

LA FORMA DE LAS PIRÁMIDES EGIPCIAS: EL SEKED Y LA INCLINACIÓN DE LAS CARAS

ALFONSO MARTÍNEZ ORTEGA

RESUMEN:


Si observamos la forma de las pirámides egipcias de caras lisas, que durante más de 1000 años estuvieron construyéndose, veremos que la inclinación de sus caras presenta diversos valores. Para medir y valorar esta magnitud, los antiguos egipcios utilizaron una medida que denominaron *seked* (*skd*), cuyos valores variaron en un amplio margen a lo largo del tiempo, aparentemente sin sentido. Sin embargo, algunos de ellos, muy concretos, fueron los más utilizados. En el presente artículo se pretende mostrar la distribución de todos ellos, tanto en las pirámides reales como en las pirámides de culto y de reinas, tratando de dar alguna explicación de porqué fueron utilizados.

SUMMARY:

When we look at the shape of the Egyptian true pyramids, built for more than 1000 years, we will see that the inclination angle of its faces presents different values. In order to measure and assess such magnitude, the ancient Egyptians used a measure that they named *seked* (*skd*). Its value varies in a wide range, apparently, without any meaning. The present paper attempts to demonstrate the distribution of all of them, both in royal pyramids and cult or Queens' pyramids, in order to find out any explanation of why such values were used.

INTRODUCCIÓN

En este artículo se analizan las pirámides de caras lisas, del antiguo Egipto, en función de su *seked*¹ (*skd*) o inclinación de sus caras. Para ello, se han recopilado los

¹ El *seked*  *skd*, se define como el número de palmos horizontales que corresponden a un codo de altura. Sus unidades son por tanto palmos/codo, aunque también podrían expresarse los palmos en dedos y tendríamos dedos/codos.

datos de las dimensiones y ángulos de todas las pirámides, aunque en algunas de ellas se haya hecho con cierta aproximación. Se incluyen tanto las pirámides reales, como las pirámides de culto y las pertenecientes a reinas y princesas. Abarca, por tanto, todo el periodo que duró el Imperio Antiguo, el Primer Periodo Intermedio, el Imperio Medio, el Segundo Periodo Intermedio e inicio del Imperio Nuevo. No se han incluido las pirámides que posteriormente se construyeron, como las pirámides privadas de obreros y altos funcionarios, las de la Baja Nubia, las saítas o las de la antigüedad tardía, ni tampoco las pirámides escalonadas del Imperio Antiguo.

Para elaborar esta clasificación, se han tomado los datos publicados por diversos autores, fundamentalmente: Miroslav Verner, Mark Lehner, Aidan Dodson, Jean Philippe Lauer, John Baines, Jaromir Malek, I. E. S. Edwards y P. Jánosi (Vease el apartado Referencias al final del artículo).

Durante la «era de las pirámides» se puede observar una clara línea de evolución en las técnicas de construcción. Tiene su máximo exponente en las pirámides de la meseta de Giza y después, posiblemente para optimizar los recursos del país, los métodos cambiaron, las pirámides fueron más pequeñas, la técnica menos elaborada, se rellenaron grandes huecos con cascotes y escombros, otras se construyeron con ladrillos, pero eso sí, los arquitectos tuvieron muy en cuenta el acabado final, su recubrimiento con piedra de buena calidad, hoy día perdido en gran parte o en su totalidad. Es precisamente esta forma final la que nos interesa en este artículo, tratando de agrupar las pirámides por su forma y no por su tamaño o cronología, para establecer las posibles características comunes de todas ellas e incluso hacernos una idea de por qué las construyeron así.

EL *SEKED*

Es indudable que los antiguos arquitectos diseñaron un proyecto inicial en el que debía de tenerse en cuenta la superficie que ocuparía la pirámide, y su altura, o bien, su *seked*, pues en función de éste, el edificio iba creciendo. Por tanto, partiendo de la premisa de que los antiguos egipcios diseñaron sus pirámides con un *seked* determinado, a partir de los datos obtenidos en la bibliografía, se ha calculado el *seked* de cada pirámide, comprobando que estos valores oscilan entre 3 y 8 aproximadamente. Sólo se han considerado las fracciones $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$, como valores fraccionarios del *seked*, puesto que son palmos horizontales y cada palmo se divide en 4 dedos, por tanto estas fracciones corresponderían a 1, 2 y 3 dedos. No se han considerado otras fracciones como $\frac{1}{3}$ o $\frac{2}{3}$ pues no corresponderían a un número entero de dedos.

Resumiendo los valores considerados del *seked* han sido los siguientes: 3, $3\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{2}$, $3\frac{3}{4}$, 4, $4\frac{1}{4}$, $4\frac{1}{2}$, $4\frac{3}{4}$, 5, $5\frac{1}{4}$, $5\frac{1}{2}$, $5\frac{3}{4}$, 6, $6\frac{1}{4}$, $6\frac{1}{2}$, $6\frac{3}{4}$, 7, $7\frac{1}{4}$, $7\frac{1}{2}$ y $7\frac{3}{4}$.

A cada uno de estos valores le corresponde un ángulo de inclinación de caras. De acuerdo a este ángulo, podemos establecer el número de pirámides con un *seked* determinado. En la tabla I, se presenta el ángulo de inclinación de caras que corresponde a cada *seked* y la relación lado/altura correspondiente de cada una de las pirámides.

TABLA I. El *seked* y su correspondencia con el ángulo de inclinación de caras y la relación lado/altura de la pirámide.

<i>SEKED</i>	ANGULO	LADO/ALTURA
3	66° 48' 05"	6/7
3 ¼	65° 05' 42"	13/14
3 ½	63° 26' 05"	1/1
3 ¾	61° 49' 17"	15/14
4	60° 15' 18"	8/7
4 ¼	58° 44' 10"	17/14
4 ½	57° 15' 53"	9/7
4 ¾	55° 50' 25"	19/14
5	54° 27' 44"	10/7
5 ¼	53° 07' 48"	3/2
5 ½	51° 50' 34"	11/7
5 ¾	50° 35' 57"	23/14
6	49° 23' 55"	12/7
6 ¼	48° 14' 23"	25/14
6 ½	47° 07' 16"	13/7
6 ¾	46° 02' 30"	27/14
7	45° 00' 00"	2/1
7 ¼	43° 59' 41"	29/14
7 ½	43° 01' 30"	15/7
7 ¾	42° 05' 21"	31/14

Los errores que pudieran cometerse al asignar un *seked* determinado a una u otra pirámide, dependerá del grado de precisión con que se hayan obtenido las medidas en campo, en definitiva del ángulo de inclinación caras obtenido, el cual se aproximará a uno de estos valores de *seked*.

LAS PIRÁMIDES EGIPCIAS

Para realizar este artículo se ha recopilado información y datos de todas las pirámides conocidas de Egipto. Se han ordenado en 3 grupos:

- 1) Pirámides reales: Son aquellas que podemos atribuirles a un determinado rey, con ciertas reservas en algunos casos.
- 2) Pirámides subsidiarias: Son las que forman parte de un complejo funerario real con pirámide. Dentro de estas, se pueden distinguir dos clases:
 - *Pirámides de culto*
 - *Pirámides de reinas y princesas*
- 3) Otras pirámides: Son aquellas que su constructor es desconocido, es decir pirámides anónimas, o bien éste es conocido pero no se trata de un rey, o bien

no se construyeron para enterramiento real, como el caso de las pirámides provinciales de Huny-Seneferu.

La lista total de pirámides inicialmente estudiadas se encuentran en el anexo 1. De todas ellas, solo se han considerado 66, pues de son las que conocemos las dimensiones originales (lado y altura) y su ángulo de inclinación de caras, por tanto, su *seked*. Se distribuyen según la Tabla II.

TABLA II. Número de pirámides de *seked* conocido

REALES	SUBSIDIARIAS	OTRAS	TOTAL
28	37	1	66

En las tablas III y IV, de los anexos 2 y 3 respectivamente, se indican cuáles son estas pirámides. La primera tabla corresponde a las pirámides reales y la segunda a las subsidiarias. En la tabla III, se ha incluido la pirámide de la reina Jentkaus II, de esta manera se elimina el grupo de pirámides denominadas «OTRAS», pues de este grupo es la única de *seked* conocido. Se incluye la dinastía, el nombre del constructor, su localización, las dimensiones del lado y la altura, el ángulo de inclinación de caras y su *seked* correspondiente. En el caso de la tabla IV se indica además, si la pirámide fue una pirámide de culto o si perteneció a una reina o princesa y el complejo funerario al que pertenece.

En general, las dimensiones de algunas pirámides no son conocidas con total exactitud, sin embargo en la mayoría de los casos su *seked* es conocido con suficiente precisión al haber hallado su piramidión o algunos de los bloques de revestimiento. En los casos de más imprecisión se indica con el signo de interrogación.

Respecto a las pirámides reales de la tabla III (Anexo 2), cuando las diferencias entre el ángulo y el *seked* asignado es del orden de medio grado o más, se hacen las siguientes consideraciones:

- La pirámide doble pendiente de Seneferu en Dashur, se contabilizará con dos valores de *seked*. La segunda pendiente ($43^{\circ} 21'$) correspondería a un *seked* igual a $7 \frac{1}{3} \frac{1}{15}$, por ello se ha aproximado a $7 \frac{1}{2}$ por las razones anteriormente indicadas. Lo mismo ocurre con la pirámide Roja de este rey ($43^{\circ} 23' 38''$).
- Las pirámides de Senusert III y Amenemhat III, ambas en Dashur, presentan el mismo ángulo ($56^{\circ} 28' 43''$) que corresponde a un *seked* igual a $4 \frac{2}{3}$, el cual se ha aproximado a $4 \frac{3}{4}$. (La diferencia es poco más de medio grado).
- La pirámide de Amenemhat III en Hawara se ha aproximado a un *seked* de $6 \frac{1}{4}$. (La diferencia es tan solo de medio grado).
- La pirámide de Jendyer se ha aproximado a un *seked* de $4 \frac{3}{4}$ por las mismas razones anteriores.
- Respecto a las pirámides de Intef VI, Kamose y Ahmose, no se conocen con exactitud algunas de sus medidas y por tanto pudiese haber cierto error en el cálculo del *seked*. No obstante en todos estos casos está alrededor de 3.

De la misma manera, respecto a la tabla IV (Anexo 3), se hacen las siguientes consideraciones:

- La pirámide subsidiaria de Seneferu, posiblemente de culto, con una pendiente de 43° 30' (según la bibliografía) le correspondería un *seked* aproximadamente igual a 7 1/3, el cual se ha aproximado a 7 1/2 por las razones anteriormente indicadas e incluso por la analogía con la pirámide principal de su complejo. (La diferencia entre *seked* 7 1/3 y 7 1/2 es tan solo de medio grado).
- La pirámide de Jamerernebty II, presenta un ángulo de 52° 15' 23", el cual se ha aproximado a un *seked* de 5 1/2. (La diferencia es inferior a medio grado).
- La pirámide de culto del complejo de Niuserra presenta un ángulo 53° 34' 08", el cual se ha aproximado a un *seked* de 5 1/4. (La diferencia es inferior a medio grado).
- La pirámide de culto del complejo de Unis presenta un ángulo 63° 00', el cual se ha aproximado a un *seked* de 3 1/2. (La diferencia es inferior a medio grado).
- La pirámide de Neit del complejo de Pepy II presenta un ángulo 61° 03' 27", el cual se ha aproximado a un *seked* de 3 3/4. (La diferencia es de 46').
- La pirámide de Iput II del complejo de Pepy II presenta un ángulo de unos 55°, el cual se ha aproximado a un *seked* de 5. (La diferencia es de medio grado aproximadamente).
- La pirámide de Neferu del complejo de Senusert I presenta un ángulo 62° 30' 40", el cual se ha aproximado a un *seked* de 3 3/4. (La diferencia es de 41').

De acuerdo con estas dos tablas, podemos elaborar la tabla V, en la que se han contabilizado todas las pirámides cuyo ángulo de inclinación de caras es conocido (Reales y subsidiarias) en función del *seked*.

De la tabla V podemos ver aquellos valores de *seked* que no se utilizaron en la construcción de pirámides o bien que no las conocemos, concretamente son: 4 1/4, 4 1/2, 5 3/4, 6 1/2, 6 3/4, 7 y 7 1/4.

TABLA V. N° de pirámides según el *seked*²

<i>SEKED</i> (Palmos/codo)	<i>SEKED</i> (Dedos/codo)	ANGULO (Correspondiente al <i>seked</i>)	N° de Pirámides reales	N° de Pirámides subsidiarias	N° total de Pirámides
3	12	66° 48' 05"	2	0	2
3 1/4	13	65° 05' 42"	0	2	2
3 1/2	14	63° 26' 05"	1	18	19
3 3/4	15	61° 49' 17"	0	4	4
4	16	60° 15' 18"	1	0	1

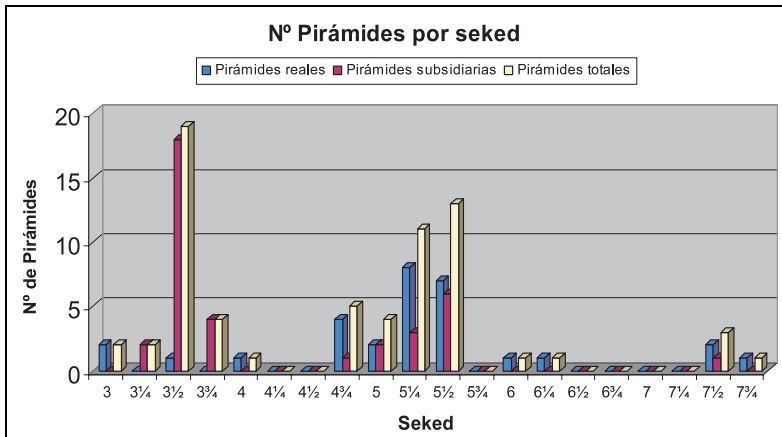
² La pirámide romboidal o de doble pendiente de Seneferu en Dashur, se ha contado dos veces, ya que tiene dos pendientes distintas. Por ello, la suma total de pirámides resulta 67 en vez de 66 como se expone en la tabla II.

<i>SEKED</i> (Palmos/codo)	<i>SEKED</i> (Dedos/codo)	ANGULO (Correspondiente al <i>seked</i>)	Nº de Pirámides reales	Nº de Pirámides subsidiarias	Nº total de Pirámides
4 ¼	17	58° 44' 10"	0	0	0
4 ½	18	57° 15' 53"	0	0	0
4 ¾	19	55° 50' 25"	4	1	5
5	20	54° 27' 44"	2	2	4
5 ¼	21	53° 07' 48"	8	3	11
5 ½	22	51° 50' 34"	7	6	13
5 ¾	23	50° 35' 57"	0	0	0
6	24	49° 23' 55"	1	0	1
6 ¼	25	48° 14' 23"	1	0	1
6 ½	26	47° 07' 16"	0	0	0
6 ¾	27	46° 02' 30"	0	0	0
7	28	45° 00' 00"	0	0	0
7 ¼	29	43° 59' 41"	0	0	0
7 ½	30	43° 01' 30"	2	1	3
7 ¾	31	42° 05' 21"	1	0	1
TOTAL PIRAMIDES			30	37	67

LA FORMA DE LAS PIRÁMIDES

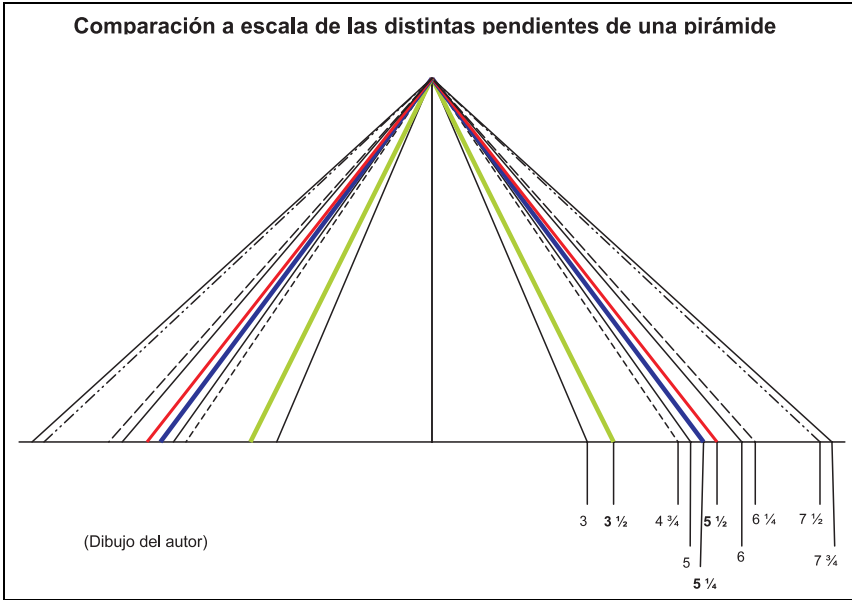
A la vista de los resultados obtenidos en la tabla V, podemos hacernos una idea de la forma que los antiguos egipcios les dieron a las pirámides y según la estadística y el tamaño de muestra que disponemos, sabremos que formas piramidales eran las preferidas, e intentaremos averiguar porqué fue así. Para hacernos una idea de ello, en el grafico 1 están representado el número de pirámides reales, subsidiarias y suma de ambas, por cada valor de *seked*.

GRÁFICO 1



Por otro lado para hacernos una idea de la forma que tenían las pirámides según el *seked*, se ha elaborado a escala el grafico 2, donde, para una altura determinada, se han representado los valores de *seked* mas utilizados en las inclinaciones de las caras de las pirámides. De esta manera podemos comparar y hacernos una idea visual de sus diferentes formas.

GRÁFICO 2



Aparte de la diferencia entre los ángulos (Tabla I), para hacernos una idea, de la diferencia que puede suponer «un dedo» en el valor del *seked*³, supongamos por ejemplo que tenemos dos pirámides de 100 m de altura, una de *seked* 5 ½ y la otra de 5 ¼. La primera tendría un lado de 157 m y la segunda de 150 m. Es decir, sus lados tendrían una diferencia de 7 m.

RELACIÓN ENTRE EL *SEKED* Y EL TAMAÑO DE LAS PIRÁMIDES

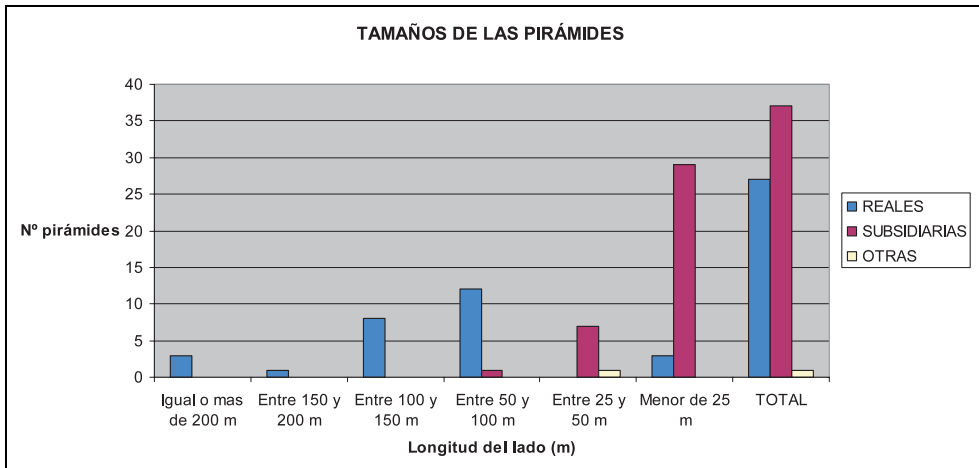
Para hacernos una idea de los tamaños que alcanzaron estas pirámides, se han dividido en varios grupos en función del tamaño de los lados, el resumen de este estudio se plasma en la Tabla VI y grafico 3.

³ Esta diferencia varía en función del valor del *seked* o ángulo de inclinación y varía desde 1° 43' para *seked* de orden 3, hasta unos 58' para *seked* del orden de 7.

TABLA VI. Tamaños de las pirámides⁴

TAMAÑOS DEL LADO	REALES	SUBSIDIARIAS	OTRAS	TOTAL
Mayor de 200 m	3	0	0	3
Entre 150 y 200 m	1	0	0	1
Entre 100 y 150 m	9	0	0	9
Entre 50 y 100 m	12	1	0	13
Entre 25 y 50 m	0	7	1	8
< 25 m lado	3	29	0	32
TOTAL	28	37	1	66

GRÁFICO 3



Como se puede observar, solo 3 sobrepasan los 200 m de lado⁵. Concretamente:

- GRAN PIRÁMIDE (De Jufu o Keops) de 230 m de lado
- PIRÁMIDE ROJA (De Seneferu) de 220 m de lado
- SEGUNDA PIRÁMIDE DE GIZA (De Jafra o Kefren) de 215,25 m de lado

⁴ Solo se tienen en cuenta las pirámides de *seked* conocido. En este caso la pirámide de doble pendiente de Seneferu solo se contabiliza una vez. La pirámide de la reina Jentkaus II es la considerada en la columna «OTRAS».

⁵ Se conocen dos pirámides más que superaron los 200 m de lado, pero no se conoce su *seked*: la PIRÁMIDE DE LADRILLO DE ABU RAWASH de unos 215 m de lado (Posiblemente de Huny) y la PIRÁMIDE INCOMPLETA DE ZAWIET EL-ARYAN de unos 200 m de lado (atribuida a Baka). Al parecer ninguna de las dos fue terminada.

Curiosamente estas pirámides fueron construidas a comienzos de la IV Dinastía, después ya no se construyeron pirámides tan grandes. A partir de entonces, con algunas excepciones, la mayoría de las pirámides reales tuvieron un lado de unos 70-80 m. y una decena de ellas alcanzaron poco más de los 100 m.

Estos tamaños contrastan claramente con los de las pirámides de reinas y princesas, la gran mayoría tienen un lado entre 15 y 21 m, aunque también hay un grupo importante entre los 25 y 50 m. Las mayores, lógicamente son las subsidiarias de la Gran Pirámide. Sin embargo, la mayor de todas las subsidiarias, parece ser que fue la del complejo de la Pirámide Romboidal, de Seneferu en Dashur, con unos 52,5 m de lado. Posiblemente fue una pirámide de culto.

Aunque no hay una relación clara entre los tamaños de las pirámides y su *seked*, sí podemos afirmar que, en líneas generales, las pirámides más pequeñas tienen un *seked* pequeño (del orden de 3 o 4) y las más grandes suelen tenerlo entre 5 y 7. No obstante, esta no es una regla que se pueda aplicar de manera generalizada y posiblemente se deba a que las de menor tamaño corresponden a las pirámides subsidiarias, de culto o de reinas y princesas. Quizás por esta razón se diseñaran de una manera distinta.

A favor de dicha regla estarían las pirámides reales de Jendyer, Kakara Ibi y las subsidiarias de Seneferu, Jufu y Menkaura. Las dos primeras son pequeñas pirámides de 24 y 52 m de lado respectivamente y sus *seked* son alrededor de 4. No obstante, la atribuida a Ibi, por su pequeño tamaño y forma interior, se piensa que fue diseñada para una reina.

En cuanto a las subsidiarias de Seneferu, Jufu y Menkaura, son las de mayor tamaño, y sus *seked* son $7 \frac{1}{2}$ y $5 \frac{1}{2}$, las cuales parecerían seguir esta regla, pero posiblemente al ser de las primeras pirámides en construirse, lo más probable es que adoptasen la forma de la pirámide del rey, que tenían los mismos *seked*. Además hay otras pirámides que no siguen esta regla, por tanto, en función de los datos de que disponemos, no podemos afirmar que hubiese una relación clara entre el *seked* y el tamaño de la pirámide.

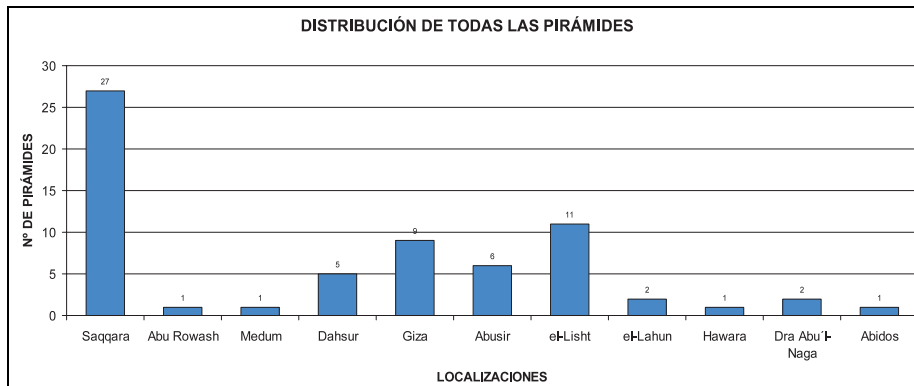
RELACION ENTRE EL *SEKED* Y LA UBICACIÓN DE LAS PIRÁMIDES

Las pirámides que en este artículo se consideran, se levantaron en los lugares que se citan a continuación (De Norte a Sur del país): Abu Rawash, Giza, Abusir, Saqqara, Dashur, el-Lisht, Meidum, Hawara y el-Lahun.

Entre la localización situada más al Norte (Abu Rawash) y la que está más al Sur (el-Lahun), hay una distancia, en línea recta, que no llega a los 100 Km y por tanto muchas de estas localizaciones están muy próximas unas con otras. No obstante, las últimas pirámides consideradas en este trabajo, las del Segundo Periodo Intermedio, se construyeron mucho más al sur, en Dra Abu el-Naga.

En el gráfico 4 se representa la distribución de todas estas pirámides en estas localizaciones.

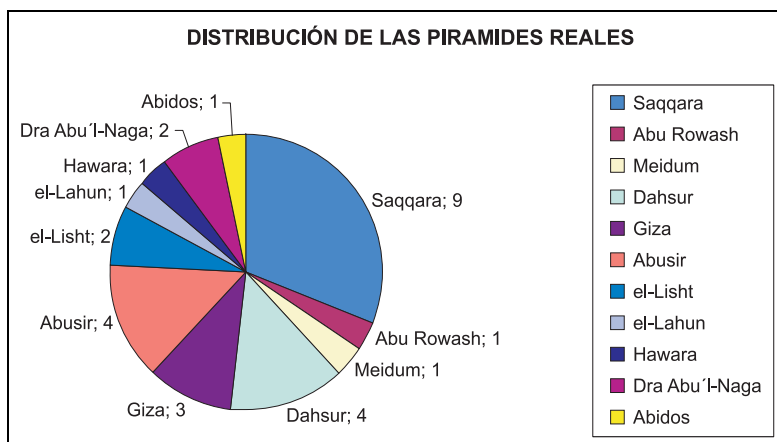
GRÁFICO 4



Podemos observar que Saqqara, con gran diferencia, es la necrópolis donde más pirámides tenemos, le sigue el-Lisht, Giza y Abusir.

Si esta distribución la dividimos entre las pirámides reales y las subsidiarias, y las representamos en un gráfico de sectores, obtenemos los gráficos 5 y 6.

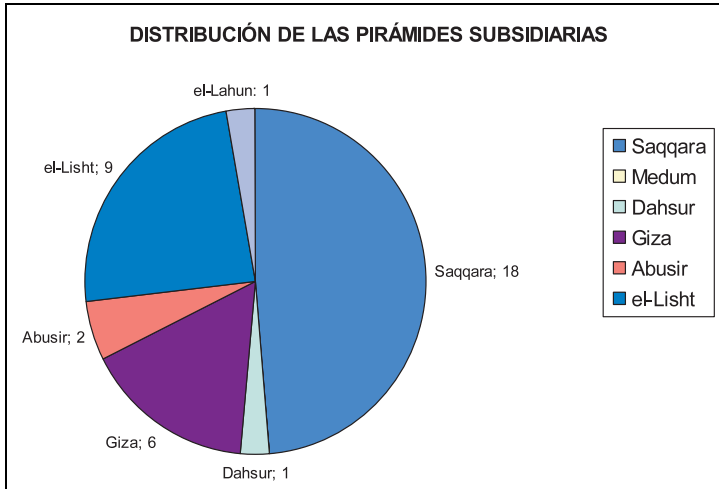
GRÁFICO 5



Donde vemos claramente que los monarcas de Egipto prefirieron Saqqara como enterramiento⁶, seguido de Abusir y Dahsur.

⁶ Solo hemos considerado las pirámides de *seked* conocido. No obstante, considerando todas las pirámides conocidas, la distribución sigue una estadística bastante similar.

GRÁFICO 6



También en este caso, la mayoría de las pirámides están en Saqqara, pero en este caso le sigue el-Lisht como consecuencia de la gran cantidad de pirámides subsidiarias que construyó Senusert I.

Con respecto a las posibles relaciones de los valores obtenidos de *seked* y la localización de las pirámides se puede decir que:

- Salvo las 3 últimas pirámides que se construyeron (dinastías XVII y XVIII), todas las pirámides de *seked* $3 \frac{1}{4}$, $3 \frac{1}{2}$ y $3 \frac{3}{4}$ se levantaron en Saqqara y en el-Lisht.
- Todas las pirámides de Giza tienen valores de *seked* de $5 \frac{1}{4}$ y $5 \frac{1}{2}$. Igualmente ocurre con la de Abusir, excepto la pirámide de culto de Sahure, con $4 \frac{3}{4}$.
- Las dos únicas pirámides con *seked* tan poco frecuente como 6 y $6 \frac{1}{2}$, se levantaron en el-Lisht y en Hawara respectivamente.
- En Saqqara, donde más pirámides se levantaron, ningún valor del *seked* supera $5 \frac{1}{4}$. Curiosamente no hay pirámides de *seked* $5 \frac{1}{2}$, ampliamente utilizado en otros lugares⁷.

¿POR QUÉ SE DISEÑARON LAS PIRÁMIDES CON UNOS VALORES DETERMINADOS *SEKED*?

La respuesta a esta pregunta no es fácil de responder. No está claro cuál fue la primera pirámide de caras lisas que se construyó, pero si sabemos que fue una de las


⁷ La única excepción es una pirámide subsidiaria de Userkaf, posiblemente para una reina, pero no estamos seguros de que su *seked* tuviese el valor de $5 \frac{1}{2}$.

tres pirámides de Seneferu: La pirámide de Meidum, la pirámide Romboidal o la pirámide Roja. En un principio, la pirámide de Meidum fue atribuida a Huny, padre de Seneferu, creyendo que la construyó como pirámide escalonada y después Seneferu la convirtió en una verdadera pirámide. Sin embargo, algunos egiptólogos como M. Lehner piensan ésta fué enteramente construida por Seneferu y que no hay ninguna prueba a favor de Huny, simplemente era debido a la necesidad de otorgarle un monumento funerario. Sea como fuere, lo más probable es que, de las tres mencionadas, esta pirámide fuese la primera en construirse, pero de forma escalonada.

Después construyó la pirámide Romboidal, pero debido a las grietas aparecidas en su interior, decidió remodelar la pirámide de Meidum, a la vez que finalizaba la Romboidal disminuyendo su pendiente. Posteriormente, aún tuvo tiempo de construir una pirámide más, la Roja, donde parece ser que fue depositada su momia.

Estas 3 pirámides, junto con la subsidiaria (Pirámide de culto) de la pirámide Romboidal, fueron las primeras de caras lisas en construirse. Si analizamos las pendientes y el *seked* de cada una de ellas obtenemos la Tabla VII.

TABLA VII. Las primeras pirámides de caras lisas⁸

PIRÁMIDE	NOMBRE	INCLINACIÓN	SEKED
Pirámide Romboidal	La brillante pirámide meridional	54° 31' (1ª incl)	5
		43° 21' (2ª incl)	7 ½
Pirámide de Meidum ⁸	Desconocido	51° 57' 10"	5 ½
Pirámide Roja	La pirámide brillante	43° 23' 38"	7 ½
Pirámide Culto del complejo de la P. Romboidal	Desconocido	43° 30'	7 ½

Si la pirámide Romboidal fue la primera en construirse, el primer valor del *seked* para el diseño de una pirámide fue el de su primera inclinación (*Seked*: 5). Cabría preguntarse por qué este valor. Si atendemos al posible significado estelar de la pirámide, una respuesta podría encontrarse en que éste tuviese un significado religioso o divino. El diseño de la pirámide con el valor 5 podría estar relacionado con el diseño que los antiguos egipcios representaban las estrellas de 5 puntas (Figura 1).

⁸ El complejo funerario de la pirámide de Meidum también tiene una pirámide subsidiaria de unos 26 m de lado, pero es una pirámide escalonada, por ello no se ha considerado en esta tabla.

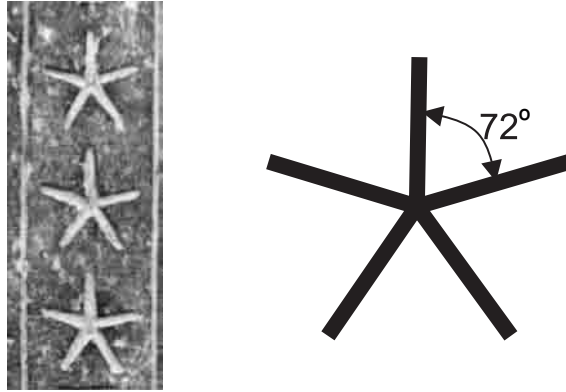



Figura 1. Representación de las estrellas

El valor 5 para el *seked* tendría un significado estelar y su inclinación cumpliría con una estética final adecuada. Sin embargo, al parecer este intento inicial de diseño, cuando la pirámide había alcanzado unos 50 m de altura, provocó la aparición de grietas en una de las cámaras, lo que hizo que los arquitectos cambiasen bruscamente el diseño inicial por el valor de *seked* $7 \frac{1}{2}$, es decir disminuyeron la pendiente en unos 11° . Y esta nueva inclinación de las caras fue la misma que utilizó en la pirámide Roja y en la pirámide subsidiaria de la Romboidal.

Con esta pendiente tan acusada y con su recubrimiento intacto, estas pirámides debían de reflejar los rayos solares en mejores condiciones y durante más horas al día que las otras pirámides cuyos *seked* eran más pequeños. Quizá por ello, a la pirámide Romboidal y a la Roja se les llamaba «*Pirámide brillante*» (Ver Tabla VII). Es más, la pirámide de Senusert II en el-Lahun, construida mucho después, en la Dinastía XII, con una pendiente similar, $42^\circ 09'$, según las fuentes consultadas, es la única junto a las anteriores que tiene un *seked* tan diferente a las demás pirámides de Egipto, en este caso $7 \frac{3}{4}$, y también se la llamaba «*La pirámide brillante*» ☞ 

¿Por qué se mantuvo desde un principio este *seked* tan acusado? Posiblemente los arquitectos de Seneferu no quisieran asumir más riesgos en caso de pendientes mayores. Pero volviendo a la posible connotación estelar que pudieran tener las pirámides, su diseño con este ángulo de inclinación de caras tan peculiar hace que el ángulo entre las aristas de la pirámide sea exactamente de 72° , tanto en la pirámide Roja, como en la parte superior de la Romboidal y en su pirámide de culto, e incluso la pirámide de Senusert II, pero en este caso con un error algo mayor. Esta es una característica geométrica realmente sorprendente, porque los ángulos que forman las aristas con el vértice son de 72° , el mismo que forman los «brazos» de las estrellas tal como ellos las representaban (Figura 1).

No tenemos ningún documento matemático de la época faraónica que pruebe que los antiguos escribas eran capaces de hacer un diseño de una pirámide con estas características geométricas, por tanto no podemos asegurar que estas pirámides las diseñaran

con dicha intención, aunque sí pudieran darse cuenta de ello una vez construida⁹, o bien utilizaron algún método de cálculo, incluso geométrico, que desconocemos.

LAS PENDIENTES MÁS UTILIZADAS EN LAS PIRÁMIDES REALES: *SEKED* 5 ½ Y 5 ¼

Tal como hemos visto anteriormente, los valores del *seked* más utilizados, con gran diferencia, en el diseño de pirámides reales fueron 5 ½ y 5 ¼. Respecto a este último valor, 5 ¼, los egiptólogos parecen estar de acuerdo: su construcción se debe a la utilización del triángulo sagrado, que es aquel triángulo rectángulo cuyos lados están en la relación 3-4-5, a los que se les atribuían propiedades mágicas o estéticas y de hecho en los nombres de muchas de estas pirámides¹⁰ aparece el trilitero *nfr* † (símbolo F35, según la clasificación de Gardiner), que significa hermoso o bello.

Se tiene constancia de que los antiguos egipcios utilizaron este tipo especial de triángulos en muchas de sus construcciones como templos y pirámides¹¹, e incluso en dibujos y pinturas.

Respecto a la geometría de estas pirámides, se puede decir que el uso de los triángulos 3-4-5 en su construcción reporta importantes ventajas, las cuales se resumen a continuación¹². Una de ellas es que para la resolución de estos triángulos rectángulos, no es necesaria la aplicación del Teorema de Pitágoras, ya que en estos casos, se puede realizar de una manera mucho más sencilla utilizando tan sólo sumas o restas, sin necesidad de elevar números al cuadrado, ni resolver complicadas raíces cuadradas. Pero sin embargo, la mayor aplicación práctica debió encontrarse en las fases de la construcción de la pirámide. Efectivamente, podemos encontrar dos aplicaciones importantes, fundamentales para que la pirámide adquiriera la forma final pretendida:

- La posición de los bloques de piedra en las hiladas (Ver figura 2)
- La zona de corte los bloques de revestimiento (Ver figura 3)

⁹ Para diseñar una pirámide de unas dimensiones determinadas basta con decidir inicialmente o bien la longitud de sus lados y su altura o bien uno de esos dos valores y el ángulo de inclinación de sus caras. Todas las demás dimensiones como son arista, apotema, diagonal y resto de los ángulos que forman estas magnitudes dependen de ese diseño inicial. Lo más normal es que los antiguos egipcios diseñasen sus pirámides a partir de dos magnitudes: la longitud de sus lados y el ángulo de inclinación de caras. De esta manera conocerían inicialmente la superficie que ocuparía la pirámide y les sería muy fácil, a través del *seked*, conocer la altura que iba a alcanzar e incluso el volumen estimado de piedra que iban a necesitar en su construcción. Sin embargo, diseñar inicialmente la pirámide a partir del ángulo que forman las aristas requiere conocimientos de trigonometría de los cuales no tenemos constancia que conociesen.

¹⁰ Concretamente se llamaron pirámides «bellas o hermosas» las pirámides de: Dyedkara, Pepy I, Merenra, Unis y Amenemhat I. Todas ellas diseñadas con el triángulo 3-4-5, excepto la de Unis. Respecto a la de Amenemhat I, tenemos dudas si fue diseñada así o no, tal como se comentó anteriormente.

¹¹ Véase LAUER, J.P.: «Le triangle sacré dans les plans des monuments de l'Ancien Empire. Aux monuments de Khéphren à Guizeh» *BIFAO* 77 (1977).

¹² Un análisis más detallado de todas estas ventajas y aplicaciones prácticas a la hora de diseñar y construir pirámides de *seked* 5 ¼ se puede ver en: MARTÍNEZ ORTEGA, A. «El diseño de las pirámides basadas en el triángulo sagrado egipcio». *BAEDE* N° 11. (2001).

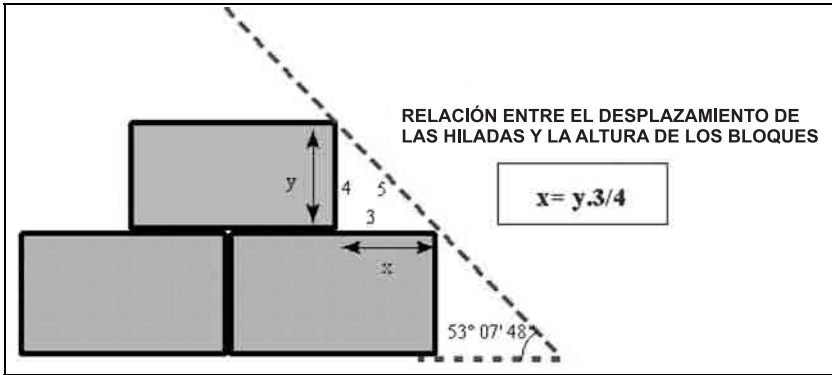


Figura 2. Cálculo de la posición de los bloques en los extremos de las hiladas en pirámides de *seked* $5 \frac{1}{4}$ (Dibujo del autor).

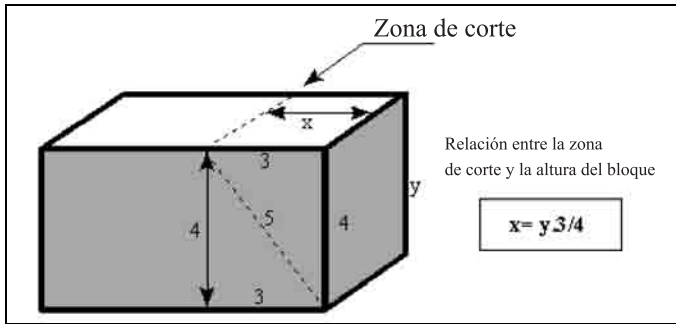


Figura 3. Cálculo de la zona de corte de los bloques de revestimiento en pirámides de *seked* $5 \frac{1}{4}$ (Dibujo del autor).

Tanto para colocar un bloque del extremo de una hilada como para calcular la zona de corte para producir un bloque de revestimiento, basta con multiplicar la altura del bloque por la fracción $\frac{3}{4}$, operación bastante sencilla¹³ para los escribas, que manejaban con excelente soltura los números fraccionarios.

Por último, para finalizar con el uso de los triángulos sagrados o del *seked* $5 \frac{1}{4}$ en el diseño de las pirámides, también pudo tener su repercusión como fenómeno solar mediante la formación de sombras, pues la necrópolis menfita, donde se elevaron estas pirámides está muy próxima al paralelo 30° del globo terrestre y como consecuencia de ello, cuando el sol del solsticio de invierno, alcanza el cenit, su máxima altura, se produce la formación de triángulos sagrados de los objetos con su sombra, especialmente los alargados, como obeliscos, o incluso personas de pie y por tanto,

¹³ Si el número que multiplica a $\frac{3}{4}$ es entero, dicha operación se convierte en una operación exclusivamente de números enteros a partir de la segunda duplicación.

es muy probable, que los egipcios, como buenos observadores, conocieran la formación de triángulos sagrados con las sombras en este día tan señalado¹⁴.

Con respecto al diseño de las pirámides de *seked* $5 \frac{1}{2}$, parece ser que formaron, junto con las anteriores los grupos más numerosos de pirámides reales (Ver Tabla V). El ejemplo más representativo de este grupo es la pirámide de Jufu (Keops o Gran Pirámide) al igual que en el caso de *seked* $5 \frac{1}{4}$ lo es la pirámide de Jafra (Kefren o Segunda pirámide de Giza), las dos pirámides más grandes construidas en Egipto.

En este caso, el de *seked* $5 \frac{1}{2}$, no tenemos evidencias de tipo geométrico, religioso o práctico de por qué se diseñaron así estas pirámides. Es cierto que con respecto a este diseño, se pueden deducir ciertas constantes matemáticas tales como el número π y otras, e incluso particularidades geométricas que no pueden ser aceptadas como fundamentos de diseño de este tipo de pirámides puesto que no hay ninguna evidencia de que las conociesen y mucho menos las usasen los antiguos egipcios¹⁵.

La solución que se llega en este artículo, después de analizar este tipo de pendientes, es que este ángulo de inclinación de caras, de *seked* $5 \frac{1}{2}$, es muy probable que haya sido consecuencia de convertir pirámides escalonadas en lisas. Si intentamos hacer algunas estimaciones teóricas e intentar convertir en pirámides de caras lisas las pirámides escalonadas de Dyeser, Sejemjet, Jaba y Huny o Seneferu, podemos comprobar que el ángulo resultante de inclinación de caras es aproximadamente unos 52° , es decir el correspondiente al *seked* $5 \frac{1}{2}$. Pero este cálculo teórico fue hecho realidad en la práctica, en la época de Seneferu, como anteriormente se ha comentado, pues convirtió la pirámide de ocho escalones de Meidum, en una pirámide de caras lisas y resultó un ángulo de $51^\circ 57'$. Precisamente, es la primera pirámide que se construye con prácticamente 52° y por tanto es muy posible que dicha inclinación fuese tenida en cuenta en los diseños posteriores como consecuencia de la evolución de la técnica arquitectónica.

Como puede verse en la tabla III, después de Seneferu, todas las pirámides reales construidas en el Imperio Antiguo¹⁶ se construyeron con *seked* $5 \frac{1}{4}$ o $5 \frac{1}{2}$. La diferencia en ángulo es pequeña (Poco más de un grado ó un dedo en el valor del *seked*). Algo parecido también ocurrió con las primeras pirámides subsidiarias construidas (Tabla IV del anexo 3), aunque en este caso, a finales de la V dinastía empezó a utilizarse el *seked* $3 \frac{1}{2}$, que comentaremos mas adelante.

LAS PENDIENTES DE *SEKED* $4 \frac{3}{4}$

Son cinco las pirámides conocidas las que corresponderían a este grupo: La de Unis y la de Jendyer en Saqqara (V y XIII Dinastías), la de culto de Sahure en Abu-

¹⁴ Un análisis más detallado se puede ver en: MARTÍNEZ ORTEGA, A. «Estudios arqueoastrónomicos en la necrópolis menfita». SOCIEDAD URUGUAYA DE EGIPTOLOGÍA. 2003. <http://www.geocities.com/jjcastillos/index48.html>

¹⁵ Sobre el posible conocimiento del número π por los antiguos egipcios, véase: A. Martínez Ortega «¿Conocían los antiguos egipcios el número π ? BIAE NÚMERO LII - NOVIEMBRE DE 2007.

<http://www.egiptologia.com/content/view/2435/109/>

¹⁶ Solamente hay una excepción, la pirámide de Unis, que presenta un *seked* de $4 \frac{3}{4}$.

sir y las de Senusert III y Amenemhat III en Dashur, ambas de la XII Dinastía. Según los datos obtenidos en la bibliografía (Tablas III y IV de los anexos 2 y 3) ninguna de ellas presenta una inclinación de caras que corresponda exactamente al *seked* $4 \frac{3}{4}$, las diferencias son de casi medio grado o más. Pero tampoco se ajustarían a otro *seked* de los considerados, siendo el valor $4 \frac{3}{4}$ el más próximo. Por lo tanto, o bien se construyeron con un valor de *seked* en el que se utilizaran fracciones de dedo o bien, las medidas no son del todo las correctas y se necesitaría una exploración mas detallada de estas pirámides.

De ser éste el valor de *seked* utilizado, desconocemos el motivo. De no ser así, es decir, que utilizaran una inclinación de caras intermedia entre un *seked* $4 \frac{3}{4}$ y $4 \frac{1}{2}$, correspondiente a un ángulo de inclinación de caras de $56^{\circ} 18'$, bastante más parecido a los de la bibliografía (excepto en el caso de la pirámide de Jendyer), podría tener una explicación práctica parecida a las del grupo de *seked* $5 \frac{1}{4}$, pues en este caso este ángulo corresponde al de los triángulos rectángulos cuyos catetos están en la proporción 2-3. Tendría su importancia en las fases de construcción, ya que facilita ciertos cálculos. En este caso, basta multiplicar la altura del bloque de la hilada superior por la fracción $\frac{2}{3}$ (ampliamente utilizada por los escribas egipcios) para saber el desplazamiento horizontal de los bloques de una determinada hilada, respecto a los bloques exteriores de la hilada inmediatamente inferior, de esta manera el cuerpo de la pirámide irá alcanzando la inclinación deseada. O bien, la misma operación para calcular la zona de corte de un bloque de revestimiento.

LAS PENDIENTES MÁS UTILIZADAS EN LAS PIRÁMIDES SUBSIDIARIAS: *SEKED* $3 \frac{1}{2}$

Si exceptuamos las tres pirámides de *seked* conocido de las ultimas pirámides en construirse en Egipto, a finales del Segundo Periodo Intermedio e incluso ya en el Imperio Nuevo, todas las pirámides cuyo *seked* es del orden de 3, fueron pirámides subsidiarias (de culto, de reinas y princesas). Por tanto, podríamos decir que, al menos durante los Imperios Antiguo y Medio, fue una forma piramidal diferente, posiblemente como distinción de un monumento funerario real del que no lo era, quizá para definir un rango inferior y por ello un *seked* menor¹⁷.

Pero, ¿por qué se eligió este valor de *seked*? Tampoco podríamos dar una respuesta acertada a esta pregunta. Lo único que podemos decir es que estas pirámides presentan lados y altura iguales. Equivale también a decir que al igual que las pirámides de *seked* $5 \frac{1}{4}$ estaban diseñadas en base al triángulo sagrado 3-4-5, éstas lo estarían al triángulo rectángulo cuya relación de catetos es 1 a 2, o al triángulo $1-2-\sqrt{5}$. Los ángulos de este triángulo, aparte del ángulo recto, son: $63^{\circ} 26'$ y $26^{\circ} 33'$. El primero es el de la inclinación de las caras de la pirámide y el segundo se corresponde con el de la gran mayoría de los conductos descendentes de las pirámides, el cual implica que por cada codo que se desciende en vertical, se avanzan dos en horizontal.

¹⁷ Las primeras pirámides subsidiarias serían una excepción, pues como se puede ver en las tablas III y IV las diseñaron con un *seked* similar al de las pirámides reales.

CONCLUSIONES

Las pirámides escalonadas fueron las precursoras de las de caras lisas. La pirámide de Seneferu, en Meidum, fue el vínculo de unión de ambos diseños y por tanto, la pieza clave para comprender la evolución de las pirámides de caras lisas.

El valor de *seked* que resulta de convertir la pirámide escalonada de Meidum en pirámide de caras lisas es $5 \frac{1}{2}$. Este valor fue ampliamente utilizado en las pirámides que después se construyeron, entre ellas la pirámide de Jufu o Gran Pirámide. Como consecuencia de ello y de la forma que adopta el conjunto de los escalones de las pirámides escalonadas podría considerarse este hecho como el origen de este valor de *seked*.

El valor del *seked* más utilizado en las pirámides reales fue de $5 \frac{1}{4}$. Posiblemente utilizado inicialmente por suponer una inclinación de caras similar al anterior, pero con la diferencia de que este diseño implica el uso del triángulo sagrado 3-4-5, el cual supone ciertas ventajas de tipo práctico e incluso estético o religioso.

Respecto a las pirámides subsidiarias, más pequeñas, predomina claramente la utilización del *seked* $3 \frac{1}{2}$, un valor que no fue utilizado en las pirámides reales. El porqué de este valor posiblemente sea debido a que en su diseño se pretendió que la longitud del lado de la pirámide fuese exactamente igual a su altura.

REFERENCIAS

- BAINES J., MALEK, J. (1992), *Dioses, Templos y Faraones*. Ediciones Folio S.A./Ediciones del Prado.
- DODSON A. (2006), *Las pirámides del antiguo Egipto*, Ediciones Folio.
- EDWARDS, I.E.S. (2003), *Las pirámides del antiguo Egipto*, Critica.
- JANOSI, P. Die Pyramidenanlagen der Königinnen: Untersuchungen zu einem Grabtyp des Alten und Mittleren Reiches, Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften (Taschenbuch, 1995)
- LAUER, J.P. (1962), *Historie Monumentale des Pyramides D'Égypte, Les pyramides à degrés*. Institut Français d'archéologie orientale.
- LAUER, J.P. (1977), «Le triangle sacré dans les plans des monuments de l'Ancien Empire. Aux monuments de Khéphren à Guizeh» *BIFAO* 77.
- LEHNER M.: (1997), *The complete pyramids*, Londres: Thames & Hudson.
- MARTÍNEZ ORTEGA, A. (2001), «El diseño de las pirámides basadas en el triángulo sagrado egipcio». *BAEDE* N° 11.
- MARTÍNEZ ORTEGA, A. (2003), «Estudios arqueoastronómicos en la necrópolis menfita». *SOCIEDAD URUGUAYA DE EGIPTOLOGIA*. <http://www.geocities.com/jjcastillos/index48.html>
- PARRA ORTIZ, J. M. (2008), *Historia de las pirámides de Egipto*, Madrid: Editorial Complutense, 2ª ed. rev. y aument..
- VERNER M. (2001), *The Pyramids*, Grove Press. New York.

DIRECCIONES DE INTERNET

Las Pirámides Egipcias: cronología, clasificación y geometría. **BIAE NÚMERO LXI- SEPTIEMBRE DE 2008.**

<http://www.egiptologia.com/boletin-informativo-biae/109-boletin-informativo-ano-vi/2770-biae-numero-lxi-septiembre-de-2008.html>

Martínez Ortega A. “¿Conocían los antiguos egipcios el número π ? BIAE NÚMERO LII - NOVIEMBRE DE 2007.

<HTTP://WWW.EGIPTOLOGIA.COM/BOLETIN-INFORMATIVO-BIAE/103-BOLETIN-INFORMATIVO-ANO-V/2435-BIAE-NUMERO-LII-NOVIEMBRE-DE-2007.HTML>

Pirámides: clasificación, cronología y geometría

<http://www.egiptologia.com/todo-sobre-las-piramides/86-cronologia-clasificacion-y-geometria.html>

Estudios arqueoastronómicos en la necrópolis menfita

<http://www.geocities.com/jjcastillos/index48.html>

Magnitudes y unidades del Antiguo Egipto

<http://www.egiptologia.com/todo-sobre-las-piramides/88-articulos-sobre-las-piramides-de-egipto-en-general/649-magnitudes-y-unidades-en-el-antiguo-egipto-relaciones-y-equivalencias.html>

ANEXO 1

PIRÁMIDES CONSTRUIDAS EN EGIPTO¹⁸

DINASTIA III (2686 - 2613 a.C.)

- Pirámide de NECHERJET-DYESER
- Pirámide de SEJEMJET
- Pirámide de JABA
- Pirámide de HUNY?

DINASTIA IV (2613 - 2494 a.C.)

- Pirámide de SENEFERU (1)
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto ?)
- Pirámide de SENEFERU (2)
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto ?)
- Pirámide de SENEFERU (3)
- Pirámide de JUFU
 - GI-a (Pirámide de Hetepheres I ? ó Meritotes ?)

¹⁸ Cuando un rey construyó más de una pirámide, se indica mediante un número entre paréntesis después del nombre del rey. De la misma forma, un signo de interrogación indica que la asignación o el tipo de pirámide no se sabe con seguridad. Por otro lado, también algunos pequeños complejos funerarios de reinas o princesas tenían su propia pequeña pirámide de culto (de unos 4 o 5 m de lado), las cuales no se han incluido en esta lista.

- GI-b (Pirámide de Meritotes ?)
- GI-c (Pirámide de Henutsen)
- GI-d (Pirámide de Culto ?)
- Pirámide de DYEDFRA
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto o Reina desconocida ?)
 - Subsidiaria 2 (Pirámide de Reina desconocida)
- Pirámide de JAFRA
 - GII-a (Pirámide de Culto ?)
- Pirámide de BAKA
- Pirámide de MENKAURA
 - GIII-a (Pirámide de Culto o de Jamerernebty II ?)
 - GIII-b (Pirámide de Reina desconocida)
 - GIII-c (Pirámide de Reina desconocida)

DINASTIA V (2494 - 2345 a.C.)

- Pirámide de USERKAF
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto ?)
 - Subsidiaria 2 (Pirámide de Reina desconocida)
- Pirámide de SAHURA
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto ?)
- Pirámide de NEFERIRKARA-KAKAI
- Pirámide de SHEPSEKARA-NECHERUSER
- Pirámide de NEFEREFRA-ISI
- Pirámide de NYUSERRA-INY
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto ?)
- Pirámide de MENKAUHOR-IKAUHOR
- Pirámide de DYEDKARA-ISESI
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto)
 - Subsidiaria 2 (Pirámide De Reina Desconocida)
- Pirámide de UNIS
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto)

DINASTIA VI (2345 - 2173 a.C.)

- Pirámide de TETI
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto)
 - Subsidiaria 2 (Pirámide de Iput I)
 - Subsidiaria 3 (Pirámide de Juit)
- Pirámide de MERYRA-PEPY-I
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto)
 - Subsidiaria 2 (Pirámide de Nubwenti)
 - Subsidiaria 3 (Pirámide de Inenek-Inti)
 - Subsidiaria 4 (Pirámide de Reina desconocida)
 - Subsidiaria 5 (Pirámide de Meritotes IV)
 - Subsidiaria 6 (Pirámide de Anjnespepy II)
 - Subsidiaria 7 (Pirámide de Anjnespepy III)
- Pirámide de MERENRA-ANTYEMSAF
- Pirámide de NEFERKARA-PEPY-II
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto)

- Subsidiaria 2 (Pirámide de Neit)
- Subsidiaria 3 (Pirámide de Iput II)
- Subsidiaria 4 (Pirámide de Uedjebten)

DINASTIA VII - VIII (2173 - 2160 a.C.)

- Pirámide de KAKARA-IBI
- Pirámide de JUI
- Pirámide de NEFERKARA-NEBI
- Pirámide de ITI

DINASTIA IX - X (2160 - 2040 a.C.)

- Pirámide de MERYKARA

DINASTIA XII (1991 - 1786 a.C.)

- Pirámide de SEHETEPBRA-AMENEMHAT-I
- Pirámide de JEPERKARA-SENSERT-I
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de Culto)
 - Subsidiaria 2 (Pirámide de Neferu)
 - Subsidiaria 3 (Pirámide de Itakayet)
 - Subsidiaria 4 (Pirámide de princesa desconocida)
 - Subsidiaria 5 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 6 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 7 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 8 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 9 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 10 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
- Pirámide de NUBKAURA-AMENEMHAT-II
- Pirámide de JAJEPERRA-SENSERT-II
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
- Pirámide de JAKAURA-SENSERT-III
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 2 (Pirámide de Neferthenut)
 - Subsidiaria 3 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 4 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 5 (Pirámide de princesa o reina desconocida)
 - Subsidiaria 6 (Pirámide de culto del faraón)
 - Subsidiaria 7 (Pirámide de Weret)
- Pirámide de NYMAATRA-AMENEMHAT-III (1)
- Pirámide de NYMAATRA-AMENEMHAT-III (2)
- Pirámide de MAAJERURA-AMENEMHAT-IV
- Pirámide de SEBEKKARA-NEFERUSOBEK

DINASTIA XIII (1786 - 1645 a.C.)

- Pirámide de SANJIBRA-AMENINTEFAMENEMHAT
- Pirámide de JENDYER
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de reina desconocida)
- Pirámide de MERNFERRE-IY

DINASTIA XVII (1585 - 1549 a.C.)

- Pirámide de SEBEKEMSAF I
- Pirámide de INTEF V
- Pirámide de INTEF VI
- Pirámide de TAA I
- Pirámide de TAA II
- Pirámide de KAMOSE

DINASTIA XVIII (1549 - 1298 a.C.)

- Pirámide de AHMOSE I

OTRAS PIRÁMIDES

• **Pirámides provinciales de la época Huny-Seneferu**

- Pirámide de Elefantina
- Pirámide de Edfu Sur
- Pirámide de El-Kula
- Pirámide de Nagada u Ombos
- Pirámide de Sinki
- Pirámide de Zawiyet Sultan o Zawiyet el-Maiyitin
- Pirámide de Seila

• **Pirámides de reinas**

- Pirámide de Jentkaus II
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de culto)

• **Pirámides anónimas**

- Pirámide 24
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de culto)
- Pirámide 25
- Pirámide anónima A
- Pirámide anónima B

• **Pirámide de Amenemhat**

- Pirámide de AMENEMHAT IV, V ó VI

• **Pirámide de rey desconocido**

- Pirámide de rey desconocido en Saqqara
 - Subsidiaria 1 (Pirámide de culto)

ANEXO 2

 TABLA III. Piramides reales de *seked* conocido¹⁹

DINASTÍA	PIRÁMIDE	Localización	l (m)	h (m)	Ángulo caras	<i>seked</i>
III - IV	Seneferu	Meidum	144	92	51° 57' 10"	5 ½
IV	Seneferu	Dashur	188,6	101,15	54° 31' (1ª incl)	5
					43° 21' (2ª incl)	7 ½
IV	Seneferu	Dashur	220	104	43° 23' 38"	7 ½
IV	Jufu	Giza	230,36	146,59	51° 50' 32"	5 ½
IV	Dyedefra	Abu Rowash	106,2 ?	68 ?	52° 00'	5 ½
IV	Jafra	Giza	215,25	143,5	53° 7' 48"	5 ¼
IV	Menkaura	Giza	104,6	66 ?	51° 36'	5 ½
V	Userkaf	Saqqara	73,5	49	53° 7' 48"	5 ¼
V	Sahura	Abusir	78,75	50	51° 46' 46"	5 ½
V	Neferirkara	Abusir	105	70	53° 7' 48"	5 ¼
V	Niuserra	Abusir	78,9	50	51° 43' 35"	5 ½
V	Dyedkara	Saqqara	78,75	52,5	53° 7' 48"	5 ¼
V	Unis	Saqqara	57,75	43	56° 7' 5"	4 ¾
V	Jentkaus II	Abusir	26,15 ?	17 ?	52°	5 ½
VI	Teti	Saqqara	78,75	52,5	53° 7' 48"	5 ¼
VI	Pepy I	Saqqara	78,75	52,5	53° 7' 48"	5 ¼
VI	Merenra	Saqqara	78,75	52,5	53° 7' 48"	5 ¼
VI	Pepy II	Saqqara	78,75	52,5	53° 7' 48"	5 ¼
VII - VIII	Kakare Ibi	Saqqara	24 ?	21,6 ?	61°	4
XII	Amenemhat I ²⁰	el-Lisht	78,5 ?	55 ?	54° 27'	5
XII	Senusert I	el-Lisht	105	61	49° 16' 58"	6
XII	Senusert II	el-Lahun	106	48	42° 9' 57"	7 ¾
XII	Senusert III	Dashur	104	78,5	56° 28' 43"	4 ¾
XII	Amenemhat III	Dashur	104	78,5	56° 28' 43"	4 ¾
XII	Amenemhat III	Hawara	100	57	48° 44' 34"	6 ¼
XIII	Jendyer	Saqqara	52	37,35	55° 9' 27"	4 ¾
XVII	Intef VI	Dra Abu'l-Naga	11	12 - 13,5	65° - 68°	3 ?
XVII	Kamose	Dra Abu'l-Naga	8 ?	9 ?	66°	3 ?
XVIII	Ahmose	Abidos	80 ?	80 ?	63° 26'	3 ½ ?

¹⁹ La pirámide de doble pendiente de Seneferu en Dashur, al presentar dos pendientes, se contabilizará dos veces. Por tanto, las pirámides reales, de *seked* conocido (Incluida la de la reina Jentkaus II), sumarán 30 en total.

²⁰ De la pirámide de Amenemhat I no conocemos con seguridad sus dimensiones. Fue excavada en 1906, se interrumpieron los trabajos después de 3 campañas y se volvieron a reanudar, de manera intermitente después de la I Guerra mundial, hasta 1934. Posiblemente por ello, los egiptólogos no se pongan de acuerdo en sus dimensiones, estableciendo diferencias de hasta 5,5 metros para la longitud del lado de la pirámide (Entre 78,5 m y 84 m) y 4 m para su altura (Entre 55 m y 59 m). Con estos datos se pueden calcular distintas inclinaciones y si tenemos en cuenta que según M. Lehner, se reutilizaron bloques de revestimiento de la pirámide de Jafra (inclinación de 53° 07' 48»), podría suponerse incluso que tuvo una inclinación de caras similar a ésta.

ANEXO 3

TABLA IV. Pirámides subsidiarias de seked conocido

DINASTÍA	PIRÁMIDE	Reina? Princesa? Culto?	Subsidiaria del complejo	l (m)	h (m)	Ángulo caras	<i>Seked</i>
IV	Satélite	Culto ?	Seneferu	52,5	24,9	43° 30'	7 ½
IV	GI-a	Hetepheres?	Jufu	46,27	29,45	51° 50' 52"	5 ½
IV	GI-b	Meritotes ?	Jufu	48,12	30,62	51° 50' 28"	5 ½
IV	GI-c	Henutsen	Jufu	46,05	29,1	51° 40' 38"	5 ½
IV	GI-d	Culto ?	Jufu	21,75	13,8	51° 45' 37"	5 ½
IV	GII-a	Culto ?	Jafra	20,9	13,9	53° 03' 51"	5 ¼
IV	GIII-a	Jamerernebty II	Menkaura	44	28,42	52° 15' 23"	5 ½
V	Subsidiaria1	Culto	Userkaf	21	14 ?	53°	5 ¼
V	Subsidiaria2	Reina ?	Userkaf	26,15	16,7 ?	52° ?	5 ½
V	Subsidiaria1	Culto	Sahura	15,7	11,6	56°	4 ¾
V	Subsidiaria1	Culto	Niuserra	15,5	10,5	53° 34' 8"	5 ¼
V	Subsidiaria1	Culto	Dyedkara	15,6	16,7	65° 0' 13"	3 ¼
V	Subsidiaria2	Reina descon.	Dyedkara	26 ?	24,4 ?	62°	3 ¾
V	Subsidiaria1	Culto	Unis	11,5	11,3 ?	63° 0'	3 ½
VI	Subsidiaria1	Culto	Teti	15,7	15,7	63° 26' 5"	3 ½
VI	Subsidiaria2	Iput	Teti	21	19,8	62° 3' 46"	3 ¾
VI	Subsidiaria1	Culto	Pepy I	15,7	15,7	63° 26' 5"	3 ½
VI	Subsidiaria2	Nubwenti	Pepy I	21	21 ?	63° 26'	3 ½
VI	Subsidiaria3	Inenek-Inti	Pepy I	21 ?	21 ?	63° 26'	3 ½
VI	Subsidiaria4	Reina descon.	Pepy I	21	21	63° 26' 5"	3 ½
VI	Subsidiaria5	Meritotes IV	Pepy I	21 ?	21 ?	63° 26'	3 ½
VI	Subsidiaria6	Anjnespepy II	Pepy I	21 ?	21 ?	63° 26'	3 ½
VI	Subsidiaria7	Anjnespepy III	Pepy I	21 ?	21 ?	63° 26'	3 ½
VI	Subsidiaria1	Culto	Pepy II	15,7	15,7	63° 26' 5"	3 ½
VI	Subsidiaria2	Neit	Pepy II	24	21,7	61° 3' 27"	3 ¾
VI	Subsidiaria3	Iput II	Pepy II	22	15,7	55°	5
VI	Subsidiaria4	Uedybten	Pepy II	23,9	25,6	65°	3 ¼
XII	Subsidiaria	Culto	Senusert I	18,4	18,4	63° 26' 5"	3 ½
XII	Subsidiaria	Neferu	Senusert I	21	20,18	62° 30' 40"	3 ¾
XII	Subsidiaria	Itakayet	Senusert I	16,8	16,85	63° 30' 10"	3 ½
XII	Subsidiaria	Princ. descon.	Senusert I	16,8	16,85	63° 30' 10"	3 ½
XII	Subsidiaria	Reina descon.	Senusert I	16,3	16,35	63° 30' 18"	3 ½
XII	Subsidiaria	Reina descon.	Senusert I	15,75	15,8	63° 30' 27"	3 ½
XII	Subsidiaria	Reina descon.	Senusert I	15,75	15,8	63° 30' 27"	3 ½
XII	Subsidiaria	Reina descon.	Senusert I	15,75	15,8	63° 30' 27"	3 ½
XII	Subsidiaria	Reina descon.	Senusert I	15,75	15,8	63° 30' 27"	3 ½
XII	Subsidiaria	Reina descon.	Senusert	27,6	19,17	54° 15' 3"	5