

Fórmulas sobre telescopios que todo aficionado debe saber

Extraído del libro *Un pedacito del universo* (cuarta edición).

Por Armando Caussade, GCSc, BS

Sociedad de Astronomía de Puerto Rico, Inc. <http://www.astronomiapr.net/>

Una de las recomendaciones ofrecidas por los lectores ha sido la de reunir las fórmulas utilizadas a lo largo de este libro —al menos las relacionadas con la óptica de los telescopios— y formar con ellas un apéndice. Me ha parecido una idea excelente, y además de recopilarlas he aprovechado para añadir algunas ecuaciones adicionales que también podrían ser de utilidad para el principiante.

Al igual que en el resto del libro todas las unidades que emplearé son métricas (para convertir pulgadas en milímetros, multiplíquese por 25.4). Y en lo sucesivo durante este apéndice las expresiones *longitud focal* y *largo focal* se utilizarán como sinónimos, como asimismo *campo de vista* y *campo visual*.

FÓRMULAS DEL CAPÍTULO 9

1. Relación focal de un telescopio

La relación focal de un telescopio se refiere a la razón obtenida mediante división de la longitud focal por la apertura, o sea, $N = F \div A$, donde N será la relación focal, F la longitud focal en milímetros, y A la apertura en milímetros. A la relación focal se le denomina también como *número f*.

Por ejemplo, un telescopio reflector cuya longitud focal sea 1,200 milímetros, y cuya apertura sea de 150 milímetros (medidas comunes en ciertos instrumentos de tipo Newton), tendrá una relación focal exactamente igual a 8. Dicha relación focal se escribirá como f/8 y se leerá como "efe ocho".

Es importante aquí aclarar la nomenclatura en los ámbitos respectivos de la fotografía y la astronomía. En los lentes de cámara al número f se le refiere con frecuencia como "apertura", lo cual en astronomía puede causar confusión. En el contexto de un telescopio, al número f se le llamará siempre "relación focal".

2. Longitud focal de un telescopio

Con frecuencia suele referirse a los telescopios como "refractor de 100 milímetros f/14",

o "reflector de 200 milímetros f/7". En estos casos donde la longitud focal no es explícita, podrá calcularse mediante la relación $F = N \times A$, que no es sino la ecuación inversa de la explicada en el ejercicio anterior. En esta fórmula F será la longitud focal en milímetros, A la abertura en milímetros, y N la relación focal.

En los ejemplos anteriores se obtendrá una longitud focal de 1,400 milímetros para ambos telescopios. Conviene recordar que en la gran mayoría de los instrumentos clásicos —particularmente los refractores acromáticos y los reflectores de tipo Newton— la longitud focal corresponderá aproximadamente a la extensión del tubo y podrá estimarse con sólo mirar el instrumento.

3. Aumento máximo de un telescopio

Existe un límite práctico en los aumentos, que será la abertura expresada en milímetros y multiplicada por dos. La fórmula sería $M = A \times 2$, donde M corresponde al aumento máximo del telescopio, y A a la abertura en milímetros.

Por ejemplo, un telescopio de 150 milímetros podrá alcanzar hasta 300 aumentos. Un objetivo podría admitir oculares que superen a este límite, pero aun cuando la imagen pudiera lucir más grande no se verá mejor ni revelará más detalles.

FÓRMULAS DEL CAPÍTULO 10

4. Aumentos producidos en un telescopio por un ocular particular

El aumento producido en un telescopio por un ocular particular será determinado por la fórmula $M = F \div f$, donde M corresponde al aumento generado, F será la longitud focal del objetivo, y f será el largo focal del ocular empleado.

Cuando decimos que un ocular produce 50 aumentos, significa que aumentará el diámetro de la imagen unas 50 veces. Esto se ha convenido en escribirlo como 50×, lo cual podrá leerse como "cincuenta equis" o "cincuenta aumentos".

Por ejemplo, ¿cuál será el aumento producido en un telescopio cuyo objetivo mida 910 milímetros de longitud focal, por un juego de cuatro oculares cuyos respectivos largos focales sean 32, 20, 12 y 7 milímetros? Los aumentos serán 28×, 46×, 76× y 130×, respectivamente.

Para emplear un lente de Barlow se aplicará el multiplicador indicado por el fabricante al aumento que genere el ocular. Por ejemplo, un Barlow de 2× duplicará el aumento de cualquier ocular, mientras que uno de 3× lo triplicará.

5. Largo focal de un ocular de microscopio que se utilizará en un telescopio

En un telescopio pueden también utilizarse oculares fabricados para microscopios. Aunque el largo focal de dichos oculares no se da explícitamente, puede calcularse mediante la relación $f = 250 \div m$, donde f sería el largo focal en milímetros, y m la potencia del ocular en cuestión según indicada por el fabricante.

Por ejemplo, para un juego de cuatro oculares cuya potencia aparezca señalada como 7×, 10×, 15× y 20× (potencias comunes en los lentes para microscopio), los largos focales serán 35.7, 25.0, 16.7 y 12.5 milímetros, respectivamente.

6. Campo de vista real de un ocular, dado el campo aparente y el aumento

El campo de vista real de un ocular se calcula mediante la fórmula $c = C \div M$, donde c representaría el campo visual real según observado en el cielo, C el campo de vista aparente del ocular según indicado por el fabricante, y M el aumento producido conjuntamente por el telescopio y el ocular en cuestión.

Por ejemplo, ¿cuál será el campo real generado por un ocular tipo Plössl con 50° de campo aparente, y por otro de tipo gran angular con 70°? A estos efectos, asumiremos que ambos oculares poseen igual largo focal, y que acoplados a un telescopio cada uno proveerá 50×. El campo real será 1.0° y 1.4°, respectivamente.

FÓRMULAS ADICIONALES

7. Pupila de salida producida en un telescopio por un ocular particular

La *pupila de salida* (antiguamente denominada *disco de Ramsden*) se refiere al diámetro del haz de luz que será proyectado hacia el ojo del observador por un ocular cualquiera, lo cual determinará la luminosidad aparente o relativa de la imagen. Existen dos fórmulas que pueden utilizarse, una para telescopios y otra para prismáticos, pero en realidad ambas pueden emplearse indistintamente.

El diámetro de la pupila de salida producida en un telescopio por un ocular particular será determinado por la fórmula $P = f \div N$, donde P corresponde a la pupila de salida expresada en milímetros, f será el largo focal del ocular en cuestión, y N será la relación focal del instrumento.

La pupila de salida en un binocular será determinada por la fórmula $P = A \div M$, donde P corresponde a la pupila expresada en milímetros, A será la abertura del prismático en

milímetros, y M será el aumento señalado para el instrumento.

Por ejemplo, en un telescopio cuya relación focal sea $f/11$, un ocular de 9 milímetros producirá una pupila de salida con diámetro de 0.81 milímetros, mientras que en un binocular 8×40 (el primer número representa el aumento, y el segundo la abertura) el diámetro de la pupila será exactamente 5 milímetros.

8. Aumento mínimo de un telescopio, según la pupila de salida

El aumento mínimo que podría utilizar un telescopio dependerá principalmente de las características en el ojo del observador, más que del telescopio mismo.

Suponiendo que la pupila de un observador —cuando éste acerque su ojo un ocular— llegara a medir 7 milímetros (el valor tradicionalmente aceptado), el aumento mínimo del telescopio será dado por la fórmula $M = A \div 7$, pero asumiendo una pupila de 5 milímetros (un valor más realista) el aumento mínimo será $M = A \div 5$. Estas ecuaciones podrían generalizarse bajo la expresión $M = A \div p$, donde M corresponde al aumento mínimo del telescopio, A será la abertura del instrumento en milímetros, y p será el diámetro máximo alcanzable por la pupila del aficionado.

La variable p se relaciona en parte con la oscuridad del lugar donde esté emplazado el telescopio, pero vendrá determinada mayormente por la edad del observador. El valor de p disminuye gradualmente desde 8 milímetros a los 15 años, hasta 4 a los 75 años, pero estas cifras son aproximadas y se reportan grandes variaciones.

En síntesis, el aumento mínimo será aquel donde la pupila de salida iguale —pero nunca supere— la pupila del ojo, pues de lo contrario una fracción de la luz captada por el telescopio nunca será recibida por los ojos del observador.

9. Oculares necesarios para dar en un telescopio el aumento mínimo y máximo, según la relación focal del instrumento

El largo focal de los oculares que se requerirán para producir en un telescopio el aumento mínimo y máximo será determinado por la relación focal del instrumento. Se utilizarán, respectivamente, las fórmulas siguientes: $f = N \times 5$ y $f = N \div 2$. En estas ecuaciones f corresponderá al largo focal en milímetros del ocular que resultará necesario, y N será la relación focal del telescopio en cuestión.

Por ejemplo, para un telescopio —de cualquier tipo o abertura— cuya relación focal sea $f/10$, el aumento mínimo será producido por un ocular de 50 milímetros, mientras que el aumento máximo corresponderá a un ocular de 5 milímetros.

Al igual que en el ejercicio anterior, supondremos que p valdrá 5. De otro modo, la ecuación para el aumento mínimo podría generalizarse según la forma $f = N \times p$, donde p será el diámetro que pudiera llegar a alcanzar la pupila del observador.

Este ejercicio es interesante porque demuestra que no siempre podrá el mercado suplir los oculares que ciertos telescopios pudieran exigir para alcanzar su aumento máximo o mínimo. Para citar algunos casos, hay refractores pequeños cuya relación focal de $f/15$ requerirá un ocular de 75 milímetros para llegar a su mínimo, mientras que algunos reflectores de enorme diámetro que se fabrican a $f/4$ necesitarán oculares de apenas 2 milímetros para alcanzar su máximo.

10. Captación de luz en un telescopio relativa al ojo, o a otro instrumento

Si aceptamos como diámetro máximo de la pupila humana el valor de 5 milímetros, entonces un telescopio de 200 milímetros tendrá una abertura 40 veces mayor que el ojo humano. La captación de luz en este objetivo (versus la pupila del observador) alcanzará unas 1,600 veces, exactamente el cuadrado de 40.

La fórmula sería $L = (A \div 5)^2$, donde L será la ganancia en captación de luz por el telescopio relativa al ojo del observador, y A será la abertura en milímetros.

Para comparar la captación de luz entre dos instrumentos de distinta abertura se utilizará la relación generalizada $L = (A_1 \div A_2)^2$, donde L será la ganancia en captación de luz por el primer telescopio relativa al segundo telescopio, mientras que A_1 y A_2 serán las aberturas respectivas de los instrumentos, ambas expresadas en milímetros y siendo la primera la de mayor diámetro.

Por ejemplo, un telescopio de 150 milímetros captará cuatro veces más luz que uno de 75 milímetros. Esto ocurre porque el objetivo de 150 milímetros posee un diámetro que duplica al de 75 milímetros, y en términos de área significará que la superficie colectora de luz en este cristal crecerá en un factor de cuatro.

11. Límite aproximado de magnitud alcanzable por un telescopio

Aunque la magnitud estelar alcanzable por un telescopio depende de muchos factores, el más importante será su abertura. La fórmula indicada a continuación proveerá una aproximación razonable para este límite: $L_t = L_o - 3.3 + 5.5 \log A$.

En esta ecuación L_t representa la magnitud alcanzable por un telescopio, L_o corresponde a la magnitud alcanzada a simple vista por el observador (en el lugar donde esté ubicado el instrumento), y A corresponde a la abertura en milímetros.

Por ejemplo, un telescopio de 100 milímetros que esté instalado bajo un cielo suburbano que a simple vista muestre estrellas de magnitud 4.5, alcanzará una magnitud aproximada de 12.2. De otra parte, un telescopio de 200 milímetros que se utilice bajo condiciones excepcionales, en que el observador logre apreciar estrellas de magnitud 6.5, alcanzaría una magnitud aproximada de 15.6.

12. Resolución de un telescopio, según el límite de Dawes

La resolución de un telescopio, es decir, su capacidad para discernir pequeños detalles en la imagen, está determinada únicamente por su abertura.

La fórmula será $R = 116 \div A$, donde R corresponde a la resolución en segundos de arco, y A será la abertura en milímetros. Por ejemplo, un telescopio de 80 milímetros podrá resolver detalles tan pequeños como 1.45 segundos de arco.

Aunque existen otros métodos para calcular la resolución, se da aquí la fórmula estándar denominada *límite de Dawes*. Los resultados obtenidos mediante esta ecuación son especialmente útiles para la observación de estrellas dobles. ■

Copyright © 2017 Armando Caussade. Reservados algunos derechos.

Este opúsculo es gratis. Puede fotocopiar y distribuirse libremente.

Licencia Creative Commons: Atribución – No comercial – Sin derivadas 4.0.
CC BY–NC–ND 4.0.