

Observaciones sobre la pirámide de Jaefra

Pere Simó, Geólogo
27 de Abril de 2007

Introducción

Son las nueve de la mañana de un mes de abril, un día después de un fuerte “Hamásín” (viento del desierto), y nos disponemos a hacer, como en otras ocasiones, nuestra visita a la zona de las pirámides de Giza. Compramos en la caseta las correspondientes entradas al recinto, y nos dirigimos a la zona de las mastabas del cementerio Oeste. Atravesando a pie el cementerio por las calles centrales, nos vamos acercando a la pirámide de Jaefra. Los caballos y camellos se cruzan en nuestro camino, y vamos sorteando algunos pozos y montículos saltando de calle en calle.

Cruzamos la carretera asfaltada que bordea las pirámides y que la separa del camposanto occidental de Jufu, y llegamos a la explanada de la pirámide de Jaefra, después de pasar por una hondonada recubierta de arena, y saltar un muro de piedra calcárea natural de 10 m de espesor.

Andamos por dicha explanada; rodeamos toda la pirámide sobre una plataforma totalmente enlosada en su cara E y parcialmente en sus caras S y O y que en toda su cara N, y parcialmente en sus caras O y S, el suelo coincide con la propia roca calcárea natural.

Detrás de una pareja que está sentada charlando profusamente, en la base de la pirámide junto a su

Figura 1 - Vértice NO de la pirámide de Jaefra



vértice NO, aparece una visión que nos sorprende. Desde el suelo hasta los 6 primeros escalones no se observan líneas de sutura entre bloques. ¿Un solo bloque con 6 escalones?, ¿Unos bloques inusualmente grandes?.

No. La base del núcleo de la pirámide en sus caras N, O y S, esta formada por un solo bloque, o sea está excavada directamente sobre la roca calcárea original.

Un solo bloque en el núcleo de la pirámide

En el vértice NO de la pirámide, tanto en la cara N como en la O se observa bien la falta de líneas de sutura en los 6 primeros escalones de la parte inferior del núcleo de la pirámide. Las únicas líneas que se aprecian son las de la propia estratificación o bien las de las fracturas verticales sin desplazamiento (llamadas diaclasas) que cortan todas las hileras de escalones por igual, y que por tanto son propias de la roca sedimentaria original.

Sobre los citados escalones, se observan bloques bien delimitados de tamaño medio, quedando patente la separación entre el núcleo escalonado y los bloques del revestimiento exterior.

Figura 2 - Cara O del muro perimetral exterior.



Los escalones excavados del núcleo tienen unas dimensiones aproximadas de 1,00 a 1,1 m de altura, excepto en la fila inferior que es de 1,20 a 1,40 m. La primera hilera o escalón muestra subdivisiones



Figura 3 - Núcleo monobloque en cara O de la pirámide de Jaefra.

en dos o más escalones menores en algunos tramos, especialmente cerca de los vértices. Los escalones excavados se distribuyen regularmente de lado a lado de las caras de la pirámide.

Al pasear por las explanadas al pie de la pirámide, y colocados de espaldas a sus caras N y O, divisamos un muro perimetral, cortado en vertical sobre la roca original donde puede determinarse la columna estratigráfica local, que se muestra en la figura 12. En foto aérea, se adivina en la mencionada pared vertical N una cicatriz paralela a ésta, situada 10 m más al N y que se convierte hacia el E en un muro a dos caras.

Los estratos naturales de caliza fosilífera de la meseta de Giza están dispuestos con una inclinación de buzamiento medido de $6,2^\circ$ hacia N124°E.

El citado muro perimetral tiene una altura entre 7 y 8 m en su vértice NO, y fue excavado sobre la roca natural mediante cincel como lo atestigua el sinfin de pequeños surcos en la superficie de ésta, unos paralelos entre sí e inclinados 60° , y otros paralelos pero en 2 direcciones cruzadas.

En la cara O del citado muro, desde su vértice NO y hacia el S, el muro pasa de 8 m de altura a 5 m justo en la proyección al O del vértice SO de la pirámide.

En la cara N desde el mismo vértice NO y hacia el E, el muro pasa a tener 0 m de altura antes de llegar a la proyección al N del vértice NE de la pirámide, concretamente a 185 m del citado vértice NO.

En este mismo sentido, al igual que en el muro perimetral, en la base del núcleo excavado sobre la roca original visible en las caras de la pirámide se reproduce la diferencia de alturas y de número de escalones de la siguiente forma:

- a) En el vértice NO de la pirámide la altura visible del núcleo de roca natural es de unos 6,5 m y forma de 6 a 7 escalones.
- b) En el vértice SO la altura visible es de unos 4,5 m y forma 4 escalones.
- c) A 185 m del vértice NO hacia el E por la cara N, la altura pasa a ser 0 m, y se corresponde con un último escalón visible de 0,3 m a 180 m del vértice NO.
- d) A 125 m desde el vértice SO en dirección E por la cara S, la altura pasa a ser 0 m, y se corresponde con un último escalón visible de 0,25 m a 122 m del vértice SO.(Figura 6).

En las tres caras mencionadas, los escalones superiores van desapareciendo paulatinamente hacia E y S, a modo de cuñas con un ángulo muy bajo.

Hemos determinado la superficie geomorfológica y orográfica original de la meseta de Giza que es casi plana, y presenta una pendiente de inclinación media de $2,22^\circ$ hacia N107°E.

Si comprobamos en los lados O y N de la pirámide, la altura de este núcleo de un solo bloque, contra la altura del muro perimetral exterior de enfrente, vemos que se corresponden casi exactamente de un extremo a otro de cada cara, coincidiendo concretamente, con la proyección de la superficie orográfica determinada anteriormente.

Las mismas fracturas y diaclasas geológicas que existen en el muro se adivinan también en el núcleo de la base de la pirámide justo enfrente.

También las cicatrices de la estratificación de los distintos estratos que pueden verse en el muro se repiten en la base del núcleo de la pirámide.

Del mismo modo, el suelo de la explanada circundante en sus caras N y O está excavado sobre la roca natural (Figura 7), sin losas superpuestas, por lo menos por lo que puede deducirse de los restos que se ven en la actualidad. Así, la cara S en su parte O está apoyado también sobre roca natural.

Algunos autores anteriores, atribuían sin embargo, una pavimentación en losas de caliza fina de 0,20 m de espesor alrededor de toda la pirámide, como mínimo hasta el muro perimetral interno, hoy desaparecido. Pienso que tales afirmaciones se basaban en indicios o restos que en su tiempo pudieron haber visto y analizado, pero que a la luz de lo que hoy en día vemos y hemos leído de sus relatos, no parece muy probable aunque sí estéticamente posible.

Figura 5- Vértice SO de la pirámide de Jaefra.



Figura 4- Muro perimetral frente al vértice SO.



En el vértice SO de la base del núcleo de la pirámide se observa una forma erosiva muy particular sobre la roca caliza maciza. Los tres estratos naturales que se advierten presentan en la base de cada uno de ellos una profunda erosión, ya que la parte superior de cada uno de los mismos presenta una mayor cementación de la caliza. Este perfil en sombreros, se repite exactamente igual en el muro perimetral justo enfrente de la proyección hacia el O de dicho vértice. (Figuras 4 y 5).

Figura 6- Escalón final del núcleo macizo en cara S.



Figura 7- Suelo coincidente con la roca madre en cara N.



En los patios que circunvalan las caras E, y S y N en su parte mas E, son visibles pavimentaciones en el suelo con bloques calcáreos de grandes dimensiones (3x3 m), hecho que coincide con la parte de la explanada que se encuentra topográficamente por debajo de la superficie orográfica original

descrita anteriormente. De la misma forma, desde el punto donde desaparece el núcleo excavado sobre la roca natural en sendas caras S y N, hacia la cara E, la base de la pirámide también está formada por grandes bloques calcáreos (de aproximadamente 0,7x2,8 m). Toda la cara E también está construida con grandes bloques calcáreos especialmente en las primeras filas.

Por tanto, podemos deducir que la meseta de Giza, desde la época de las pirámides, tiene la misma orografía: casi plana e inclinada aproximadamente 2° al E, como nos muestra hoy el propio muro perimetral exterior y el núcleo de la pirámide.

Podemos decir que la pirámide está asentada sobre la roca calcárea de la formación Mokattam, pero a diferencia de lo que se ha descrito por algunos otros autores, no sobre un lecho plano horizontal, sino sobre la misma superficie orográfica original de la meseta de Giza.

El 74 % del área de la base del núcleo de la pirámide excavada en la roca, se encuentra topográficamente por encima de las cotas de nivelación del patio perimetral circundante a la pirámide.

No sabemos si realmente esa pendiente suave se conserva en la parte más interna de la pirámide, o ha sido sustituida por otros escalones, aunque por lo que asoma en la parte más externa y visible actualmente, no lo creemos probable.

Esta estructura, de hecho, puede suponer un cierto grado de inestabilidad al conjunto de la pirámide especialmente frente a posibles movimientos sísmicos, aunque bien es verdad que supuso un ahorro del 4 % del total volumen, en el corte y transporte de grandes bloques en la base de la misma.

El posterior revestimiento exterior

El revestimiento de la pirámide, como ya se describe desde la antigüedad, está formado por bloques de caliza blanca fina de tamaño medio, o sea de bloques de 0,23 a 1,0 m de grosor x 0,4 a 1,0 m de lado, a excepción de la primera hilera de la base que está constituida por grandes bloques de granito rosa. El grosor de las filas de acabado en la cúspide oscila entre 0,38 y 0,67 m, mientras que en la base oscilan entre 0,4 y 1,0 m, siendo en la primera fila de la base entre 1,2 y 1,40 m.

Figura 8- Detalle del núcleo en la parte superior de la pirámide de Jaefra.



Figura 9 - Bloques de granito en la cara S.



Como ya hemos mencionado, estos bloques dispuestos menos regularmente se encuentran sobre los escalones del núcleo interior de la pirámide, y como puede verse en muchos puntos de la cara O, muestran pequeños bloques de relleno, e incluso mortero de cementación entre ellos.

La primera hilera de bloques de la cara S de la base de la pirámide tiene una altura de 1,25 m, y está construida con bloques prismáticos de sección trapezoidal y triangular, de granito rosa, como se

muestra en la figura 9, con porciones de bloque de caliza de relleno anexos a los mismos, y por consiguiente, mayores que los del resto del revestimiento. En la actualidad, muchos de estos bloques de granito se encuentran diseminados alrededor de la pirámide y han sido cortados, probablemente en tiempos muy recientes, en pedazos menores mediante la técnica de las cuñas.

En este sentido, si recordamos la silueta de la pirámide, podemos separar claramente en la parte intermedia de la misma, un tramo donde las hileras de bloques son más regulares y los bloques empleados mayores. Este tramo visible de 22 escalones (figura 6) justo debajo de donde se preserva el revestimiento original exterior liso de caliza blanca de la parte alta de la pirámide, nos demuestra precisamente la existencia de este núcleo.

Por debajo del tramo descrito anteriormente, los bloques son menores y dispuestos más caóticamente que en las dos partes superiores, y se adivina en el perfil, que están situados por encima de los escalones del núcleo que asoman más arriba.

En definitiva, podemos confirmar que la pirámide de Jaefra esta construida en dos fases, una inicial para formar el núcleo interior, con grandes escalones de 1,0 a 1,4 m de altura, cuya base está excavada en la roca sedimentaria original, y otra posterior para formar el revestimiento exterior construido con bloques menores de caliza blanca y de granito rosa.

Desde la superficie exterior lisa, pulida e inclinada, es decir, desde la piel de la pirámide, hasta el núcleo excavado en la roca original, la construcción del revestimiento consta de un máximo de cuatro hileras de bloques.

Por tanto, cabe deducir, como ya mencionan otros autores, que los bloques del revestimiento fueron colocados posteriormente a la construcción de los escalones del núcleo y posteriormente a su tallado y pulido, a diferencia de lo que se supone ocurrió en la pirámide de Jufu.

Por otro lado, afirmamos que la tipología de la estructura interna de esta pirámide según los modelos definidos por autores precedentes y resumidos por Arnold 1991, no se corresponde a ninguno de los tipos descritos, y en consecuencia se le ha atribuido un nuevo tipo entre el nº 2 y el nº 4, que hemos llamado 2-A, caracterizado por escalones del núcleo formados por bloques del mismo espesor, mientras que los del revestimiento exterior siempre de menor grosor que el del escalón del núcleo, con dos o más hileras de bloques, salvo en la primera hilera.

De la misma forma, la mampostería usada en el revestimiento exterior también puede clasificarse según la disposición de los bloques, en el tipo 3b, según Arnold 1991. Los bloques más exteriores de mampostería del revestimiento están dispuestos horizontalmente en hileras siendo su espesor igual a lo largo de la misma hilera, pero no entre las distintas hileras, mientras que los bloques interiores de dicho revestimiento, no conservan ninguna regularidad en su espesor ni dentro de, ni entre cada hilera.

Figura 10 - Zona de cantera en la cara N



Extracción de bloques

En la cara N lado O de la pirámide, dentro de la mencionada explanada, se dispone una franja de 22,5 m de ancho por 100 m de largo, dispuesta E-O, donde se observan restos de un trabajo típico de cantera para la extracción de grandes bloques de piedra caliza.

Nos llama la atención el dibujo de una cuadrícula de hendiduras verticales de trazos perpendiculares excavadas en la roca, de 0,6 a 0,75 m de ancho por 0,3 a 0,4 m de profundidad, paralelos a los lados de la pirámide y que dejan entre ellos,

bloques de caliza cuya base casi cuadrangular, tiene entre 2,75 a 3,0 m de lado, formando una parrilla de 28x6 filas de bloques. La zona de los bloques está topográficamente por encima de la explanada de la pirámide en unos 0,35 m.

En ninguno de estos bloques cuadrados visibles que forman la cuadrícula, se observan rastros de cuñas para cortar los bloques ni vertical ni horizontalmente, aunque en algunos pueda parecerlo, ya que existen en su superficie oquedades que no pueden más que atribuirse a la propia erosión o a los huecos existentes por la intersección en un ángulo muy bajo de la sutura entre los estratos de la propia calcárea natural y el plano horizontal que forma la explanada.

Estos huecos coinciden perfectamente con los que se observan en las cicatrices de sutura entre estratos naturales en las paredes verticales del muro perimetral. Así pues, existen claros vestigios del trabajo de corte vertical en base a escoplo y martillo, mientras que para el corte horizontal, no nos aparecen vestigios claros, y se deberá suponer un método más próximo a una sierra de hilo o de cinta, y no con una palanca como otros autores parece que insinúan (los bloques son demasiado grandes). Por contra, encontramos muchos ejemplos del uso de cuñas, en el corte de los bloques de granito del revestimiento final de la base de la pirámide, por la acción depredadora humana en tiempos tardíos e incluso, actuales.

Se observa bien como el plano horizontal de trabajo en la extracción de bloques, coincide con el plano de la base de la pirámide y de la explanada perimetral. Dicho plano horizontal en la excavación, no coincide ni con el de los estratos naturales, ni con el de la superficie geomorfológica preexistente. Por consiguiente, cabe deducir que la excavación no estaba optimizada para la extracción de los mejores bloques de caliza, o de los más regulares, sino para minimizar el trabajo de traslado de los mismos.

La presencia de pequeñas fallas sin desplazamiento o diaclasas, probablemente debidos a procesos de diagénesis o de distensión Post-orogénica Alpina, y que se extienden atravesando verticalmente todos los estratos naturales, así como la intersección de los planos de sutura de los estratos y la superficie horizontal de excavación en ángulos muy bajos, hace que parte de los bloques tengan sus caras muy irregulares.

Las medidas de estos bloques coinciden con las de los grandes bloques que podemos encontrar en la base del núcleo de las caras E y S de la pirámide.

La forma de excavar los bloques, sin seguir los estratos geológicos, no nos permite buscar una correlación entre el espesor de los estratos geológicos y el espesor de las hileras de bloques de la pirámide, y por tanto, sin su correlación no podemos dilucidar por ese medio, el orden de colocación de los mismos en la pirámide.

Justo en la mitad O de la cara N de ese muro vertical, divisamos una inscripción jeroglífica, ya estudiada por otros autores, correspondientes a “May, el difunto supervisor de los trabajos para la gloria de Ramses II en su Gran Templo, hijo de Bakenamon, el difunto supervisor de los trabajos en Tebas”. Bajo la anterior, otra inscripción menor reza “El escultor jefe Paamon”. En este mismo sentido, en la cara O lado N del mismo muro, existe otra inscripción referida al mismo personaje donde dice: “May, el difunto supervisor de los trabajos en la Casa de Ra (Heliópolis)”.

Hipótesis especulativas pendientes de evaluación

1- **Construcción.** Un paseo por la cara oeste nos permite observar unas muescas rectangulares de 0,15 m de ancho x 0,10 m profundidad x 0,10 m altura, en las aristas de los escalones que hemos descrito, de la base del núcleo de roca original de la pirámide, que se distribuyen en hileras verticales sobre los mismos escalones separadas aproximadamente 1 m entre cada una.(Figura 11).

Estas marcas, nos recuerdan especialmente las de anclaje de raíles de madera, o de posibles andamios. No las observamos en los bloques mayores de las otras caras, solo en el núcleo monobloque oeste descrito.

Nuestra hipótesis se basa en que dichas muescas fueron hechas para el anclaje en los escalones de los apoyos de los soportes de raíles o plataformas de madera por cuya superficie se habían arrastrado los bloques del núcleo o los operarios hacia arriba o hacia abajo.

En este sentido, discrepo de las conclusiones de Hölscher et al. 1912, puesto que proponen que dichas marcas al igual que las del suelo, han sido usadas para facilitar la colocación de los bloques de acabado mediante una especie de grúa-pinza elevadora. La medida pequeña de los bloques de revestimiento no justifica el uso de maquinaria sofisticada para la colocación de los mismos, ya que más de un bloque del revestimiento ocupa cada escalón del núcleo, y por tanto, dichas marcas no se corresponden con esas suposiciones. En todo caso podría funcionar para los bloques superiores del núcleo pero no tenemos ningún indicio de dichas muescas.

Por consiguiente, proponemos inicialmente dos hipótesis:

- a) La primera, basada en que la estructura construida mediante troncos de madera de la cara oeste corresponde a un sistema de bajada de contrapesos por raíles y de escaleras para el paso de personas, que aprovechando como rampa la propia superficie orográfica antigua desplazarían hacia arriba, los bloques pesados, ayudándose de largas cuerdas. Los contrapesos y las personas podrían dejarse caer por la pendiente de la cara oeste, así que con 6 personas podrían mover bloques de 2,5 toneladas. Dicha hipótesis comprendería la existencia de una o 2 rampas dentro de la pirámide (orientadas hacia el SSE con una

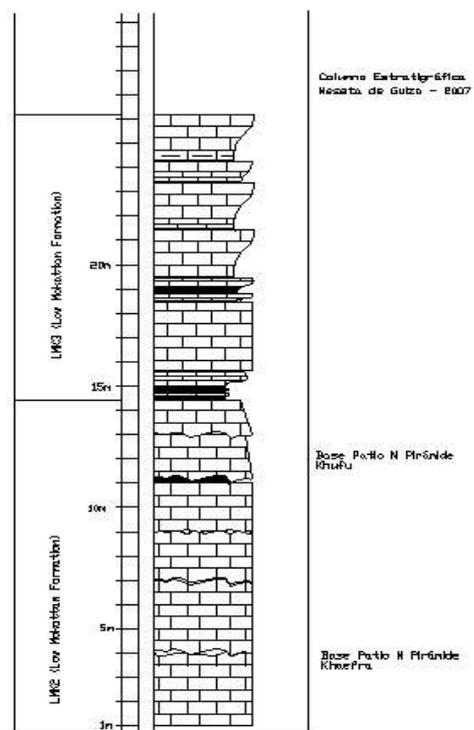
Figura 11 - Marcas de escaleras o rampas en los escalones del núcleo de la cara O.



pendiente entre 3° y 5°, igual al de la propia superficie topográfica preexistente) que fueron permanentemente utilizadas para el deslizamiento de bloques, y que, en cada nuevo escalón del núcleo colocado, comportaría su repavimentación con la misma pendiente, incrementando su longitud hacia el exterior. Así aprovechando los propios límites de la pirámide se habrían construido los 12 primeros escalones, sin necesidad de crear una rampa exterior. Por la rampa se desplazarían los bloques en rodillos o en trineos sobre railes lubricados, y se distribuirían por cada plano horizontal deslizandolos hasta su ubicación definitiva con los mismos trineos. Para las capas superiores, este sistema podría resultar válido, con la ayuda de largas rampas exteriores.

- b) La segunda hipótesis, propone el hecho que los bloques fueron subidos por la propia cara O, con el uso de railes y trineos, sobre una estructura en madera apoyada sobre el núcleo, y cuyos vestigios de anclajes son los que observamos en la actualidad. Parece que dichos indicios confirman las teorías de Löhner, donde railes y escaleras por donde se deslizan bloques de 2,5 toneladas hacia arriba, con el contrapeso y esfuerzo de 46 personas, mediante largas cuerdas, usando ejes de madera rodantes, lubricados, a modo de poleas simples, anclados en el mismo núcleo. Dicha hipótesis explica mucho mejor un proceso constructivo continuado, incluso para el revestimiento, mientras que los demás métodos o hipótesis planteadas siempre son parcialmente válidos. Esta segunda hipótesis creemos que es más compleja que la primera, y por tanto menos probable, però por contra explicaría todo el proceso de construcción.

Figura 12 - Columna estratigráfica de la base de la pirámide de Jaefra.



En ambas hipótesis y sin ninguna duda, las características de la superficie orográfica original que rodeaba la pirámide con una inclinación igual que la del núcleo monobloque, permitió la extracción de los bloques de caliza alrededor de la pirámide cual cantera, permitió la nivelación superficial de todo el interior de la pirámide por planos, y de las explanadas de alrededor de la propia pirámide. Los bloques trapezoidales o en cuña, extraídos de los alrededores (de las caras N, O y S), y que tenían la misma inclinación que la base del núcleo, fueron girados 180°, y desplazados hasta su ubicación definitiva para dejar en su parte superior el nivel horizontal requerido. De esta forma, se fueron configurando interiormente los distintos escalones planares para obtener la nivelación correspondiente y observada en la base de la pirámide, haciendo extensivo todo este proceso a los patios circundantes de las caras de la pirámide que lo requerían (N, S y E).

El volumen y la superficie de las canteras que forman las caras N, O y especialmente la S, permiten obtener el suficiente número de grandes bloques característicos de nivelación.

En los laterales donde hemos observado el núcleo, no hemos visto ningún bloque dispuesto paralelamente a la rampa natural o como prolongación de la misma, y por tanto, no encaja la presencia de rampas circundantes en espiral.

Por otro lado, creemos que la superficie interior de la pirámide se mantiene inclinada según el citado plano orográfico original, ya que no se observa desde el exterior, ninguna muestra de conformación de escalones sobre dicha roca natural para compensar dicha pendiente, facilitándose así el deslizamiento de bloques por encima de la misma.

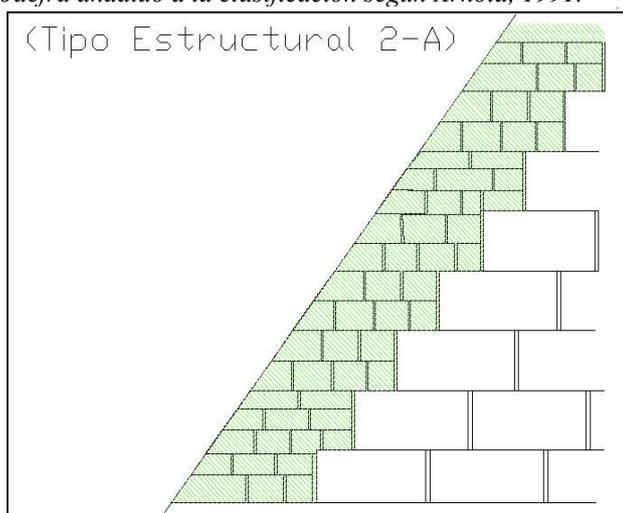
Por consiguiente, la pirámide con toda probabilidad se empezó excavando las caras O, N y S, para ir desplazando los bloques por el plano inclinado o por el de nivelación correspondiente hasta las caras S, N y E por donde fueron deslizados hasta su colocación a una altura de 14 m.

En este sentido, las citadas explanadas fueron usadas como grandes zonas de almacenamiento de bloques, para su posterior ajuste y colocación, y probablemente siguió siendo así en las siguientes fases de construcción, aunque los bloques hubieran sido traídos de las canteras situadas más al SE del emplazamiento actual de la pirámide mediante rampas de adobe.

Podríamos pensar que en las cara N y O de la pirámide, y en un nivel topográfico superior, existían canteras desde las que por la propia superficie orográfica y pendiente abajo fueron transportados buena parte de los grandes bloques de la base de la pirámide de Jaefra, puesto que pequeñas canteras unos mil metros lejos de la pirámide son aún visibles. De todas formas todo el revestimiento, así como las partes nobles interiores en granito fueron trasladadas por el río, y por consiguiente trasladadas por alguna rampa desde esa cota inferior hasta el llano de la pirámide. De todas formas los estudios topográficos realizados por Lehner et al., 2000-2002, muestran las huellas de grandes canteras en el lado E y SE de la pirámide, y por consiguiente, la zona de origen de la mayoría de los materiales del núcleo de la pirámide.

2- Restauración. Las características de la zona de cantera en cuadrícula en el lado N de la pirámide, similar a la que también encontramos en el lado N y O de la pirámide de Menkaura (aunque los bloques cuadrangulares de ésta son mayores 5x5 m). Atendiendo especialmente a la topografía, el grado de abandono, las marcas de excavación, las inscripciones acreditativas de trabajos de restauración en época de Ramses II, plantean la hipótesis de si dicha ampliación de la cantera hacia el N y O de la explanada original, fueron hechas precisamente en la época de las mencionadas reparaciones o bien ya existían desde la construcción de las pirámides.

Figura 13 - Nuevo tipo de estructura para la pirámide de Jaefra añadido a la clasificación según Arnold, 1991.



Por las dimensiones de los bloques de la cuadrícula, parecen coincidir con los encontrados en la base del núcleo, especialmente los que se ven en su cara S y E.

Por la altura topográfica del plano de excavación superior al del patio circundante a la pirámide, parece que hubiera sido hecho posteriormente a la construcción del patio circundante de la pirámide.

Por la tipología de las marcas de los escoplos en las paredes del muro en forma de espina de pescado ("herring bone"), parece coincidir con las descritas por Arnold 1991, para una edad de principios del Imperio Nuevo o sea probablemente de

la época de Ramses II, y por tanto de la edad de las inscripciones.

No hemos encontrado más indicios que nos aclaren la posible edad de esas canteras anexas.

Por tanto, los indicios aunque no concluyentes, parecen indicar una edad posterior a la construcción de la misma.

Agradecimientos

Agradezco la paciencia y ayudas en la observación de algunos detalles a mi entrañable amigo Xavi Compte, así como a mi esposa Montse y a mi amiga Maite.

Agradezco la labor de ayuda y corrección a mis colegas Josep Prado, Juan de la Torre y Jaume Vivó.

Bibliografía

ARNOLD, DIETER. *Building in Egypt: pharaonic stone masonry*. Oxford University Press. New York. 1991.

ATIYA, FARID. *Pyramids oh the Fourth Dynasty*. Farid Atiya Press. Cairo. 2003.

BARBER, COMMANDER F.M. *The mechanical triumphs of the ancient egyptians*. Chiswick Press. London. 1900.

HAWASS, ZAHI, et alt. *Tesoros de las Pirámides*. Librería Universitaria, S. L. Barcelona. 2003.

HODGES, PETER. *El misterio de la construcción de las pirámides*. Tikal. Madrid. 1994.

HÖLSCHER, UVO, BORCHARDT, L. & STEINDORFF, G. *Des Grabdenkmal des Königs Chephren*. Veröffentlichungen der Ernst Von Siegler Expedition in Ägypten. Leipzig. 1912. (version PDF).

ILLIG, HERIBERT & LÖHNER, FRANZ. *Der Bauer der Cheops-Pyramide. Nach der Rampenzeit*. Mantis Verlag – Taschenbuch 2003. (Web version in English).

EDWARDS, I. E. S. *Las Pirámides de Egipto*. Crítica, S. L. Barcelona. 2003.

LAUER, JEAN-PHILLIPE. *Le mysthere des pyramides*. Presses de la Cité. Saint Amand. 1974.

LEHNER, MARK. *The complete pyramids*. American University Cairo Press. Cairo. 1997.

LEHNER, MARK. *The fabric of a pyramid: Ground Truth*. Aeragram. Vol. 5 nº 2, 4-5pp. Cambridge. 2002.

PARRA ORTIZ, JOSÉ MIGUEL. *Los constructores de las Grandes Pirámides*. Alderabán. Madrid. 1998.

PETRIE, W.M. FLINDERS. *The pyramids and temples of Gizeh*. London. 1883. (Versión PDF).

RINALDI, CELESTE. *Le piramidi*. Electra. Milano. 1983.

SILIOTTI, ALBERTO. *Guía de las pirámides de Egipto*. Ediciones Folio. Barcelona. 1998.

SMITH, CRAIG B. *How the great pyramid was built*. Smithsonian Books. Washington. 2004.

VERNER, MIROSLAV. *The Pyramids*. Grove Press. New York. 2001.

Todos los derechos de texto y fotografías están reservados por el Autor.