbrink contratado para este menester por Rainer Stadelmann, director del Instituto Arqueológico Alemán de El Cairo [KERISEL, 1996, pp. 135-136].

Pero parece ser que Gantenbrink, recibió el encargo de mejorar el sistema de ventilación debido a que, con anterioridad, había expuesto a R. Stadelmann su proyecto de explorar los canales de la Cámara de la Reina por medio de un pequeño robot [BAUVAL & HANCOCK, 1997, p. 119].

El ingenio mecánico, llamado *Upuaut*, como el dios egipcio que conduce o abre sendas, fue concebido en un laboratorio de Munich por un equipo de técnicos en electrónica y mecánica. Construido en duraluminio, se le equipó de una videocámara orientable y un sistema de guía por rayo láser. Costó un año de trabajo y unos 250.000 \$.

El 21 de marzo de 1993, después de una larga serie de vicisitudes y de perder el apoyo del Instituto Arqueológico Alemán, Gantenbrink, consiguió introducir el robot en el canal Sur de la Cámara de la Reina.

Previamente había intentado explorar el respiradero Norte, pero desistió al observar en el monitor la existencia de un recodo en el conducto a unos 24 m. y la presencia de una barra de hierro articulada que probablemente W. Dixon utilizó para sondear el canal; viéndose obligado abandonarla al atascarse en él. Es por ello que, todavía, se desconoce la verdadera trayectoria y longitud de este respiradero.

El 22 de marzo, el *Upuaut II*, después de recorrer unos 60 m. en sentido ascendente, accede a una zona de este conducto construida con piedra calcárea de mejor calidad y más pulida, desde donde se divisa una losa provista de dos pomos de cobre (uno de ellos roto y en parte desprendido) que, a modo de compuerta, cierra el canal. Lo que hay más allá de *la puerta*, sigue siendo un misterio³.

De la exploración de los canales, por medio del proyecto Upuaut II, resultan tres importantes aportaciones en el conocimiento de la pirámide:

La primera consiste en haber determinado con precisión el ángulo de pendiente de los respiraderos corrigiendo las medidas de Petrie:

Respiradero Sur, Cámara del Rey: 45° 00' 00"
 Respiradero Norte, Cámara del Rey: 32° 28' 00"
 Respiradero Sur, Cámara de la Reina: 39° 30' 00"⁴

En segundo lugar confirma la sospecha de que los conductos inferiores carecen de salida al exterior. Gantenbrink, una vez conocido el ángulo de los respiraderos, escaló la fachada Sur (muy peligrosa en este lugar) y no observó ningún pozo en el lugar por donde debería irrumpir el conducto, según los cálculos.

Pero lo más trascendente es la constatación de que el conducto Sur de la Cámara de la Reina tiene una longitud de aproximadamente 65 m. en contra de la opinión más generalizada, hasta aquel momento, de que no sobrepasaban los 9 m.

Repercusión del descubrimiento en la teoría funeraria-constructiva

La mayoría de arqueólogos, Petrie, Borchardt, Edwards, Grinsell, Vandier, Goyon, Lauer, Lehner, están de acuerdo en que la función de las pirámides era servir de sepulcro al faraón. En la Gran Pirámide, para justificar la existencia de tres cámaras funerarias, a distintos niveles, es obligado defender la hipótesis de dos cambios de plan sobre el proyecto original [BORCHARDT, 1930].

A pesar de las múltiples evidencias de toda índole, en contra de esta teoría [RICART, 1995, 18(34), pp. 238-242], se sigue defendiendo o dando por supuesto como si de un hecho demostrado se tratara.

Lauer dice:

"Varios cambios de plan decididos durante la construcción, determinaron el establecimiento de nuevos pasajes con diferentes pendientes, derivados a partir de los primeros" [LAUER, 1988, p. 159].

Edwards es todavía más explícito:

"El abandono de la Cámara de la Reina, condujo a la construcción de dos de las más célebres obras arquitectónicas dejadas por el Imperio Antiguo; es decir, la Gran Galería y la Cámara del Rey" [EDWARDS, 1992, p. 134].

Es tanta la convicción sobre la veracidad del doble cambio en el emplazamiento de la cámara funeraria decidido durante la construcción de la pirámide que, incluso una eminencia en egiptología como Sir Alan Gardiner, con su didáctico y ameno libro *El Egipto de los Faraones*, sin pretender hacer aportación alguna al respecto, por su autoridad, colabora a la consolidación de la creencia cuando dice:

"La Gran Pirámide ha sido descrita en otras partes de modo tan completo y correcto que aquí no hace falta decir más, salvo que sus disposiciones internas muestran dos cambios de planes completamente distintos, el último de los cuales comportaba la construcción de la maravillosa Gran Galería en pendiente hacia arriba hasta el sitio del entierro, una imponente sala de granito conocida hoy como la Cámara del Rey" [GARDINER, 1994, p. 88].

Pero, la docta opinión de los arquitectos italianos Vito Maragioglio y Celeste Rinaldi, en base a un estudio eminentemente técnico sobre la pirámide, es totalmente contraria y expuesta de forma contundente:

"De todo este conjunto de elementos se puede afirmar que, el razonamiento de Borchardt, en cuanto a los tres períodos de construcción de la pirámide, no es aceptable. A nuestro modo de ver, todas las cámaras construidas en la pirámide se corresponden con un único proyecto; completamente y minuciosamente estudiado hasta el último detalle" [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1965, IV, p. 153, Obs. 42].

Uno de los pilares fundamentales de la teoría de los cambios era que, la supuesta longitud de los respiraderos de la Cámara de la Reina, indicaba o se correspondía con el nivel de la fábrica en el momento que se decidió abandonar la cámara para construir una nueva cripta que ocupara una posición más alta; es decir, la Cámara del Rey.

Así pues, el descubrimiento de que el conducto Sur de la Cámara de la Reina sobrepasa en mucho el nivel de la Cámara del Rey, al tiempo que no aporta argumento alguno a favor de la necesidad de dotar de respiraderos inconclusos a una tumba, invalida la tesis de los cambios de plan, puesto que carece de toda lógica seguir prolongando tan costoso conducto una vez se ha decidido que el sepulcro radique en otra cámara superior, no construida todavía que, a su vez, dispondrá de respiraderos propios. Es más, a lo largo de muchos metros ambos canales correrán paralelos (Figura 1).

Repercusión de los descubrimientos en mi teoría constructiva

Ya en 1991, en mi primer libro: *La pirámide de Khéops y la verdadera función de sus cámaras y pasajes*; es decir mucho antes de que Gantenbrink demostrara que los respiraderos de la Cámara de la Reina se prolongan hasta muy cerca de la fachada, asigno a estos canales una función muy específica que exige que tengan la longitud descubierta. También resulta coherente que se

dejaran cerrados puesto que, su finalidad, no fue nunca la de ventilar las cámaras.

En realidad se trata de una medida previsora ante posibles atascos del sistema mecánico de las cámaras; de tal forma que, desde el exterior, se pudiera proporcionar la ayuda necesaria. Bastaría para ello romper los escasos centímetros de piedra del revestimiento de la cámara y levantar la losa que cierra el conducto en la parte más alta, para que una cuerda pudiera penetrar y acceder a la cabria emplazada en el interior de la cámara.

El hecho de que los conductos también se dejaran cerrados por el extremo de la cámara, indica que en ningún momento hubo necesidad de utilizar este recurso; lo cual da fe del alto nivel técnico, mecánico y previsor de los antiguos egipcios.

Ahora bien, era sumamente importante que los respiraderos estuvieran permanentemente en condiciones de uso, hasta la finalización de la obra. El atasco de los contrapesos podía suceder a cualquier nivel de la obra en que se estuviera trabajando. Pero, al mismo tiempo había que evitar la posibilidad de que un desprendimiento de piedras fortuito provocara la obstrucción del canal. Es por ello que una losa a modo de compuerta protege al conducto a partir de su extremo más alto.

También era necesario disponer, más allá del sistema de protección, de una cavidad larga y estrecha, que permitiera albergar a los hombres encargados de tirar de la soga. Así se explica que la losa de cierre esté a unos 8 metros del exterior y que esta parte del conducto se construyera con piedra caliza de mayor calidad. El túnel sería rellenado con sillares al alcanzar esta zona la fase constructiva descendente.

En cuanto a los pequeños y misteriosos objetos hallados por W. Dixon en el tramo llano del respiradero Norte, cobran sentido o utilidad si se parte de la hipótesis de que la cámara albergaba el mecanismo de control y ayuda al sistema de contrapesos que yo propongo y de la función asignada a los respiraderos:

Es razonable pensar que si se necesita introducir una gruesa cuerda sin anudar a través de un estrecho conducto no recto, aparejado a lo largo de unos 75 m. de sillería, para que penetre a una estancia y que después de rodear al tambor de una cabria salga por otro conducto similar ascendente, habrá que introducir previamente y a través de ambos respiraderos, sendas cuerdas más delgadas que exigirán la incorporación de un peso en los extremos o cabos; de otra forma será imposible evitar que la soga se atasque durante su descenso. En cualquier caso es evidente que, sin el lastre, la cuerda no conseguirá sobrepasar el codo que forma el conducto cuando su trayectoria se convierte en horizontal.

Esta sería pues la importante misión de la bola de piedra de 1/2 Kg. de peso. Dado que el conducto es llano en un tramo próximo a los dos metros, es previsible que, a pesar del peso, la cuerda no penetrara hasta el interior de la cámara, sino que se quedara a medio camino del canal. Para rescatarla sería preciso introducir el brazo en el estrecho conducto y ayudándose de un mango de madera provisto de un gancho, agarrar la red envolvente del peso. Una vez que la cuerda rodeado el tambor de la cabria, se anudan los dos cabos y se tira de ella desde el exterior en la cara Sur. A esta cuerda, a modo de *hilo de Ariadna*, le sigue la verdadera sogá de trabajo o de accionado de la máquina (Figura 2).

Era conveniente que los útiles (los objetos hallados) estuvieran ya contruidos y disponibles en cualquier momento puesto que, la necesidad de su utilización, venía dada por la interrupción de la obra.

Tratándose de un recurso de ayuda en un momento concreto, su acción no debería prolongarse excesivamente en el tiempo y por ello, no sería muy grave que la cuerda sufriera un cierto desgaste al rozar con el codo del respiradero. No obstante, a pesar de que la misma parte de cuerda no volvería a cruzar la zona angular, sería más correcto evitar la fricción a efectos de no perder energía. Pues bien, un tramo de la parte superior del conducto Sur, al inicio de la trayectoria ascendente, es más alto. Este aspecto era desconocido y creó muchos problemas a Gantenbrink puesto que, para escalar en pendiente y no resbalar, el robot iba provisto de un potente pistón hidráulico que empujaba y mantenía en contacto permanente a dos ruedas de tracción contra la parte superior del conducto. El brazo móvil del robot perdía el contacto y hubo que empujarlo por medio de pletinas metálicas empalmadas, hasta sobrepasar la zona alta del canal. Esta cavidad permitiría albergar algún sistema antifricción para la cuerda.

3. Los estudios sobre la Cámara del Rey

Las precisas comprobaciones efectuadas por Jean Kerisel en la Cámara del Rey confirman las mediciones y observaciones de Petrie. La cámara real está *torcida*, el suelo no es horizontal y la pared Sur ha descendido una media de 4 cm. alcanzando los 6 cm. en la parte central; algo menos en las esquinas Este y Oeste debido a la unión de los planos. Los arquiteabes de granito están agrietados, por la parte inferior en el lado Sur y por la parte superior en el lado Norte. También el gablete superior, de piedra caliza, que forma el techo de vigas a contraste, se halla de 2 a 4 cm. abierto o aplanado. Todo ello se sabía con más o menos precisión en orden a las magnitudes. Lo que se discute es la causa de estos defectos; en particular las fisuras de los techos:

En opinión de los arquitectos Maragioglio y Rinaldi, la mayor parte de estas diferencias se deben a un asentamiento del núcleo de mampostería [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1965, IV, Obs. 35, pp. 133-135].

Los arquitectos franceses Gilles Dormion y Jean-Patrice Goidin, atribuyen las fisuras a la oculta y verdadera cámara funeraria de Quéope, que ellos sitúan por encima y al Oeste de la Antecámara [DORMION & GOIDIN, 1987, p. 114] (Figura 3).

Otros autores se inclinan por creer que todos los asentamientos se deben a movimientos sísmicos. Pero Kerisel es contrario a la causa sísmica dado que los estudios demuestran que las ondas de esta naturaleza son absorbidas rápidamente en una masa de forma piramidal. Su equipo estaba trabajando en el interior de la pirámide cuando acaeció el importante terremoto que destruyó parte de El Cairo el 12 de octubre de 1992. La pirámide vibró con una frecuencia de 3,1 Hz, pero no sufrió ningún daño ni la cámara real experimentó cambio geométrico alguno, a pesar de la intensidad del seísmo [KERISEL, 1996, p. 257].

Kerisel atribuye el aplanamiento del gablete superior, el asentamiento de la pared Sur y consecuentemente, las fisuras en los arquitrabes, a dos errores de construcción:

- Al empleo de un mortero a base de yeso *impuro* que, si recibe aportaciones de agua posteriores, desarrolla una enorme presión capaz de fracturar los sillares [KERISEL, 1991, p. 72]. Según el mismo autor, el subsuelo de Egipto no dispone de capas de yeso puro. Quéope hubo de obtenerlo a partir de sales de yeso que se depositan por la evaporación de aguas salobres. El lago Fayum sería idóneo. Pero este yeso tiene dos impurezas muy peligrosas para la construcción: la sal gema y la anhidrita que es un sulfato anhídrido de cal, ávido de agua, que desarrolla una presión considerable cuando se hidrata. El microscopio electrónico ha detectado la presencia de esta anhidrita en el mortero.

- Al hecho de que los sillares que rodean y soportan a las cámaras, son de mejor calidad y forman una mampostería más compacta con juntas menores que el resto del núcleo que, dado el enorme peso de la sillaría que soporta, se comprimió en mayor medida y en su asentamiento, arrastró la pared Sur de la Cámara del Rey [KERISEL, 1996, pp. 253-256] (Figura 4).

En cuanto a la posterior aportación de agua, Kerisel, cree que se debe a tres fenómenos:

- Condensación de vapor de agua procedente del sudor y de la transpiración de los visitantes.

- La lluvia. Esta agua hace explotar la anhídrida del mortero y favorece la aparición de la sal gema.
- La ascensión por capilaridad de la capa freática, muy contaminada por la polución de El Cairo.

Repercusión del descubrimiento en las teorías funerarias

Confirma el descenso de la pared Sur de la Cámara del Rey y por tanto invalida la hipótesis del balanceo de la cámara hacia el Norte propuesta por los arquitectos franceses Gilles Dormion y Jean-Patrice Goidin. Si a ello añadimos que los sondeos por medio de ondas electromagnéticas efectuadas por la Universidad de Waseda (Japón) [YOSHIMURA, 1987-1988, II, p. 48] no detectaron ningún vacío o defecto de masa sobre la Antecámara, la ya ilógica teoría de la cámara funeraria oculta, en esta zona, se queda sin argumentos que la puedan avalar; aspecto que será analizado más adelante.

Kerisel, sitúa el acontecimiento de la rotura de las vigas como un hecho acaecido (en su totalidad) durante la propia construcción de la pirámide; aspecto no demostrado, que le lleva a desarrollar una nueva teoría funeraria que, resumiendo y según mi interpretación, es la siguiente:

De acuerdo con la reputación de rey odiado, vertida por el testimonio de Herodoto [1968, II, p. 170], Quéope, orgulloso y obstinado, desoyó el clamor del pueblo y el consejo de los sacerdotes por una obra tan costosa y fatigante. Se empeñó hasta el extremo de llegar a dirigir personalmente la construcción de la pirámide, a partir del nivel de la Gran Galería. Esto explicaría las numerosas *anomalías* técnicas que se observan en la Cámara del Rey, el aspecto inacabado de la Antecámara y la estructura de techos planos, que obedecería a un error de concepto. Las vigas se fisuraban durante la construcción; de tal forma que el rey lo interpretó como una señal de los dioses para castigar su orgullo. Es por ello que finalmente desiste de ser enterrado en la Cámara del Rey⁵. Únicamente Quéope y su padre Esnofru, osaron alojar la cripta en el núcleo de la pirámide; ambas experiencias resultaron funestas dada la aparición de graves fisuras. En adelante las pirámides volverían al primitivo diseño de la cámara funeraria subterránea.

Repercusión del descubrimiento en mi teoría constructiva

El dato objetivo de que el yeso del mortero empleado por Quéope en la Gran Pirámide contiene anhídrida que ha evolucionado a causa de haber recibido posteriores aportaciones de agua, se ajusta perfectamente a mi hipótesis del procedimiento utilizado por los egipcios para sellar la pirámide. El control sobre los bloques obstructores que cierran el acceso al Pasaje Ascendente por

medio de sal, exige disponer de importantes cantidades de agua durante el proceso de cierre. El agua penetraría en la Cámara del Rey a través del respiradero Sur; bajaría velozmente a través de la Gran Galería y proseguiría hasta alcanzar el Pasaje Ascendente y disolver el tapón de sal encargado de retener a la cuña obstructora. Pero a medida que se disolviera el puente de sal que llenaba la zona de confluencia de los tres pasajes y que había servido para que los bloques obstructores alcanzaran el pasaje ascendente, una parte del agua se dirigiría hacia la Cámara de la Reina, dada la inclinación del corredor que conduce a esta estancia⁶ y otra parte vertería en el pozo para compactar los escombros depositados en su extremo inferior, antes de cerrar la pirámide⁷.

Para que este sistema de cierre funcione correctamente, es preciso que el agua baje a través de la Gran Galería en una cantidad considerable cada vez que lo haga. Para ello, hay que conseguir previamente llenar el conducto o respiradero Sur y hacer que penetre en la estancia en forma de chorro. Este condicionante se podría resolver utilizando una soga que cruzara todo el respiradero y llevara incorporado un tapón de cuero en su extremo inferior. Una vez lleno bastaría aflojar la cuerda para que la propia presión del agua empujara el tapón hasta penetrar en la cámara. Pero la parte más significativa a efectos del análisis de los posibles defectos en la construcción de la cámara, es que el piso de la estancia debe presentar una inclinación hacia el Sur para poder mantenerla totalmente encharcada antes de que penetre con fuerza el agua procedente del respiradero. Este aspecto es importante para lograr que la misma cantidad de agua que penetre, salga al mismo tiempo a través de la pequeña puerta que, además, no está alineada respecto al conducto que ahora hace de caño.

La primera piedra de granito del piso de la Antecámara, que sobresale 2 cm., actúa de nivel o rebosadero (Figura 5).

Una vez finalizada la fase de sellado, la cámara real seguiría por algún tiempo encharcada y lentamente desaguaría por filtración junto a la pared Sur, en mayor medida; lo cual provocaría los asentamientos y efectos constatados en esta parte.

Así, la inclinación de casi 6 cm. que presenta el piso de la cámara no se debería a asentamientos del núcleo de mampostería, sino hecha a propósito y con una finalidad muy concreta.

Evidencia de ello es el hecho insólito de que las gruesas paredes de granito que forman la cámara, descansan sobre el núcleo de piedra caliza, en lugar de hacerlo sobre las losas de granito que constituyen el piso; este se colocó una vez finalizada la cámara dándole la inclinación deseada y se fijó insertando parte del mismo en las paredes. Es por ello que se dejaron unas

protuberancias en la base de los bloques que forman las paredes de la estancia para ser esculpidas en obra, a diferencia del resto [MARAGIOGLIO & RINALDI, 1965, IV, p. 49 y Obs. 29, p. 129].

Ciertamente, no es posible edificar paredes verticales sobre un piso inclinado. De no precisar un pavimento desnivelado, hubieran construido las paredes de la cámara sobre el mismo y probablemente, a pesar de los asentamientos, la pared Sur no hubiera descendido y las vigas no se hubieran agrietado; en todo caso, en menor medida.

Petrie intuyó que podía haber algo más que asentamientos:

"las anomalías son grandes y los argumentos no convincentes" [PETRIE, 1990, p. 28].

El único error de los antiguos egipcios sería el desconocimiento de que el yeso utilizado en el mortero, se expande si se somete nuevamente a la acción del agua. Se trataría de un caso parecido a nuestro actual problema de aluminosis con el hormigón.

4. Nuevos argumentos a favor del uso de sal como elemento de control

Tal como expone Audran Labrousse en su reciente libro *L'Architecture des pyramides a textes*, la cámara funeraria de las pirámides de la V y VI Dinastía en Saqqara, plantea un problema constructivo no resuelto:

"La colocación de las vigas a contraste es el trabajo más delicado en la construcción de la pirámide. Las dificultades son múltiples. Fue preciso descender las vigas hasta el corte en "V" de los *estribos*, sin tocar las largas paredes de la cámara funeraria, situadas a 15 cm. como máximo por debajo del emplazamiento definitivo de las vigas. Por otra parte, antes de ser contrarrestada por su homóloga, la viga ocupa una posición inestable.

Al principio pensábamos que la cámara había sido llenada de arena. De esta forma, la arena, no solamente protegería las largas paredes sino que siendo progresivamente retirada, permitiría un lento descenso de las vigas hasta su emplazamiento definitivo.

Nuestra investigación en la pirámide de Onos (Ounas), única que conserva las paredes de la cámara intactas y accesibles, ha sido infructuosa; no existe resto alguno de arena entre el bisel superior de la pared y la parte inferior empotrada de las vigas. Este espacio que no sobrepasa los 15 cm., de haber contenido arena como soporte hubiera sido imposible desalojarla una vez colocadas las vigas" [LABROUSSE, 1996, I, p. 94].

Dado que se conoce con certeza el orden de construcción de la cámara, las posibles alternativas sobre su colocación se reducen considerablemente. Los condicionantes en la pirámide de Fiope I (Pepi I) son los siguientes:

Las vigas que pesan 75 toneladas cada una de ellas (28,65 m. cúbicos) fueron depositadas al borde de la excavación de la cámara y descendidas verticalmente 5,5 m. hasta su colocación. Este emplazamiento estaba delimitado por el apoyo o estribo en la base, entallado en forma de "V" y la señal trazada con pintura roja sobre el muro Oeste de la cámara, ya construido. Tenían que permanecer en esta posición, sin aplastar el delicado borde de las paredes, hasta recibir el apoyo de su homóloga a contraste (Figura 6).

El uso de sal en lugar de arena si parece factible puesto que, permitiría un descenso controlado de las vigas y no dejaría rastro de la misma entre los techos. Tampoco impediría el perfecto acoplamiento del vértice inferior de las vigas con la entalladura de apoyo.

La sal podría obtenerse por evaporación del agua del mar; no obstante, el hecho de que a unos 96 Km.al Noroeste de El Cairo (Uadi Natrun) existieran unos lagos hipersalinos que se secaban cada verano, hace más probable que tanto el estudio de este elemento como su extracción procediera de este lugar tal como se hacía con el Natrón, utilizado desde siempre por los antiguos egipcios para conseguir la deshidratación de los tejidos o momificación⁸.

5. Sobre los techos de la Cámara del Rey

El primer techo de la cámara lo forman nueve monolíticos bloques de granito con su cara inferior lisa y colocados en sentido Norte-Sur. El peso de cada uno de estos arquiteabes oscila entre cincuenta y setenta toneladas y la media se sitúa en las 56 toneladas [KERISEL, 1996, anexo III, pp. 289-290].

Sobre este techo, existen otros cuatro de similares características; aunque el segundo y el quinto lo forman 8 vigas, en lugar de 9. Todos ellos separados entre sí por espacios vacíos llamados *cámaras de descarga*, a pesar de que los arquitectos no han sabido dar una explicación científica a tan peculiar disposición.

Kerisel dice:

"nada más inadecuado que la expresión tan usual de cámaras de descarga; al contrario, son cámaras de sobrecarga" [KERISEL, 1996, p. 256].

Todo este conjunto de techos planos está rematado por once pares de grandes piedras calizas en forma de gablete o tejadillo que absorben el peso de los sillares que restan hasta la cumbre y lo descargan hacia los flancos; evitando así que graviten sobre el espacio que ocupa la cámara.

Esta insólita estructura de techos constituye uno de los aspectos más incomprensibles para los expertos, tanto técnicos como egiptólogos. Que se sepa, nunca los antiguos egipcios habían recurrido a una solución semejante y nunca más se volvió a emplear. Incluso en la propia pirámide, la Cámara de la Reina, que ocupa una posición más baja y por tanto está sometida a mayor presión, fue protegida por techos a doble vertiente tal como era usual y correcto. Es evidente que tenía que haber alguna poderosa razón para construir cinco techos de granito, en teoría innecesarios, a 50 y 70 m. de altura con un peso de 2.400.000 kg.

La hipótesis expuesta por el arquitecto francés J. Philippe Lauer es la siguiente:

"Fue entonces cuando los constructores constataron que las enormes vigas de granito se fisuraban debido al asentamiento de la pared Sur de la cámara y que intentaron remediar construyendo cámaras de descarga cubiertas del mismo modo. Pero las vigas seguían agrietándose y ello les llevó finalmente a decidir cubrir la quinta cámara de descarga, situada cerca de 65 m. de altura, por medio de grandes vigas de piedra caliza dispuestas a contraste, tal como hicieron en la llamada Cámara de la Reina" [LAUER, 1988, p. 223].

En nota aparte, añade que los egipcios confiados en la dureza del granito intentaron inútilmente evitar la utilización de las bóvedas en ángulo tal como habían hecho siempre.

Los técnicos franceses Gilles Dormion et Jean-Patrice Goidin, plantean la posibilidad de que el diseño de la techumbre obedezca a la existencia de una nueva cámara real, situada junto a la conocida y sobre el eje de simetría de la pirámide, tal como se ha expuesto anteriormente. De esta forma, al quedar el gablete del techo superior, muy por encima de la cámara oculta debido a los cinco techos, las fuerzas resultantes que aquel transmite no inciden sobre la estancia [DORMION & GOIDIN, 1987, p. 114].

Jean Kerisel dice:

"Cubrir una estancia de 5,23 m. por medio de un techo plano que soporte una presión equivalente a más de 100 m. de mampostería llena, es imposible. Quéope fue consciente de ello y creyó protegerse de este enorme peso repitiendo cinco veces este techo plano y utilizando cada vez las mismas enormes vigas de granito [...]. Es posible que pensara que esta superposición quintuplicaría la resistencia o

bien que, acercándose a la cumbre, disminuiría la carga aportada por la pirámide ? Ante la duda sobre la eficacia de este método, Quéope, termina por cubrir los techos planos por medio de vigas a contraste, tal como había hecho en la Cámara de la Reina" [KERISEL, 1996, p. 128].

Objeciones

Puesto que no existe precedente alguno que lo justifique, cuando se analizan las obras de los antiguos egipcios, debería evitarse caer en el fácil recurso de atribuir lo que no se comprende a ensayos, errores o cambios de plan. Lamentablemente, esta actitud, suele ser habitual en algunos estudiosos de la Gran Pirámide. El dominio del arte y la técnica de trabajar la piedra era total y la búsqueda de la perfección un fin.

No es satisfactoria la hipótesis de Lauer dando a entender que los egipcios pretendían cubrir la cripta, de 5 m. de luz con arquivoltas capaces de soportar todo el peso del núcleo a partir de este nivel. Ni que insistieran en superponer nuevos techos planos debido a la presencia de fisuras en los inferiores, si la finalidad era asegurar el descanso eterno del faraón.

La teoría propuesta por Dormion y Goidin, no justifica la necesidad de construir una estructura de techos tan compleja y costosa. Existen soluciones más simples, en este caso, para evitar la transmisión de los esfuerzos. Si la verdadera cámara funeraria fuera la que intuyen, nada impediría que la actual Cámara del Rey, provista de un techo como el de la Cámara de la Reina, ocupara una posición más alejada, baja o alta respecto de su homóloga. Otra solución sería que, sin modificar la disposición actual de las cámaras, la supuesta cámara verdadera ocupara otro nivel sobre el eje de simetría. Pero además, tal como ya se ha expuesto, no existe ninguna evidencia de la posible presencia de una cámara oculta en esta zona.

No es lógico suponer, como hace Kerisel, que los arquitectos egipcios creyeran que cinco techos separados entre sí soportan cinco veces más peso que uno solo; y que, aún dudando de la eficacia de esta solución, insistieran en materializar una idea tan costosa. Kerisel no aporta argumentos que justifiquen la necesidad de construir esta complicada y peligrosa estructura tan inusual en la construcción egipcia e incluso en la propia pirámide. Únicamente alega la supuesta dirección e incompetencia técnica de Quéope.

Justificación de los techos planos en mi teoría constructiva

El recurso arquitectónico del arquivoltado múltiple, empleado por los constructores de la pirámide para cubrir la cámara, queda justificado si se

acepta que la finalidad de la estancia no era funeraria sino contener y formar parte del mecanismo de construcción que yo definiendo:

Cuando la maquina trabajaba, tendía a elevarse, y una gran parte de estos empujes eran contrarrestados por el techo plano.

El hecho de que la parte inferior de los techos esté perfectamente llana, indica que se consideró la posibilidad de que en su momento, cada uno de ellos, pudiera servir de techo principal. Si hubieran dotado únicamente de un techo a la estancia y durante la construcción de la pirámide; ya sea por movimiento sísmico, golpe de maquina o asentamiento del núcleo de mampostería hubiera cedido, los daños en la obra serían considerables e incluso irreparables si se estuviera trabajando a niveles altos puesto que ello obligaría a desmontar la pirámide hasta alcanzar nuevamente el nivel del primer techo; o bien, abandonar la obra. No sería factible trabajar apoyando la máquina contra el techo en gablete. Desde un punto de vista constructivo es incorrecto y en este caso, sumamente peligroso, tal como luego expondré.

Los hechos demuestran que los egipcios tenían razón al temer un posible accidente de estas características puesto que, todas las vigas están visiblemente fisuradas. Es prácticamente seguro que por lo menos uno de los arquitebes del primer techo se fisuró durante la construcción de la pirámide. La presencia del conducto excavado en lo alto de la Gran Galería que conduce a la cámara de Davison (espacio comprendido entre el primer y segundo techo) y el testimonio de Petrie cuando afirma que una de las grietas fue estucada desde el interior de la cámara, lo corrobora. Pero este mismo argumento invalida la tesis de Lauer de que los techos se fisuraban a medida que se colocaban; puesto que, de ser así, no hubieran excavado el túnel en dirección a la cámara de Davison para comprobar la gravedad de los daños, dado que esta cámara no existiría.

De acuerdo con la teoría mecánica la separación entre techos podría parecer excesiva o innecesaria; no es así pues, tal holgura, responde a la conveniencia de que la eliminación de todo o parte del techo se hiciera por la parte superior de las vigas. La cavidad debe pues permitir holgadamente la posición sentada de los picapedreros.

La máquina no podía apoyarse contra el techo en gablete puesto que es la estructura que soporta y descarga todo el peso de los sillares que restan hasta la cumbre; unas 20 atmósferas. Para poder resistir esta enorme presión, la bóveda debería tener el mismo diseño que se constata en los techos de las cámaras funerarias de las pirámides de la VI Dinastía en Saqqara, de las cuales hoy se tiene un conocimiento exacto debido al estado ruinoso en que se encuentran

[GOYON, 1990, p. 203 y 219]. Aún siendo mucho menores que las de Guiza, estas pirámides, protegen su cámara funeraria con una techumbre formada por tres niveles de vigas a contraste; pero no se trata de tres bóvedas independientes totalmente, sino de una sola construida por tres capas de vigas que, a partir de los apoyos, se separan mutuamente con cierto ángulo (inferior a 2 grados) para formar cámaras de descarga. Las vigas son todas de la misma medida y esto permite que el peso propio y el que recibe cada capa, se transmita lateralmente [LABROUSSE, 1996, I, pp. 94-101]. Esta bóveda tan resistente al aplastamiento, es sumamente frágil ante un empuje ascendente. Puesto que se trata de vigas apoyadas, no pueden contrarrestar esfuerzos verticales (Figura 7).

No sería correcto adoptar el diseño de la verdadera entrada a la pirámide, tal como se podría desprender de la observación que hace al respecto J.Ph. Lauer:

"Estas vigas a contraste fueron seguramente repetidas, tal como se constata en la entrada al pasaje descendente, por una segunda hilera de vigas parecidas" [LAUER, 1988 p. 223].

La teoría funeraria de Kerisel, pierde fuerza dado que los supuestos errores técnicos o de concepto no son tales. Petrie ya sugirió que posiblemente el genial arquitecto de la Gran Pirámide falleció una vez finalizada la espléndida galería y que fue sustituido por un técnico menos competente. Pero tanto Petrie entonces como Kerisel ahora, dan por seguro que la Antecámara y la Cámara del Rey, estaban destinadas a guardar los restos mortales del faraón más poderoso de su época. Por contra, desde un punto de vista mecánico-constructivo, se comprende y es fácilmente admisible que las paredes de la Antecámara se dejaran sin pulir dado que este habitáculo formaba parte de una máquina. También que el piso esté desnivelado y una piedra del pavimento de la Antecámara sobresalga, puesto que lo exige la fase de sellado tal como se ha expuesto. En cuanto a la incomprensible estructura de los cinco techos planos, se ha visto que su diseño es el que corresponde a su función y que la posibilidad de varios accidentes estaba ya prevista. Incluso la presencia del misterioso *sarcófago* de piedra sin inscripciones, sin tapa y con evidentes defectos de corte, cobra sentido si se destina a recipiente para contener el lubricante del mecanismo.

Si la finalidad de las cámaras era la propia construcción de la pirámide, cumplieron perfectamente su misión: la pirámide se construyó y después de casi 5.000 años y del bárbaro expolio sufrido, sigue en pie.

6. Teoría constructiva de Kerisel

Su diagnóstico es muy acertado cuando dice:

"Todos los intentos para explicar la construcción de la Gran Pirámide, pueden clasificarse en dos grupos o familias mutuamente excluyentes: los rampistas y los partidarios de las máquinas; siendo más probable que la solución radique en una combinación de ambos sistemas" [KERISEL, 1991, p. 81].

Como método constructivo propone una rampa sobre la fachada Sur de la pirámide, con una pendiente del 8% hasta la altura de la Cámara del Rey y la utilización de maquinas a contrapesos tipo J.P. Adam, a partir de este nivel.

Rampas

Sus estudios sobre el plano inclinado aportan datos científicos muy importantes respecto a las posibilidades y limitaciones de este medio en cuanto al acarreo y ascensión de piedras. Las pruebas de deslizamiento sobre lodo o limo, con un grado preciso de plasticidad, demuestran que para pesos medianos del orden de $1,2 \text{ T/m}^2$, el esfuerzo es equivalente a un 10% del peso arrastrado. Este porcentaje aumenta con la presión de los patines, llegando a alcanzar el 30% del peso. Si se sobrepasa $1,5 \text{ T/m}^2$, (coeficiente de fricción igual a 15%) los patines expulsan el lodo y la fricción aumenta considerablemente [KERISEL, 1996, pp. 281-285].

La disponibilidad energética del ser humano para el acarreo de bloques, sobre un plano inclinado disminuye rápidamente en función del grado de pendiente y de la velocidad. Considerando una marcha moderada del $0,3 \text{ m/s.}$, los 6 hombres que se precisan para arrastrar una tonelada en llano, se convierten en 10 sobre rampas de un 8%; y 83 hombres si se trata de un 20% de inclinación. La energía disponible es nula ante un 22% de pendiente [KERISEL, 1996, p. 210].

Maquinas elevadoras

Apoyándose en el relato de Herodoto [1968, II, CXXV, p. 169], de que la pirámide fue construida por medio de máquinas elevadoras hechas de maderos cortos emplazadas sobre las gradas, a Kerisel le parece factible el modelo propuesto por J.P.Adam, dotando al brazo de la posibilidad de giro horizontal a fin de facilitar la operación de descarga sobre la hilada superior [KERISEL, 1996, p. 214].

Consiste en una báscula, donde los sillares son contrapesados por una caja llena de pequeñas piedras. El brazo elevador pivota en sentido vertical y

horizontal. Cada grada dispone de una caja de piedras preparada para actuar de contrapeso (Figura 8).

Objeciones

- En cuanto a la primera fase constructiva, es decir la rampa, cabe objetar que un desnivel del 8%, parece todavía algo excesivo teniendo en cuenta la duración prevista, el intenso ritmo de trabajo que impone una obra de estas dimensiones, la considerable longitud de la calzada, la existencia de numerosas piedras con un peso comprendido entre 20.000 y 70.000 Kg. y por los factores siguientes:

- Es difícil de creer que para lubricar el plano utilizaran lodo, a causa de los múltiples inconvenientes que esta solución plantea. Tal como el propio autor señala, existe un grado óptimo de humedad, por encima del cual es demasiado líquido y fluye por debajo de los patines. Por contra, deshidratado se convierte en un freno [KERISEL, 1996, p. 202].

- La inmensa cantidad de sillares que forman la pirámide, no permiten reducir la jornada de trabajo únicamente a las horas menos calurosas del día.

- Suponiendo que pudieran evitar la evaporación del agua, la parte baja de la rampa estaría siempre más húmeda que la parte alta.

- Si bien existe el testimonio gráfico arqueológico del arrastre de una gran escultura con un supuesto peso de 70 toneladas⁹, esta solución no es viable cuando se trata de un proceso repetitivo. El barro se esparciría y se convertiría en un obstáculo para la marcha de los hombres que preceden al primer equipo.

Sobre las máquinas elevadoras hay que señalar que, la báscula de J.P. Adam, presenta en mayor o menor grado los mismos inconvenientes que se observa en los aparatos propuestos por otros investigadores. Tal es el caso de los balancines de Legrain y Choisy, el Chaduf de Louis Croon, los cabrestantes abatibles de Hermann Strub-Roessler, o las palancas de Peter Hodges:

- Sistema inestable, lento y peligroso.
- Los escalones de la pirámide no proporcionan la superficie necesaria para emplazar los aparatos.

- Dada su lentitud, se precisarían miles de aparatos trabajando a la vez y a diferentes niveles de la obra, con evidente riesgo de graves accidentes.
- A medida que se asciende, la superficie de trabajo se reduce y por consiguiente, es imposible ganar tiempo por el recurso de utilizar muchos aparatos de forma simultánea.
- Las gradas se desgastarían por su constante utilización.

Pero, el mayor y más evidente inconveniente, es que exige colocar el revestimiento pétreo en sentido descendente, apoyado sobre las gradas. Esto no es posible pues, la verdadera pirámide estaba formada por el recubrimiento. El núcleo de caliza fósil, hoy visible y de menor calidad, constituía la masa de relleno.

Repercusión sobre las teorías constructivas

Las limitaciones en el uso del plano inclinado, establecidas por Kerisel, representan un serio obstáculo para las teorías que pretenden explicar la construcción de la Gran Pirámide valiéndose de una rampa que se prolonga hasta la cumbre; puesto que, respetando una pendiente del 8%, el plano estaría 1800 m. del centro de la pirámide; sobrepasando y alejándose en más de 800 m. de las canteras de donde se extrajo la piedra caliza fósil utilizada en la construcción del núcleo. Es el caso de las rampas propuestas por Petrie, Borchardt y otros investigadores.

El dato objetivo de la imposibilidad de utilizar una rampa con pendiente superior al 22% dado que, con estos valores, el operario precisa de toda su energía para elevar su propio peso; sentencia la teoría propuesta por Lauer. Su plano inclinado empieza con un desnivel equivalente a 1/14 para la colocación de las hiladas inferiores y finaliza con 1 parte por cada 2 en la cumbre. Incluso en el nivel 92,5 m., la pendiente alcanza ya el 25% [LAUER, 1988, p. 222].

Respecto a las rampas envolventes, el principal inconveniente es que se precisan por lo menos 900 hombres para arrastrar un arquitrabe de la Cámara del Rey, con su enorme trineo y las gruesas cuerdas. Aunque se distribuyeran los hombres en 8 hileras de maromas paralelas, la larga cadena humana se toparía con el insuperable problema de maniobrar en las esquinas que, en este caso, sus valores angulares son inferiores a los 90°. Todo ello sin menospreciar otros aspectos también muy problemáticos como son la dificultad de conseguir una cadencia en los tirones de las sogas y la falta de estabilidad en los altos terraplenes.

Repercusión sobre mi teoría constructiva

Desde un planteamiento muy distinto al mío, Kerisel llega a la misma conclusión: la rampa no debería sobrepasar en altura el nivel de la Cámara del Rey.

En cuanto a la pendiente del plano, admite como factible un desnivel superior al mío por lo cual, si bien la idoneidad es discutible, no implica contraposición técnica alguna sino todo lo contrario.

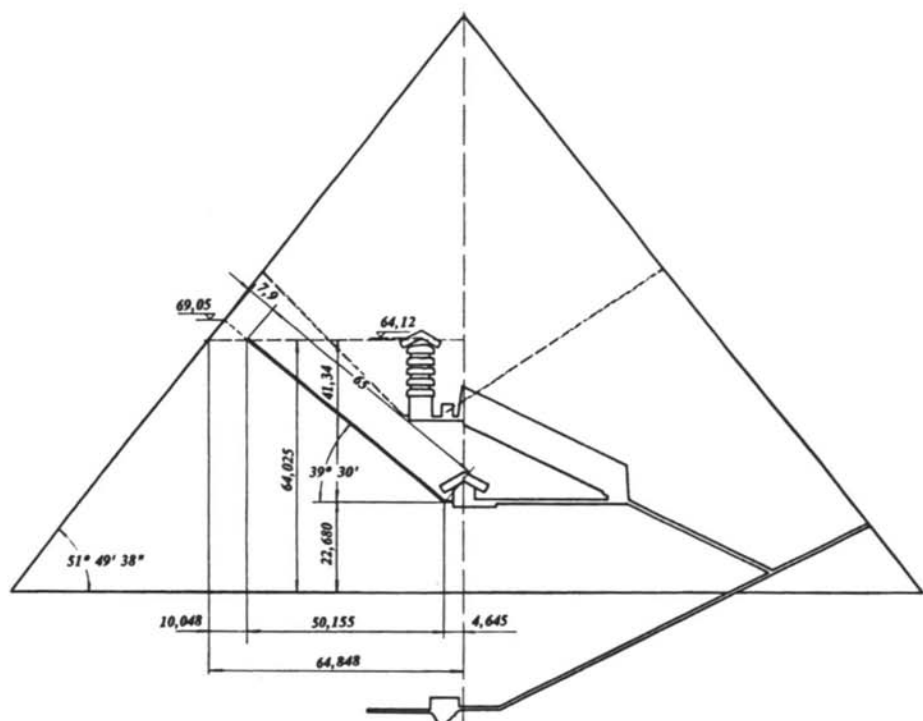


Figura 1. Conducto Sur de la Cámara de la Reina

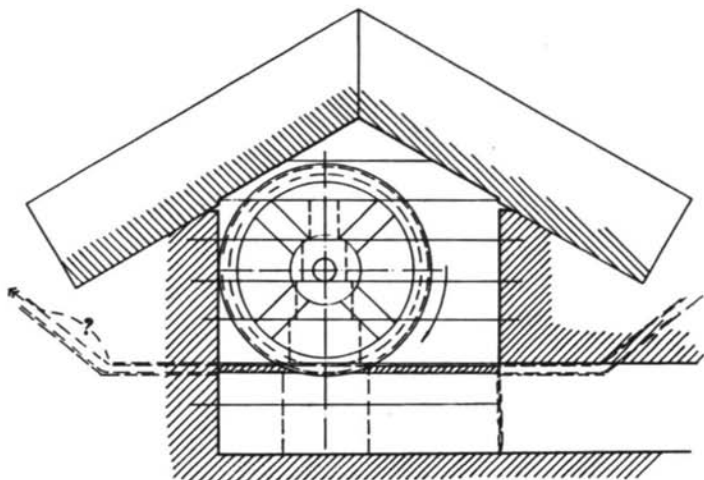


Figura 2. Cámara de la Reina. Ruta seguida por la cuerda durante la fase de ayuda desde el exterior

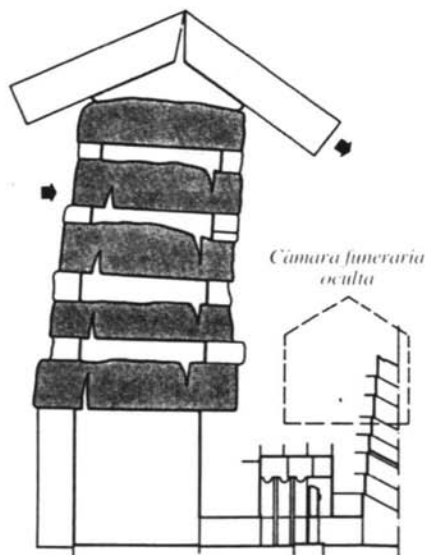


Figura 3. Hipótesis de Gilles Dormion y Jean-Patrice Goidin sobre la causa de las grietas en los arquivoltas de la Cámara del Rey (con exageración de las anomalías)

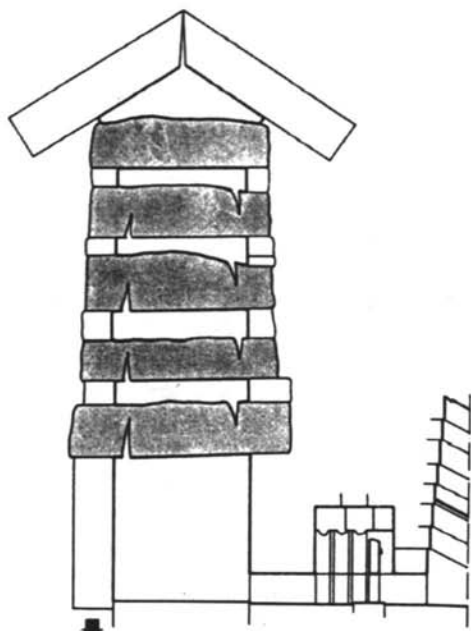


Figura 4. Hipótesis de Jean Kerisel sobre la causa de las grietas en los arquivoltas de la Cámara del Rey (con exageración de las anomalías)

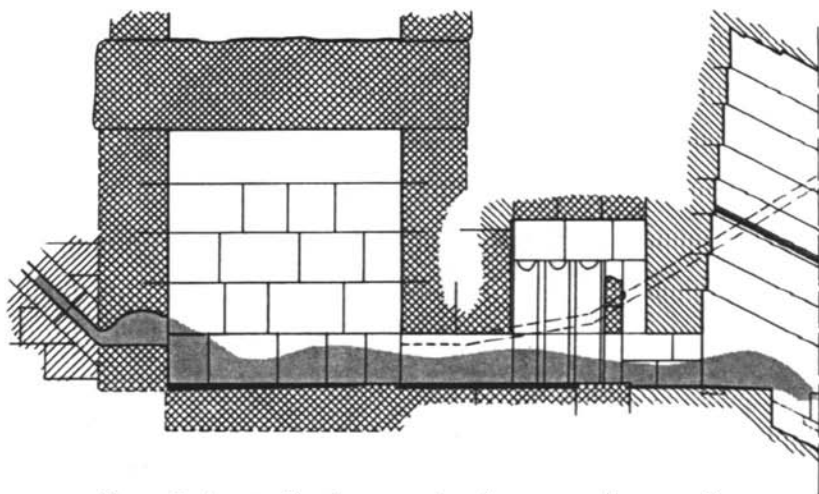


Figura 5. Aportación de agua a las cámaras, en la operación de sellado de la pirámide

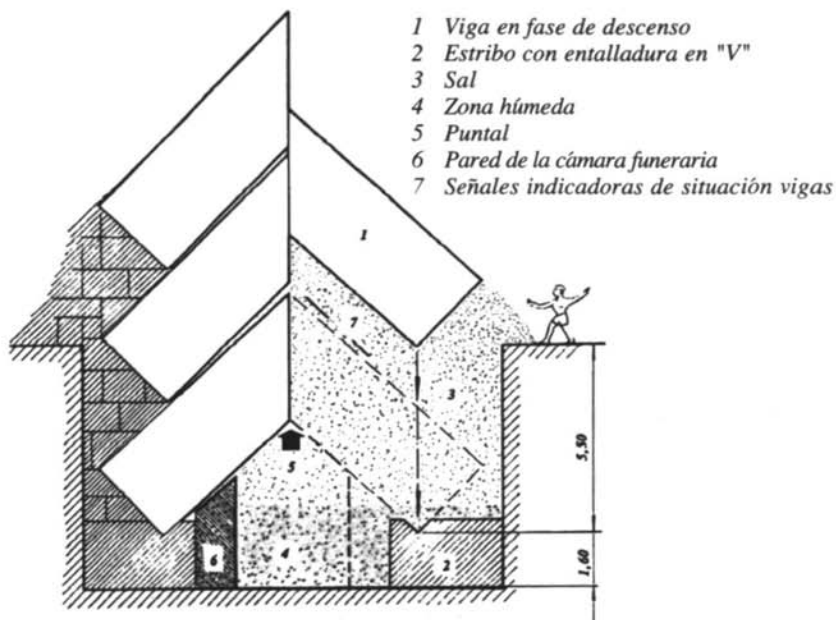


Figura 6. Colocación de vigas apoyadas por el sistema hidráulico de disolución salina

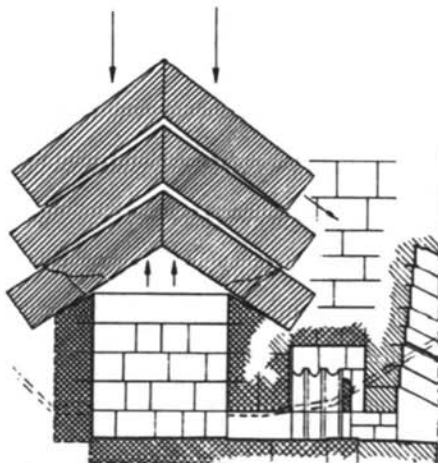


Figura 7. La Cámara del Rey desprovista de sus cinco techos planos. Fragilidad de las vigas apoyadas, ante empujes ascendentes

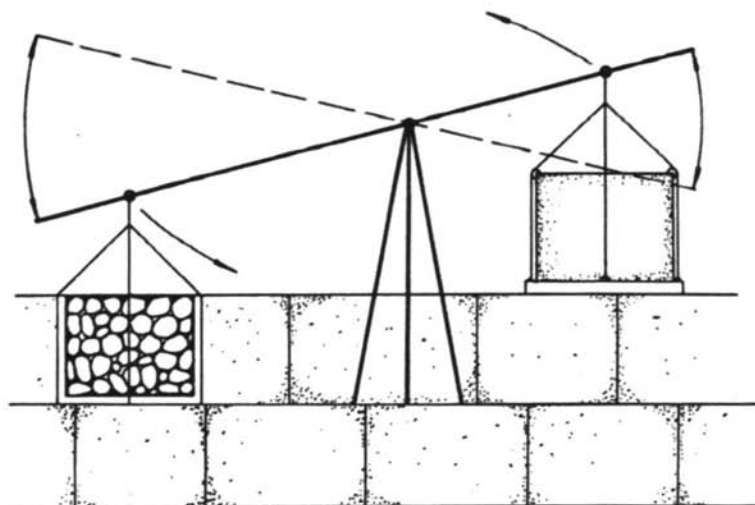


Figura 8. *Máquina elevadora de sillares propuesta por J.P. Adam y Jean Kerisel*

NOTAS

1 John Dixon y su hermano Waynman, constructores de estructuras metálicas de Newcastle, trabajaban en la construcción de un puente sobre el Nilo. Fueron contratados por Sir Erasmus Wilson, para supervisar el transporte a Inglaterra del obelisco llamado la aguja de Cleopatra de 200 toneladas de peso. Se trataba en realidad de uno de los dos obeliscos erigidos en Heliópolis por Tutmosis III, alrededor de 1468 a.d.C. El emperador Augusto, en el año 10 a.d.C., los trasladó a Alejandría y los erigió delante del templo dedicado a Julio Cesar. Para su transporte, John Dixon fabricó un contenedor cilíndrico de metal equipado con mástil y velas que fue remolcado por el vapor S.S. Olga, en un accidentado viaje. Desde 1878 se alza en el muelle Victoria de Londres. Su homólogo, ofrecido por el jedive Ismael a Estados Unidos de América, se halla en Central Park desde enero de 1881.

2 Véase KERISEL [1996, p. 123]. Opina que la ejecución de esta cámara no es perfecta y que las grietas se produjeron a causa de un asentamiento de la pared Sur, del orden de 15 m.m. en la parte central.

3 Todos las gestiones encaminadas a conseguir la autorización para proseguir la exploración de los conductos, han resultado infructuosas. Gantenbrink a finales de 1994 anunció en París que estaba dispuesto a facilitar el robot a los egipcios e incluso a adiestrar a un técnico egipcio a tal fin, pero la Organización

Egipcia de Antigüedades, rehusó el ofrecimiento alegando estar muy ocupados. Véase BAUVAL [1997, p. 125].

4 Véase BAUVAL & GILBERT [1995, p. 183]. Robert Bauval, pretende deducir la época de construcción de la Gran Pirámide, a partir de la hipótesis de que la prolongación de la trayectoria de los respiraderos sobre el firmamento coincidía, en su día, con la posición de determinadas estrellas; y que, la disposición de las pirámides sobre la meseta de Guiza, se corresponde con la que aparentemente nos ofrece la constelación de Orión. De ser así, el respiradero Sur de la Cámara del Rey se alinearía astralmente con Al Nitak (Zeta Orión) y el Norte apuntaría a Alfa Dragón, la antigua Estrella Polar. El conducto Sur de la Cámara de la Reina nos indicaría la estrella Sirio y el Norte a Kochab (Beta Osa Menor) Esta sincronía se da (según los cálculos de Bauval) en el 2.500 a.d.C. y preferentemente en el 10.500 a.d.C.

Por no tratarse de una teoría constructiva, no será objeto de análisis en el presente trabajo; no obstante, y puesto que Bauval libera a los respiraderos de la función mecánica que yo les atribuyo, quiero señalar que su teoría no podría explicar de forma coherente porqué los conductos *estelares* cambian su trayectoria antes de acceder a las cámaras; ni porqué los de la Cámara de la Reina se dejaron cerrados a diferencia de los que parten de la cámara superior.

5 Herodoto relata que Quéope fue sepultado en una especie de isla subterránea a la cual llegaba el agua del Nilo por medio de un canal. Esta tumba no ha sido hallada y la mayoría de egiptólogos no creen en su existencia. Diodoro de Sicilia cuenta que tanto Chembès (Quéope) como Kephren (Quefrén) ordenaron a sus sirvientes ser enterrados en secreto y en lugar desconocido, por temor a que sus tumbas fueran saqueadas y sus cuerpos exhumados a causa del odio que el pueblo sentía hacia ellos. Véase DIODORO [1865, I, LXIV, p. 73].

6 Inexplicablemente para los arqueólogos, los primeros exploradores, hallaron las paredes de la Cámara de la Reina moteadas de sal en un espesor de hasta 13 m.m. El asentamiento de la pared Sur de la cámara, del orden de 15 m.m., señalado por Kerisel, podría deberse también a la acción del agua sobre el mortero del núcleo de mampostería; provocando el mismo fenómeno observado en la cámara superior.

El corredor que conduce a la Cámara de la Reina, está formado por sillares que forman una mampostería con juntas coincidentes. Esta insólita disposición constructiva llevó a los arquitectos franceses Gilles Dormión y J. Patrice Goidin, a solicitar permiso de las autoridades egipcias para practicar tres agujeros en los bloques de la pared Oeste. La operación se llevó a cabo en 1986 con relativo éxito, dado que se localizaron espacios supuestamente vacíos que contenían una arena especial formada en su mayor parte por cuarzo. Véase DORMION & GOIDIN [1987, pp. 121-141].

En 1987 la existencia de estas cavidades y otra posterior, paralela al corredor a lo largo de unos 30 m., fue detectada por medio de ondas electromagnéticas en unas pruebas de sondeo efectuadas por la Universidad de Waseda (Japón) bajo la dirección de Sakuji Yoshimura. Véase YOSHIMURA [1988, I-II].

J. Kerisel denuncia la presencia de cloruro de sodio en las muestras de arena de cuarzo y, sin hacer mención de las investigaciones llevadas a cabo por los

japoneses, opina que de lo detectado por los franceses no debería inferirse la existencia de grandes espacios vacíos o cámaras ocultas sino simplemente zonas de menor densidad. Las mediciones microgravimétricas efectuadas por medio de un péndulo extremadamente sensible indican que, localmente en el lado Oeste del corredor que conduce a la Cámara de la Reina, la densidad se sitúa entre 1,8 y 1,9 Kg./dm.³; valores inferiores a los de la piedra caliza de revestimiento, que es de 2,5 Kg./dm.³; así como respecto a la caliza fósil característica del núcleo que no supera los 2,354 Kg./dm.³ Véase KERISEL [1991, p. 67] .

7 Es muy improbable que en el pozo se puedan hallar evidencias arqueológicas de haber recibido en su día aportaciones de agua y sal, dado que el conducto fue desatascado en 1830 por el capitán Caviglia, desalojando los escombros formados por tierra, grava y las deyecciones de innumerables murciélagos que a lo largo de cientos de años habitaron la pirámide. No obstante, Kerisel, hace una importante observación: el corredor llano que conduce a la cámara subterránea, está cruzada por dos grandes fisuras rellenas de un mortero rojizo que al analizarlo en laboratorio, por medio de rayos X, se comprobó que estaba formado por yeso y cloruro de sodio. Véase KERISEL [1996, p. 121].

8 La reacción química que se produce en Uadi Natrun, de forma natural, es inversa a la que se da en el laboratorio. El fenómeno fue estudiado y descrito por Berthollet, miembro de la expedición científica francesa de 1798 y constituye el punto de partida de la química física: el Carbonato Cálcico, descompone el Cloruro Sódico (sal) en presencia de calor y humedad. El resultado es la formación de Carbonato de Sodio (Natrón) y Cloruro Cálcico.

GILLISPIE, Charles. C.(1994) "Ciencia en la campaña egipcia de Napoleón." *Investigación y Ciencia* (noviembre de 1994) pp. 64-71.

9 Coloso de Djehutihotpe, XII Dinastía. Bajo relieve en su tumba de Deir el-Bersha.

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*. 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*. 10ª ed. Buenos Aires, Kier.
- BAUVAL, R. & GILBERT A. (1995) *El Misterio de Orión*. Barcelona, Emecé Editores [Título de la edición original: *The Orion Mystery*, 1994].
- BAUVAL, R. & HANCOCK, G. (1997) *Guardián del Génesis*. Barcelona, Planeta / Seix Barral, 1ª ed. [Título original: *Keeper of Genesis*, 1996].
- BELZONI, G. (1979) *Voyages en Egypte et en Nubie*. "Les grandes aventures de l'archéologie", 351. París, Pygmalion, Gérard Watelet.
- BORCHARDT, L. (1926) *Längen und Richtungen der vier Grundakten der Grossen Pyramide bei Gise*. Berlín, J. Springer.

- (1930) *Einiges Zur dritten Bauperiode der grossen Pyramide bei Gise*. Berlin.
- BRUCHET, J. (1965) *Nouvelles Recherches sur la Grande Pyramide*. Aix en Provence, La Pensée Universitaire.
- CAPART, J. (1930) *Memphis à l'ombre des pyramides*. Bruselas, Vromant.
- SOMERS, C. & ENGELBACH, R. (1930) *Ancient Egyptian Masonry: The Building Craft*. Oxford University Press.
- (1990) *Ancient Egyptian Construction and Architecture*. New York, Dover Publications Inc.
- COLE, J.H. (1925) *Determination of the Exact Size and Orientation of the Great Pyramid of Gizeh*. El Cairo Government Press, paper 39.
- 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].
- DIODORO, S. (1865) *Bibliothèque Historique*, Libro I. París, Librairie de L. Hachette et Cie.
- DORMION, G. & GOIDIN J.P. (1987) *Les nouveaux Mystères de la Grande Pyramide*. París, Éditions Albin Michel.
- (1986) *Kheops, Nouvelle enquête*. París, Editions Recherche sur les Civilisations.
- EDGAR, M. (1924) *The Great Pyramid, Its Scientific Features*. Glasgow, MacLure & MacDonald.
- (1924) *The Great Pyramid and Its Spiritual Symbolism*. Glasgow, Bone & Hulley.
- (1924) *The Great Pyramid and Its Time Features*. Glasgow, Bone & Hulley.
- EDWARDS, I.E.S. (1992) *Les Pyramides d'Egypte*. París, Librairie Générale Française.
- EDWARDS, I.E.S. (1993) *The Pyramids of Egypt*. Middlesex, Penguin.
- FAKHRY, A. (1956) *The Monuments of Sneferu at Dashur*. El Cairo, Government Press.
- (1954) *The Bent Pyramid at Dashur*. El Cairo, Government Press.
- (1961) *The Pyramids*. Chicago, University of Chicago Press.
- FRENCH, G. (1809-1822) *Description de l'Égypte-recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*. París, French Government (21 vols).
- GARDINER, S.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*. 2ª ed. Madrid, Alianza Forma [Título original: *The Eternal Present - The Beginnings of Architecture - A Contribution on Constancy and Change*].
- GONEIM, M.Z. (1956) *The Lost Pyramid*. Nueva York.
- GOYON, G. (1944) *Les inscriptions et graffiti des voyageurs sur la Grande Pyramide*. El Cairo, Societé Royal de Géographie.
- (1990) *Le secret des bâtisseurs des grandes pyramides. Khéops*. 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. (1960) *The Great Pyramid of Khufu and Its Chapel*. El Cairo, Government Press.
- HERODOTO (1968) *Los nueve libros de la Historia. Libro II, Euterpe*. Madrid, Edaf.
- 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 Âges*. París, Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées.
- (1996) *Génie et démesure d'un Pharaon. Khéops*. París, Stock, 1996.
- 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.
- (1991) *Les Pyramides de Sakkara*. El Cairo, Institut Français d'Archéologie Orientale (IFAO)
- LABROUSSE, A. (1996) *L'Architecture des pyramides à textes*. Le Caire, Institut Française d'Archéologie Orientale, 2 vols.
- (1991) *Regards sur une pyramide*. Paris, Fondation Electricité de France.
- LEHNER, M. (1997) *The Complete Pyramids*. London, Thames and Hudson.
- LEPSIUS, R. (1843) *Über den Bau der Pyramiden*. El Cairo.
- LUCAS, A. (1948) *Ancient Egyptian Materials and Industries*. Londres, Edward Arnold.
- MARAGIOGLIO, V. & RINALDI, C.A. (1965) *L'Architettura delle Piramidi Menfite IV*. 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'Egypte. Le secret de leur construction*. París, Tallandier.
- PERRING, J.S. (1839-1842) *The Pyramids of Gizeh from Actual Survey and Measurement on the Spot*. Londres, J. Fraser.
- PETRIE W.M.F. (1893) *The Great Pyramid*. Londres, Tract Society.
- (1892) *Meidum*. Londres, David Nutt.
- (1883) *The Pyramids and Temples of Gizeh*. Londres, Field & Tuer.

- (1898-1905) *History of Egypt*. Londres, Methuen.
- (1931) *70 Years in Archeology*. Londres, S.Low, Marston.
- (1893) *Ten Years Digging in Egypt*. Londres, Religious Tract Society.
- (1990) *The Pyramids and Temples of Gizeh*. London, with an update by

Zahi Hawass.

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

----- (1994) *La Piràmide de Khêops. Exposición y nuevo análisis del sistema constructivo*. Tarragona, edición privada.

----- (1995) "Teoría sobre la Construcción de la Gran Pirámide de Egipto". *Llull*, 18(34), 223-273.

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

ROMER, J. y E. (1996) *Las Siete Maravillas del Mundo*. Barcelona, Ediciones del Serbal.

RUTHERFORD, A. (1961) *Pyramidology*. Dunstable, Bedfordshire, Institute of Pyramidology.

----- (1957) *Outline of Pyramidology*. Londres, institute of Pyramidology.

SMYTH, Ch.P. (1864) *Our Inheritance in the Great Pyramid*. Londres, A. Straham & Co.

----- (1867) *Life and Work at the Great Pyramid*. Edinburgo, Edmonton & Douglas.

----- (1884) *New Measures of the Great Pyramid*. Londres, R.Banks.

----- (1978) *The Great Pyramid. Its Secrets and Mysteries Revealed*. New York, Bell Publishing Company.

STADELMANN, R. (1991) *Die ägyptischen Pyramiden vom ziegelbau zum weltwunder*. Mainz-Rhein, Philipp von Zabern.

----- (1990) *Die grossen Pyramiden von Giza*, Graz.

TOMPKINS, P. (1987) *Secretos de la Gran Piràmide*. 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.

VANDIER, J. (1952-55) *Manuel D'Archéologie Egyptienne*. París.

YOSHIMURA, Sakuji (1988) "Non-Destructive Pyramid Investigation". *Studies in Egyptian Culture*. Tokyo, Waseda University, 2 vols.