



INSTRUMENTACIÓN ASTRONÓMICA

JHONATTAN JAVIER PISCO GUABAVE

ALGO DE HISTORIA



Nínive.



Aristófanes

A composite image. On the left is a marble bust of the ancient Greek playwright Aristophanes, with the inscription "ΑΡΙΣΤΟΦΑΝΕΣ" at the bottom. On the right is a modern white metal sundial sculpture on a rooftop, reflecting the surrounding city skyline.

Piedras para leer



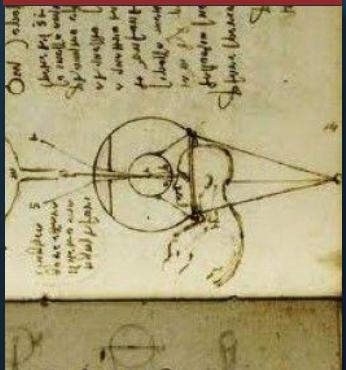
Alhazen

A composite image. On the left is an open manuscript page with Arabic text and scientific diagrams illustrating light refraction. On the right is a portrait of the Persian polymath Alhazen (Ibn al-Haytham).

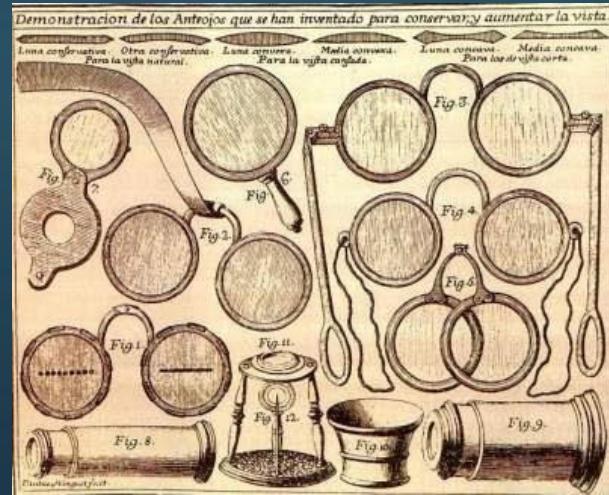
AVANCES EN LA ÓPTICA



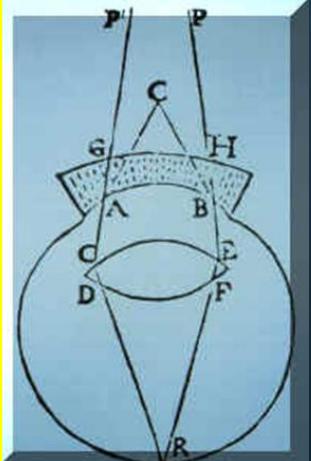
Leonardo Da Vinci



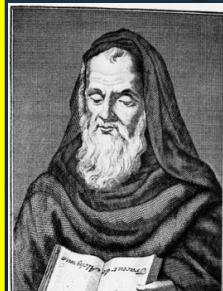
Alexandro della Spina o Salvino de Armati



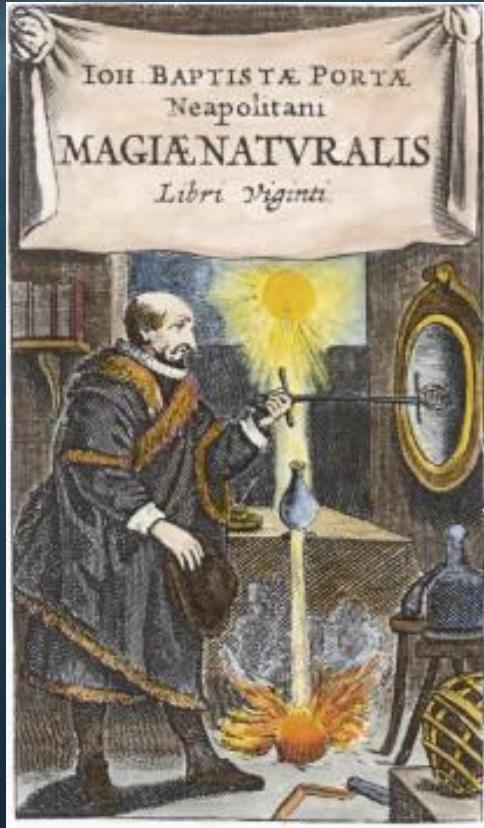
Hidrodiascopio



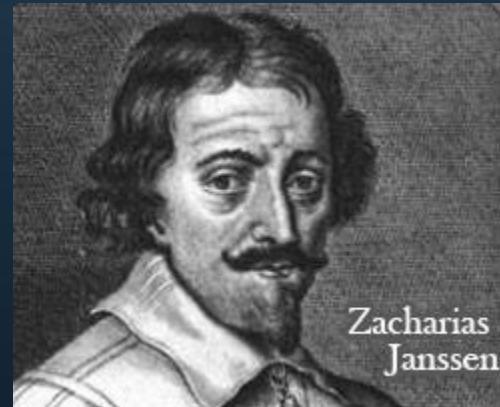
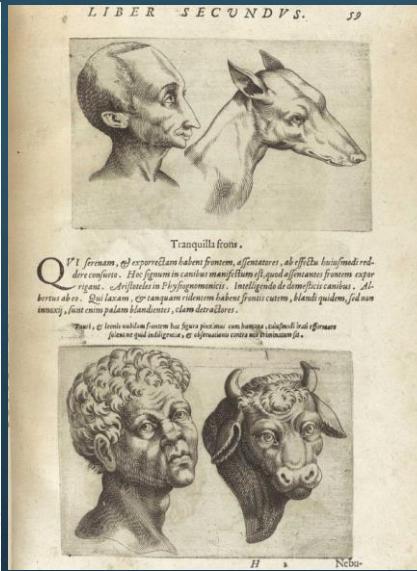
Roger Bacon



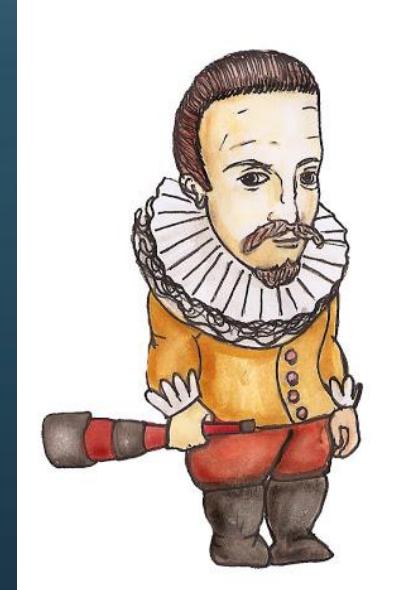
¿INVENTÓ EL TELESCOPIO?



Giambattista della Porta
1589
De magiae naturalis



Zacharias
Janssen

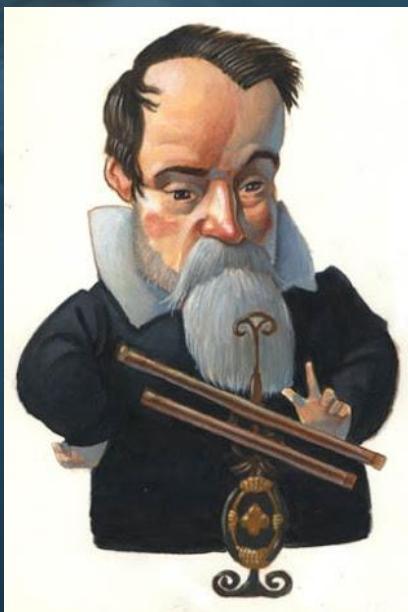


Holandés
Hans
Lippershey

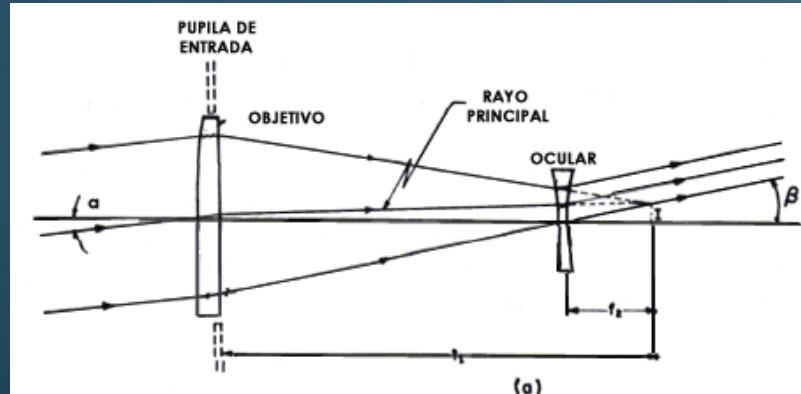


Zacharias Janssen
microscope (1608)

¿DÓNDE ESTÁ GALILEO?



Galileo Galilei



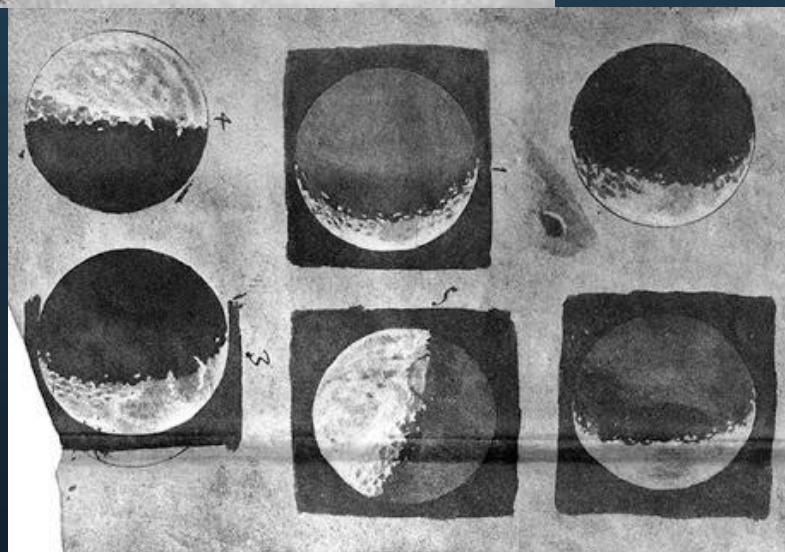
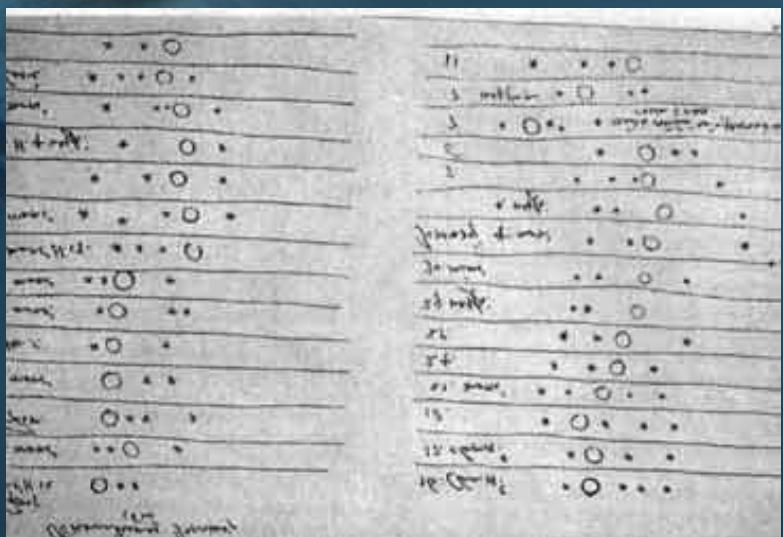
3X



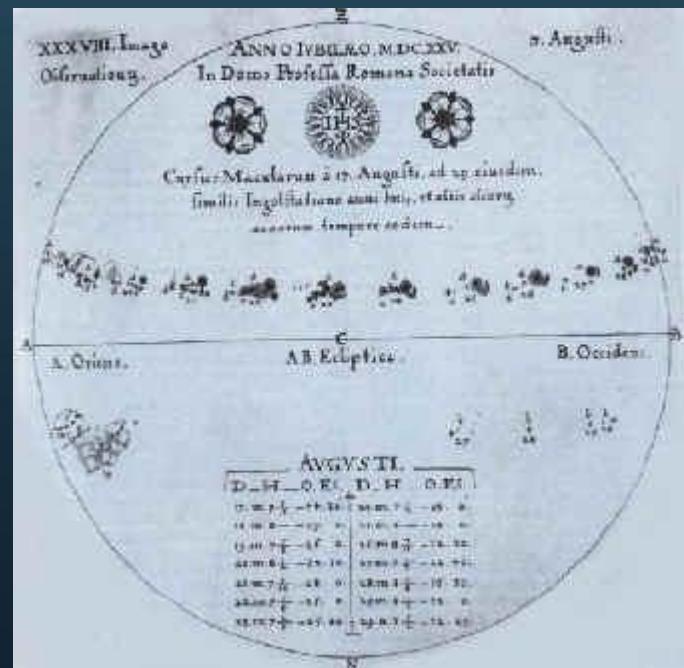
Telescopio de
30 aumentos.
Museo ciudad
de Florencia

¿QUÉ VIÓ?

Siderius Nuncius
El mensajero de las estrellas



Perspicillum o Instrumentum
Telescopio



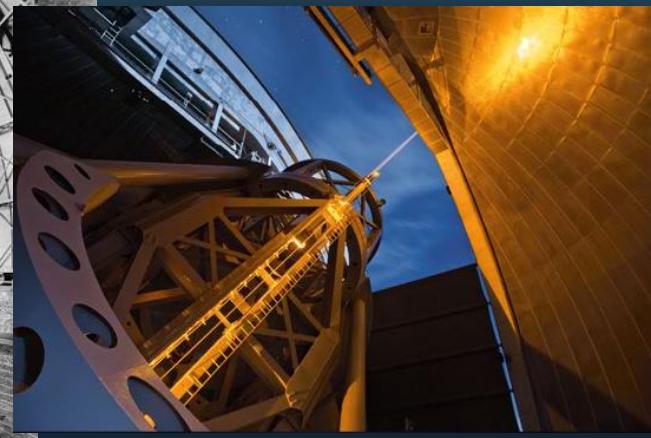
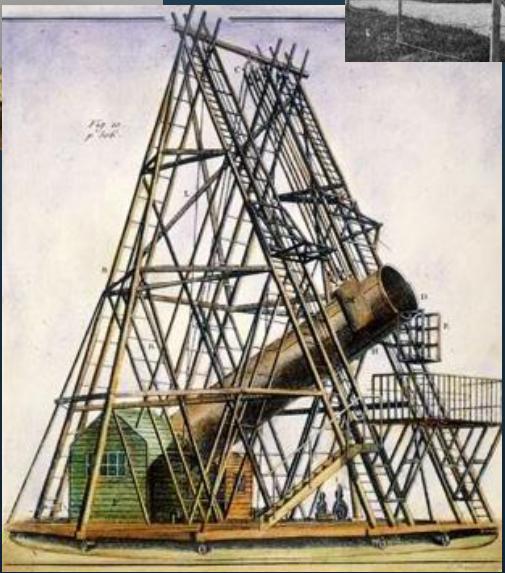
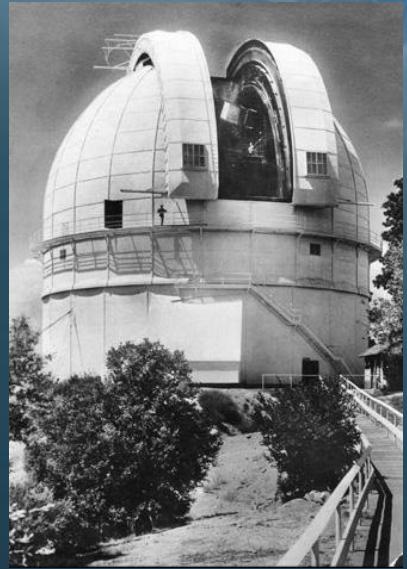


¿QUÉ SIGUIÓ?



- Los primeros telescopios conocidos aparecieron en 1608 y son acreditados a Hans Lippershey.
- La revista británica History Today,¹ atribuyen la autoría a ungerundense llamado Juan Roget en 1590.
- En 1611, Johannes Kepler describió cómo podía elaborarse un telescopio con un objetivo y lente ocular convexo
- 1655, astrónomos como Christiaan Huygens fabricaban telescopios keplarianos de gran alcance
- Isaac Newton ha recibido el crédito por haber fabricado el primer telescopio reflector "práctico" en 1688,
- En 1672, Laurent Cassegrain describió el diseño de un reflector con un espejo secundario pequeño y convexo para reflejar la luz a través de un agujero central en el espejo principal.
- En 1733 en un telescopio fabricado por Chester Moore Hall. John Dollond desarrolló lentes acromáticos y produjo telescopios con ellos en cantidades comerciales a partir de 1758.
- Grandes espejos paraboloides por John Hadley en 1721
- El proceso de platear espejos de vidrio por Léon Foucault en 1857; y la adopción de revestimientos de aluminio de larga duración sobre espejos reflectores en 1932.
- El primer radiotelescopio fue construido por Grote Reber en 1937.
- Hoy día se han desarrollado muchos tipos de telescopios para un amplio rango de longitudes de onda de radio a rayos gamma.

¿CÓMO SON?



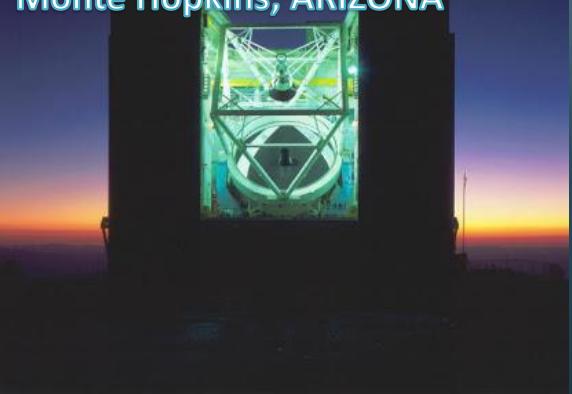
¿QUÉ HAY HOY EN DÍA?



ALMA (Atacama Large Millimeter Array)
CHILE



MMT (Multiple Mirror Telescope)
Monte Hopkins; ARIZONA



Observatorios de Mauna Kea
HAWAII



GTC (Gran Telescopio Canarias)



Zelenchukskaya; monte Pastukhov
RUSIA



Fred Lawrence Whipple
ARIZONA



¿QUÉ SE ESTÁ CONSTRUYENDO?

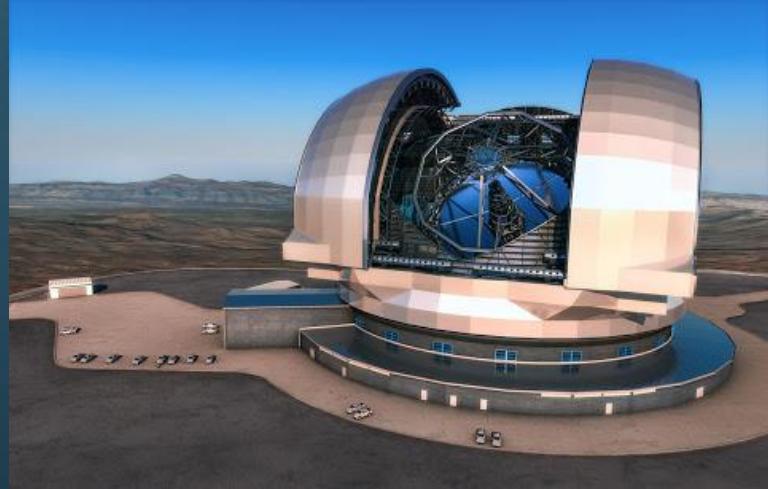
TSPM (Telescopio San Pedro Mártir)
MÉXICO



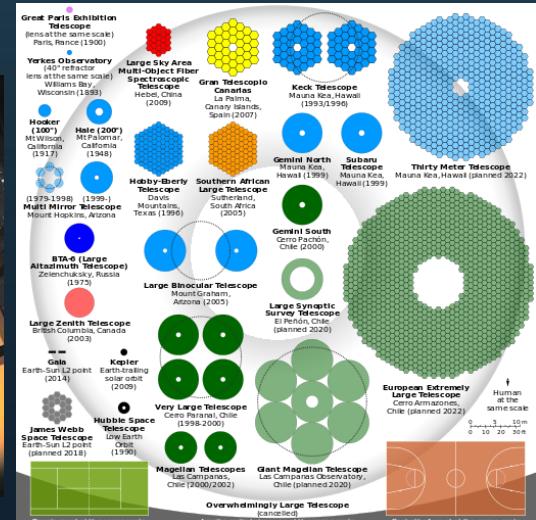
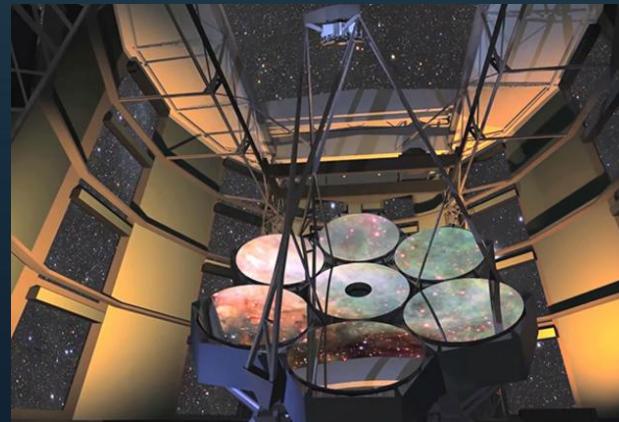
TMT (Thirty Meter Telescope)
HAWAII



EELT (European Extremely Large Telescope)
CHILE



GTM (Giant Magellan Telescopes)
Las Campanas Observatory, CHILE



CONCEPTOS

Telescopio



Lentes



Espejos



Ocular



Objetivo

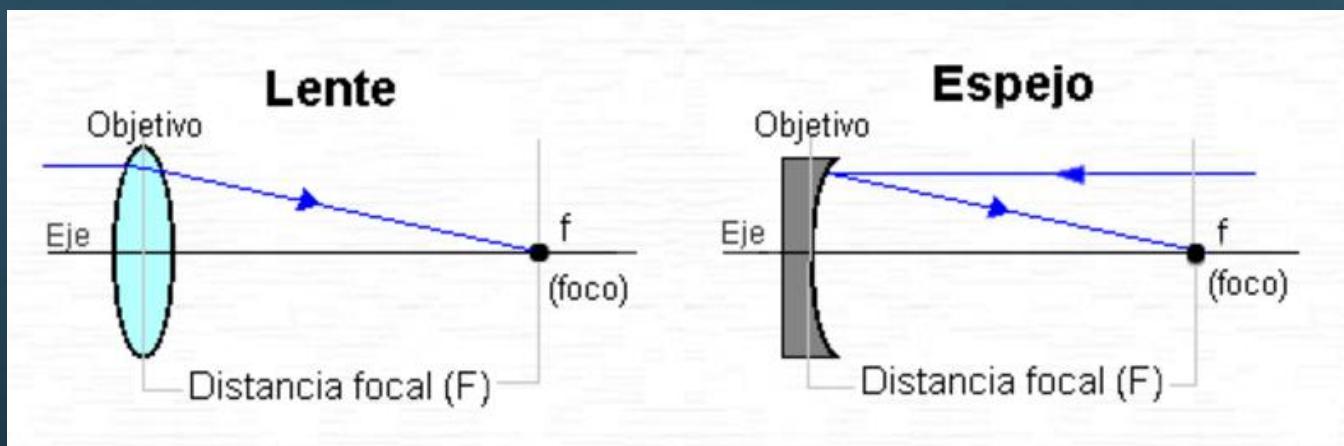


CONCEPTOS

Foco (f)

Distancia Focal

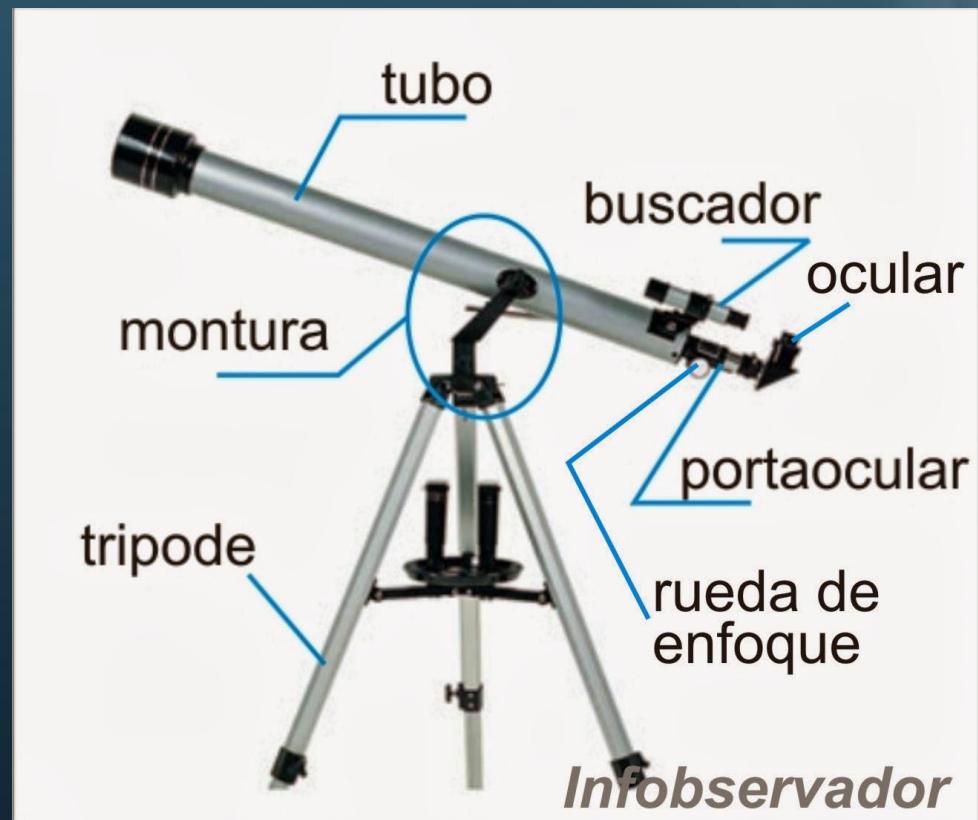
Apertura.
Tamaño del objetivo



Aberración Óptica

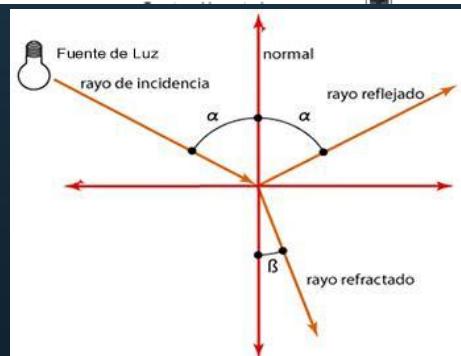
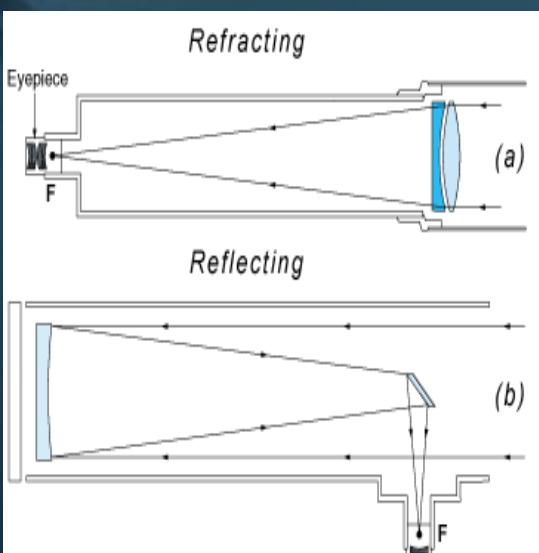


PARTES DE UN TELESCOPIO

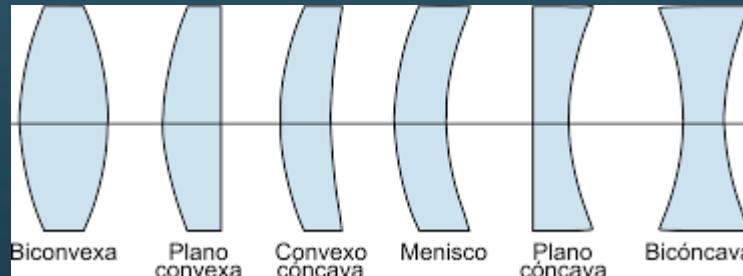


FUNCIONAMIENTO DE UN TELESCOPIO

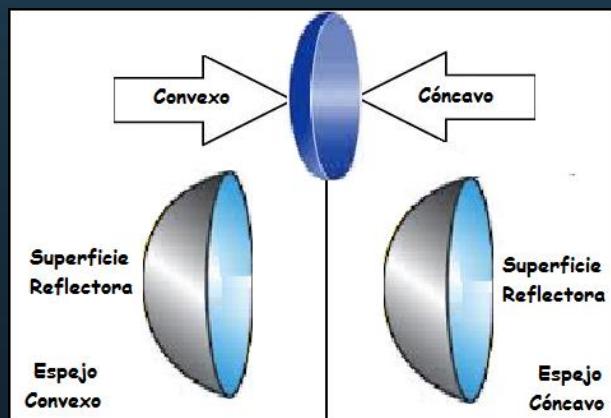
Reflexión y Refracción.



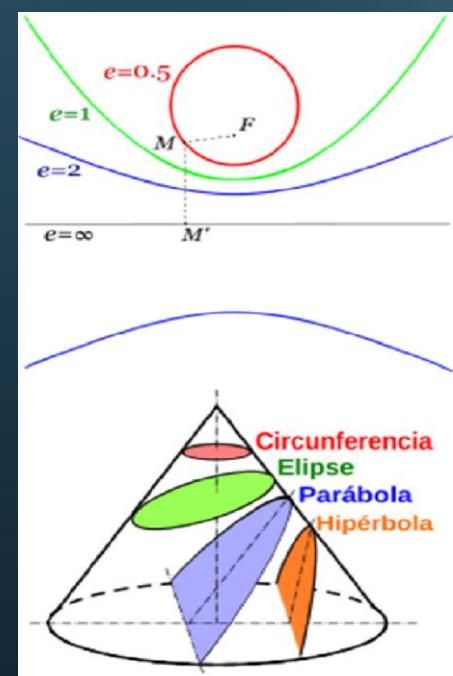
Tipos de lentes



Tipos de espejos



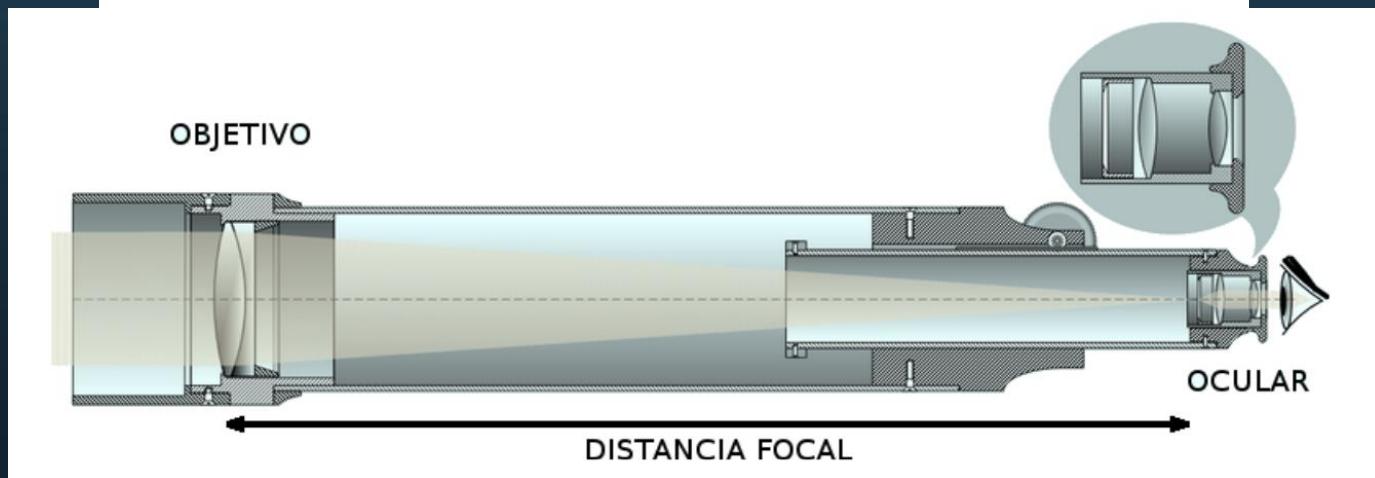
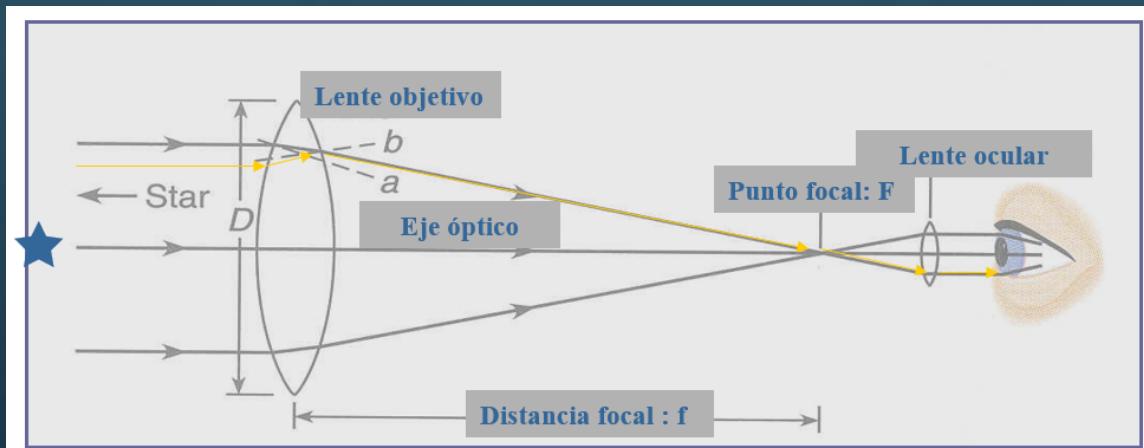
Curvatura





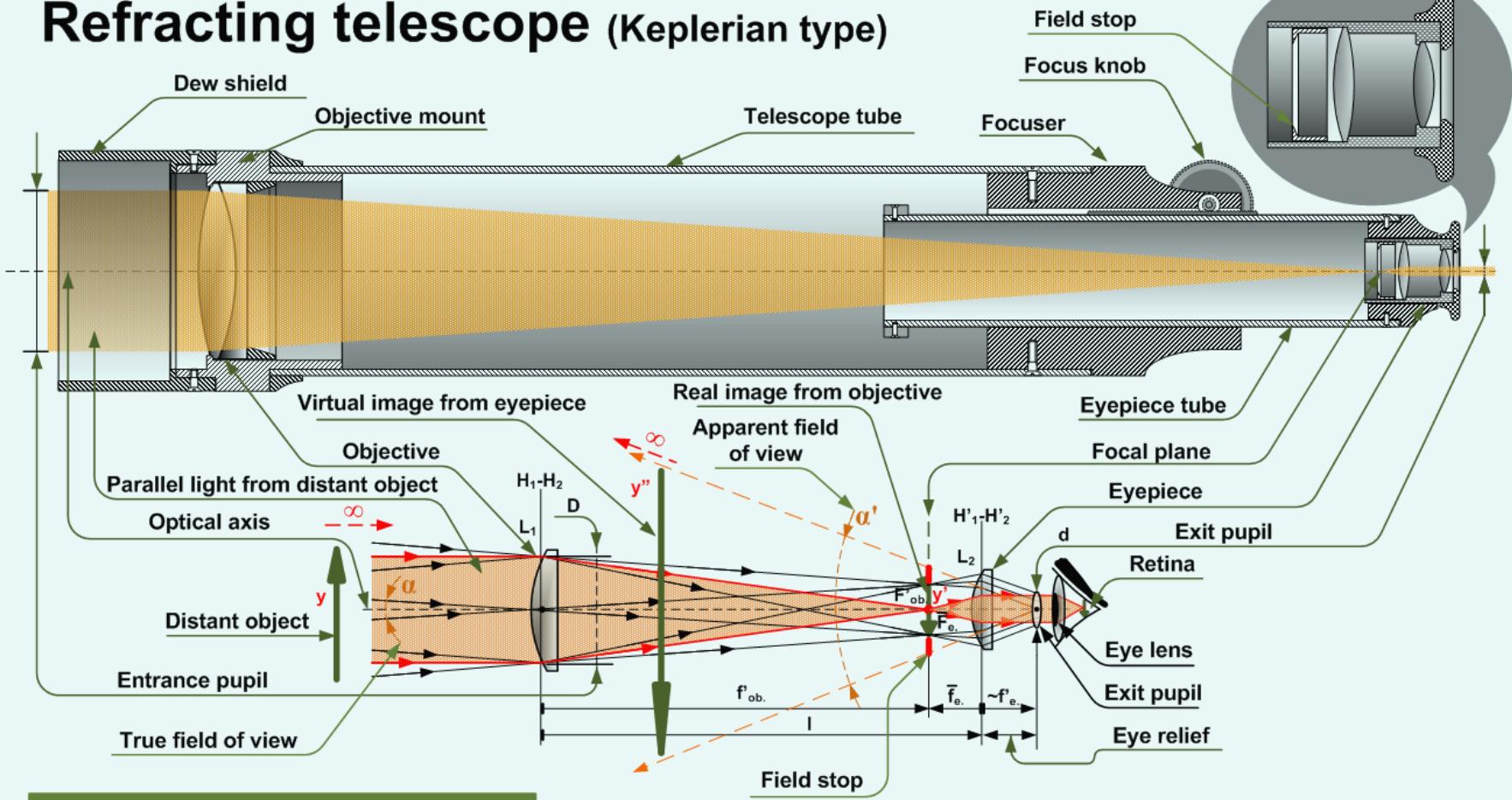
TELESCOPIO REFRACTORES

Dos lentes para formar la imagen de los objetos celestes
Lente objetivo y ocular.

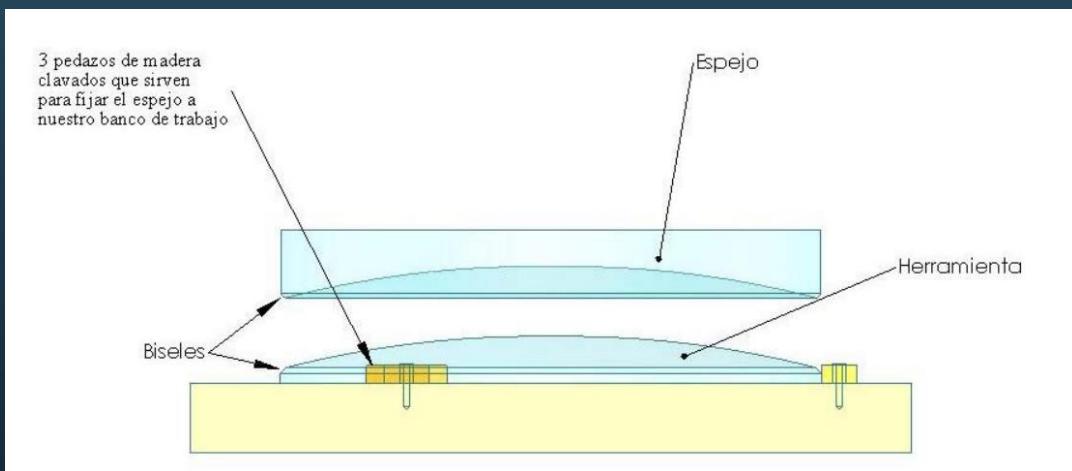




Refracting telescope (Keplerian type)



$$\text{Telescope magnification: } M = \frac{\tan \alpha'}{\tan \alpha} = \frac{f'_{ob.}}{f_{e.}} = \frac{D}{d}$$



[Ver video.](#)

TELESCOPIO REFRACTORES

VENTAJAS

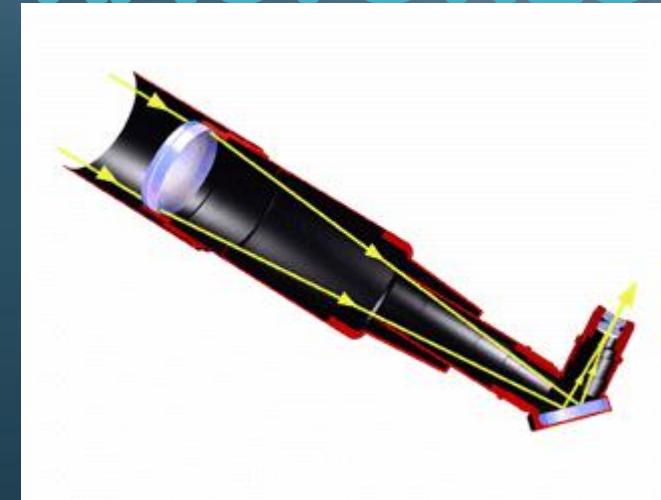
Hay lentes de cualquier focal pero aumenta mucho el tamaño del telescopio

Buena respuesta térmica

No requieren alto mantenimiento

Su observación horizontal es adecuada

Crecen de obstrucción central. Esto hace que las imágenes sean mas nítidas, donde los detalles mas finos son los mas apreciados.



TELESCOPIO REFRACTORES

DESVENTAJAS

La luz que pasa por las lentes sufre dispersión hay pérdidas adicionales de luz.

Los vidrios ordinarios no transmiten la luz Ultravioleta, limitando las observaciones en longitudes de onda cortas.

Las dimensiones de los refractores están limitadas por el peso de las lentes, las cuales pueden provocar grandes distorsiones en las imágenes.



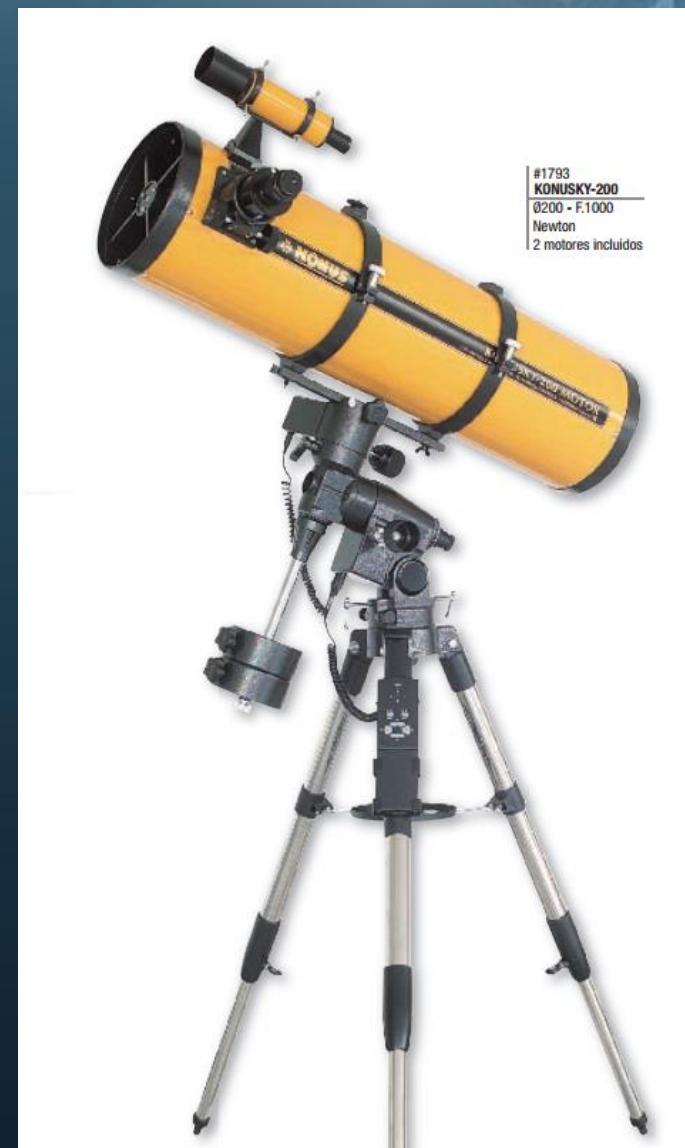
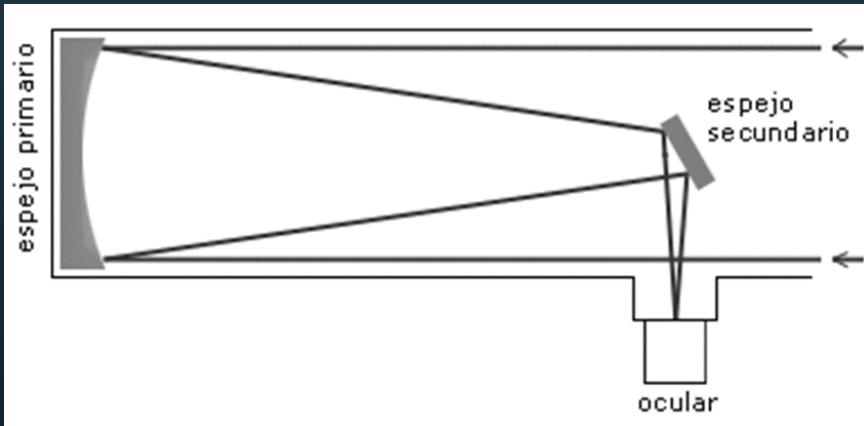
TELESCOPIO REFLECTORES

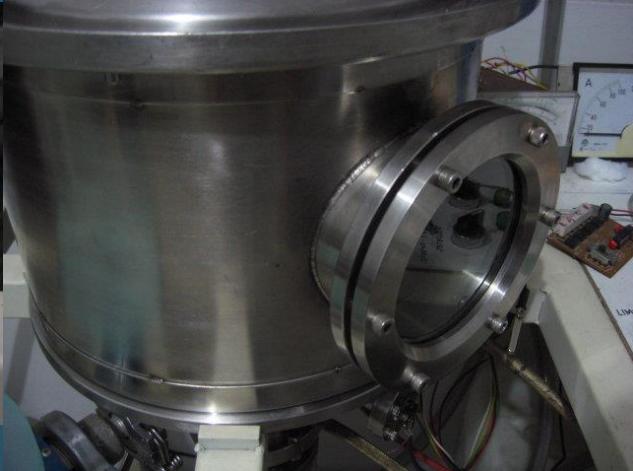
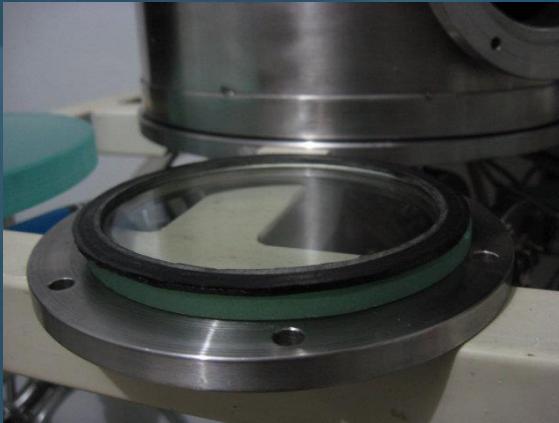
Se basan en el principio de reflexión de la luz

Utilizan espejos, recubiertos por una delgada capa de aluminio

Normalmente los espejos son parabólicos cualquier rayo que llega a la superficie del espejo se refleja al mismo punto (F).

Defectos en su superficie causan aberración esférica (Hubble)



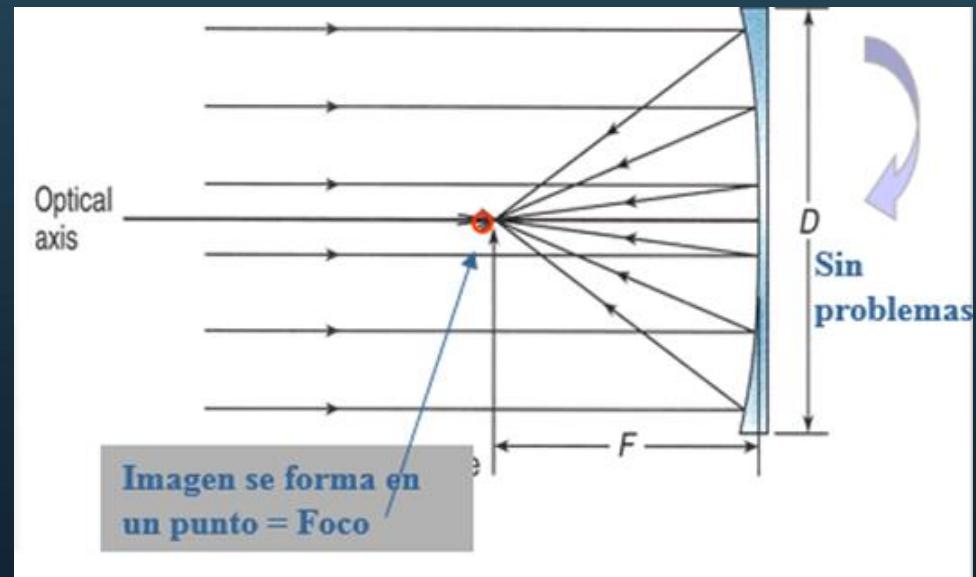


TELESCOPIO REFLECTORES

VENTAJAS:

La óptica no suele ser excesivamente cara, por lo que se puede disponer de aberturas grandes a precios razonables.

En los Cassegrain la existencia del espejo secundario hiperbolizado consigue aumentar la longitud focal y con ello el poder de resolución.



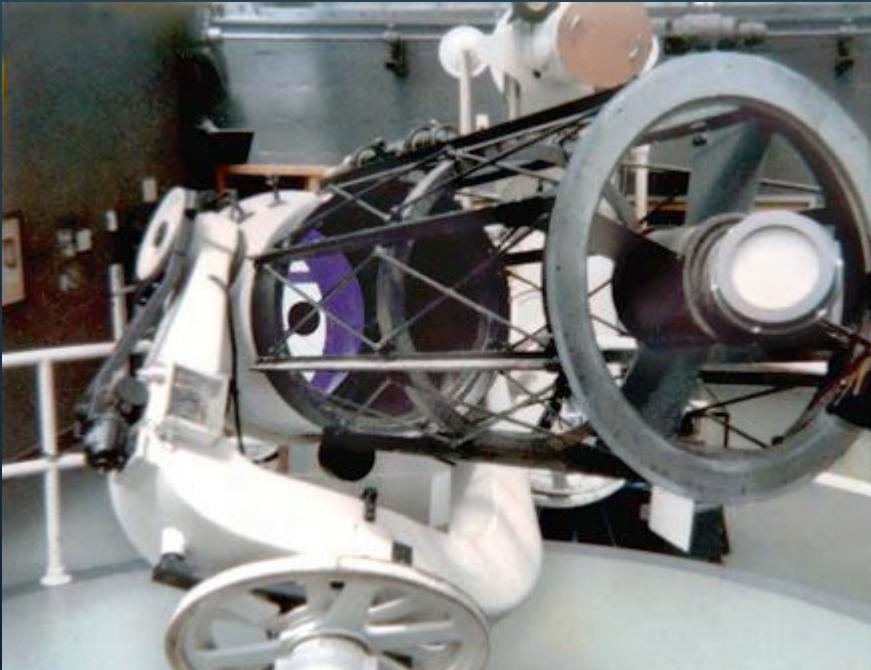


TELESCOPIO REFLECTORES

DESVENTAJAS

La obstrucción de la luz causada por el espejo secundario redunda en una ligera pérdida de calidad en la imagen, problema que puede llegar a ser importante en los reflectores de focal muy corta.

Es necesario realizar operaciones de mantenimiento y ajuste.



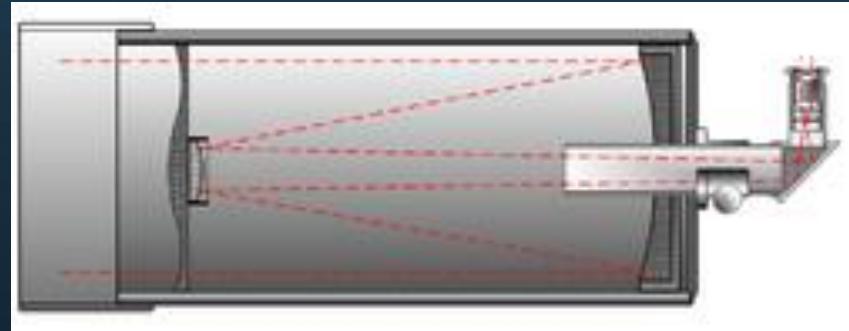
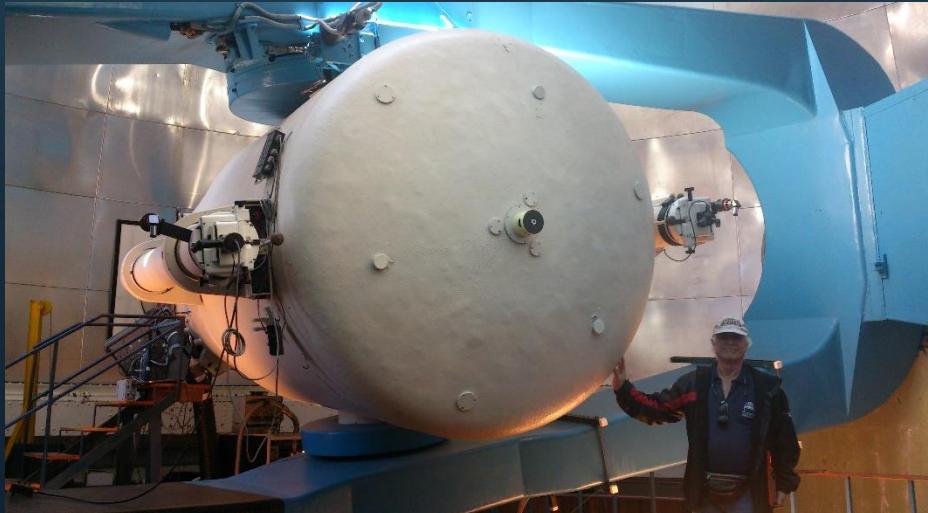
TELESCOPIO REFLECTORES CASSEGRAIN

El espejo plano secundario es sustituido por un espejo convexo.
El espejo primario es de tipo paraboloides.

Tienen distancias focales largas en tubos de muy corta longitud.

Generalmente ofrecen una calidad y precisión óptica además de ser idóneos para la fotografía y otros tipos de análisis más complejos.

Por su elaborada óptica y precisión mecánica estos instrumentos son costosos.



TELESCOPIO REFLECTORES CASSEGRAIN

VENTAJAS

Otros materiales especiales “Zerodur”

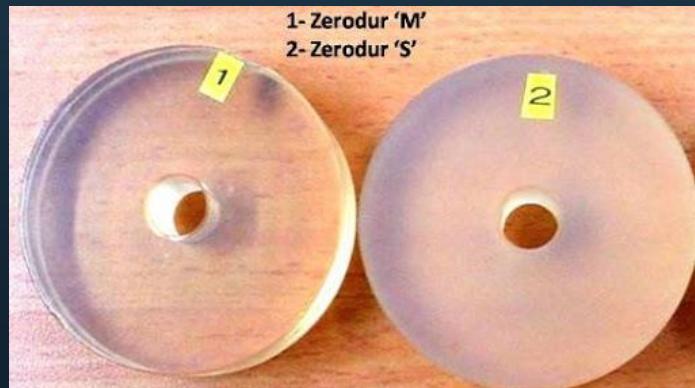
La luz reflejada no se dispersa en sus colores al reflejarse en el espejo

Refleja por igual todos los colores (longitudes de onda) a diferencia de la refracción de la luz en la que, por ejemplo, deja pasar un 85- 90% de la luz amarillo-verdosa, pero apenas si refracta la luz azulviolácea.

El límite en su abertura prácticamente viene determinada por la disponibilidad económica.

Se puede utilizar para el estudio del Cielo Profundo, como las galaxias, nebulosas, cúmulos de estrellas, quásars...

La posición que adoptamos a la hora de la observación es mucho más cómoda.



TELESCOPIO REFLECTORES

CASSEGRAIN

DESVENTAJAS

La calidad de la imagen suele ser peor a las que ofrece el refractor.

-Turbulencia del aire dentro del tubo.

-Deformaciones del espejo debido a diferencias de temperatura entre la parte interna y externa del espejo en los primeros minutos de observación.

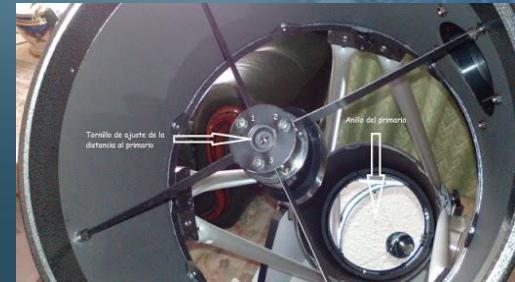
-Obstrucción de la luz producida por la araña y el espejo secundario.

Al cabo de los años es necesario aluminizar el espejo.

Por cierto, ni el primario ni el secundario deben ser tocados con nuestros dedos.

Son sensibles a los golpes y a los movimientos bruscos y los espejos pueden desalinearse, aunque pueden volverse a alinear antes de la observación.

En los Newton se ha de alinear correctamente el espejo primario y en los Cassegrain se ha de alinear el secundario.

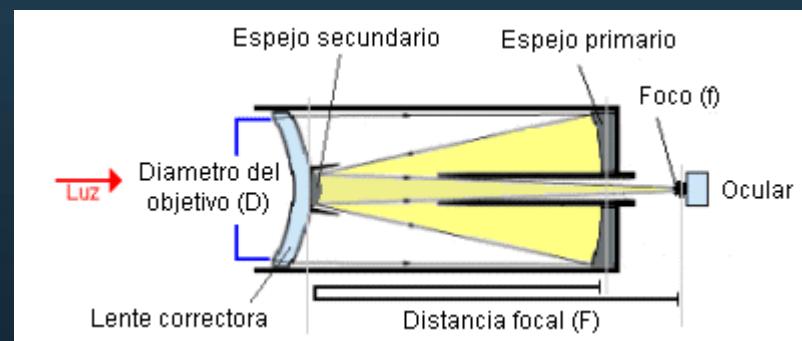




TELESCOPIO CATADIÓPTRICOS

Catadióptricos SCHMIDT-CASSEGRAIN

Aquí se trata de una combinación de la cámara Schmidt y un reflector Cassegrain. El espejo secundario envía la luz fuera del tubo por su parte posterior a través del orificio practicado en el espejo primario. Sus características los hacen especialmente idóneos para la fotografía astronómica (especialmente con cámaras CCD, para digitalización), pero son igualmente adecuados para cualquier otra especialidad.

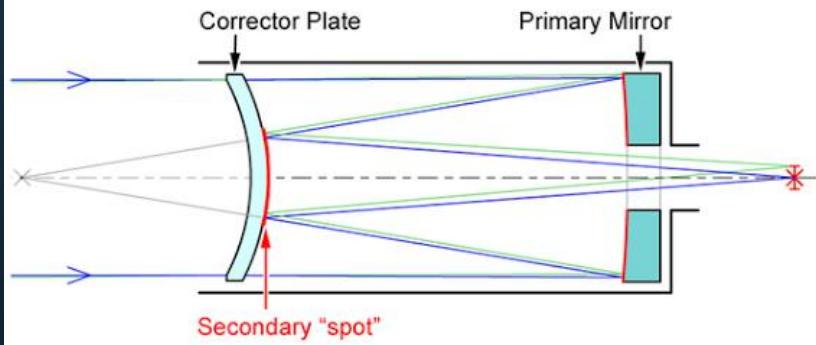
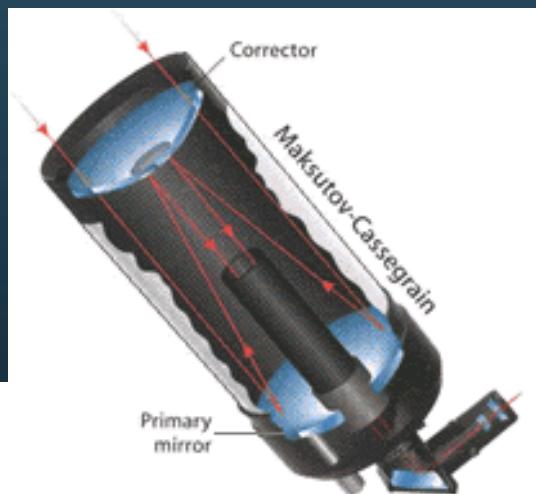




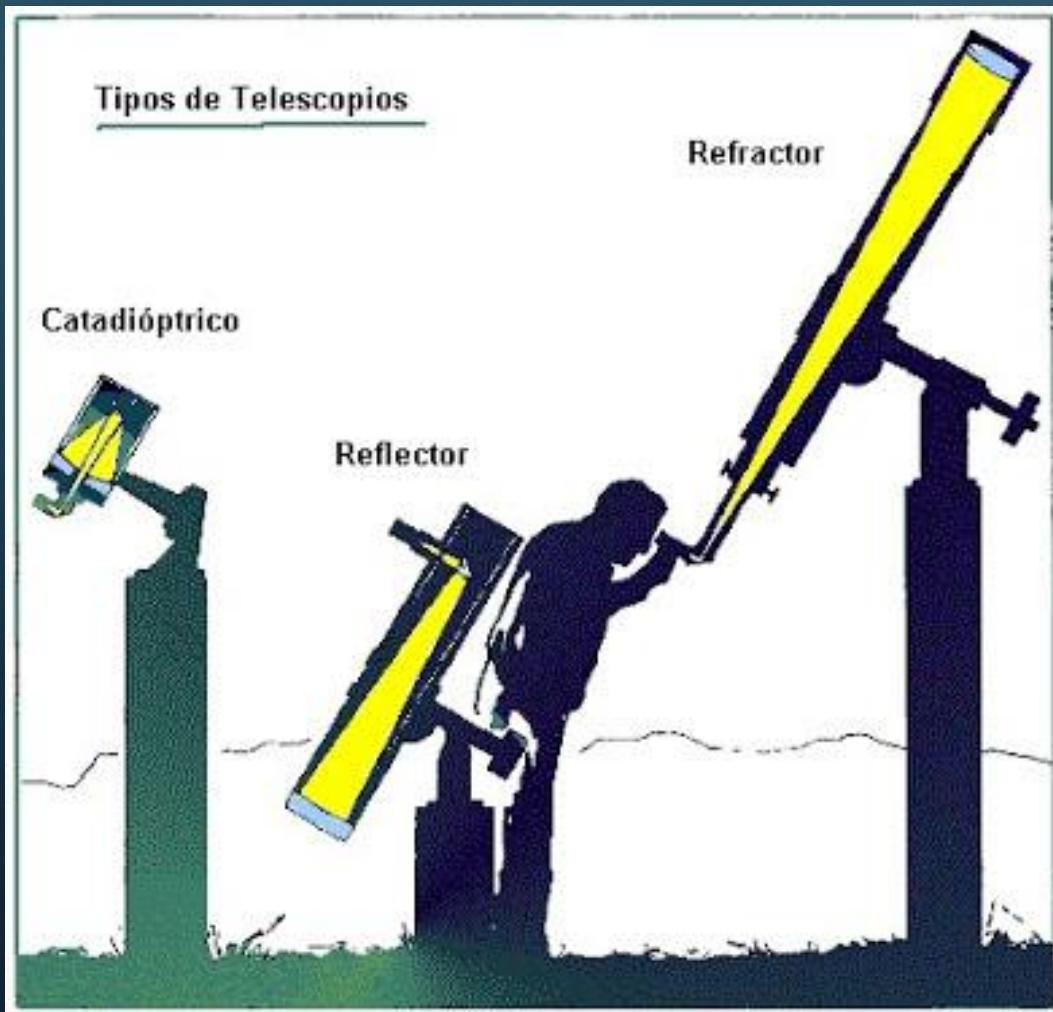
TELESCOPIO CATADIÓPTRICOS

Catadióptricos MAKSTOV CASSEGRAIN

El telescopio de Maksutov es un tipo de telescopio catadióptrico o reflector que se caracteriza porque emplea una lente correctora cóncava de menisco negativo en la pupila de entrada del aparato que corrige los problemas de aberración periférica presentes en los telescopios reflectores.



COMPARACIÓN



MONTURAS AZIMUTALES

MONTURA ALTACIMUTAL O AZIMUTALES.

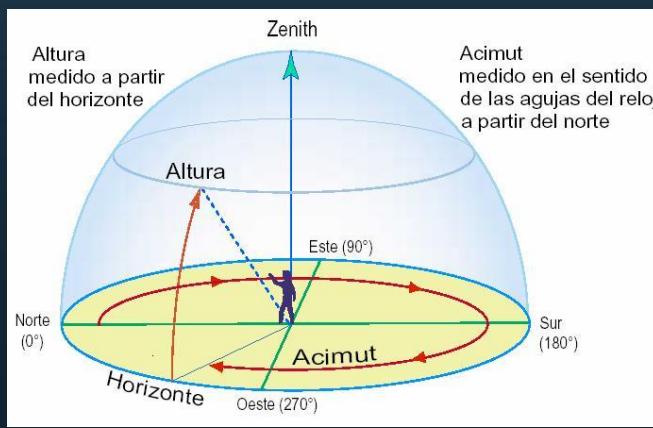
Constan de un eje vertical, que nos va a permitir mover el telescopio de derecha a izquierda o viceversa “AZIMUTH”, y de un eje horizontal, que nos va a permitir apuntar el telescopio en “ALTURA”.

VENTAJAS

Fácil de armar y desmontar además de que es fácil de armar.

DESVENTAJAS

No se permite realizar seguimiento de manera manual, debido a que se tiene que mover en los dos ejes.





MONTURAS DOBSON

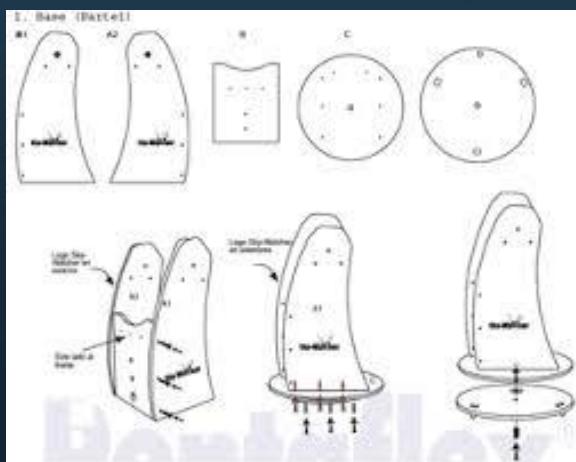
Se realiza movimiento en Azimut y Altura.

Ventajas:

Práctico, Fácil uso, Montura Altacimutal, No requiere de trípode, generalmente son motorizadas.

Desventajas

Son robustas, no hacen seguimiento, y es difícil apuntar



MONTURAS ECUATORIALES

MONTURA ECUATORIAL, "Coordenadas Ecuatoriales"

Un eje esta dirigido en la dirección del eje de rotación de la Tierra (eje polar) regulando la ascensión recta y el segundo eje es perpendicular al primero (eje de declinación) ajustando la declinación. Requiere alineación del eje polar, apuntando al polo norte celeste.

VENTAJAS

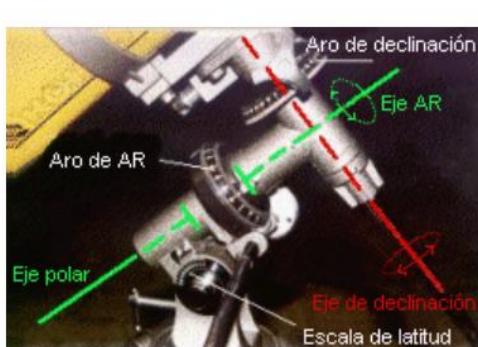
Permite seguir los objetos celestes con sólo girar el eje polar en sentido opuesto a la rotación de la Tierra ideal para astrofotografía de larga exposición.

DESVENTAJAS

Se debe posicionar correctamente.

Es más pesado de cargar.

No funciona bien para lugares ubicados en el Ecuador.



Montura ecuatorial



MONTURAS ROBOTIZADAS

En versión altazimutal o ecuatorial, las monturas motorizadas controladas por computador se han ido popularizando por su comodidad y versatilidad de uso.

Las monturas ecuatoriales computerizadas resultan ideales para astrofotografía de larga exposición, porque, además de mantener centrado en el campo de visión el objeto que estemos captando, su configuración ecuatorial les permite compensar la rotación del campo.

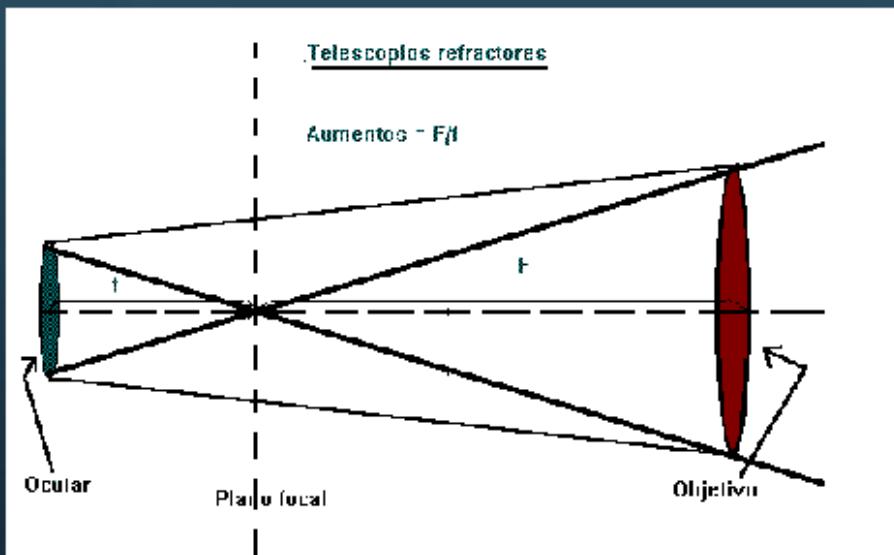


FOCAL

Radio Focal: (f/número)

Índice de cuan luminoso es el telescopio

$$F / \# = LF / D = LF / A$$



Ejemplo: un telescopio con $LF = 1,500$ mm y $D = 150$ mm tendrá un radio focal de $f/10$.

AUMENTOS

Los aumentos o ampliación no son la cantidad de veces mas grande que se observa un objeto, como suele creerse, sino que se refiere a como será observado si nos ubicásemos a una distancia "tantas veces" mas cercana al objeto.

$$A = (\text{LF del espejo o lente primario}) / (\text{LF del ocular utilizado})$$



AUMENTOS MÁXIMO

Los aumentos o ampliación no son la cantidad de veces mas grande que se observa un objeto, como suele creerse, sino que se refiere a como será observado si nos ubicásemos a una distancia "tantas veces" mas cercana al objeto.

$$AM = 60 * A \text{ (in)}$$

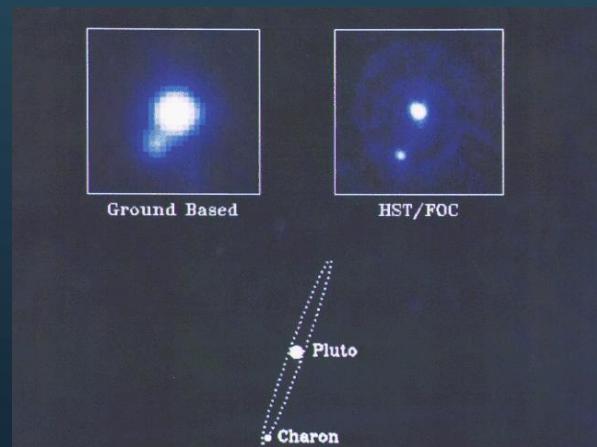
$$AM = 2,3 * A \text{ (mm)}$$

RESOLUCIÓN

Capacidad que permite discernir claramente entre varios objetos brillantes que están relativamente cerca.

$$R'' = 4.56 \text{ (segundos de arco)} / A \text{ (en pulgadas)}$$

$$R'' = 11,4 \text{ (segundos de arco)} / A \text{ (cm)}$$



A mayor D mayor resolución, o sea, entre más grande sea D se podrán ver muchísimo más definidos y separados objetos que estén a una distancia angular de segundos de arco.

BRILLO APARENTE

LOS OBJETOS MÁS BRILLANTES DEL CIELO

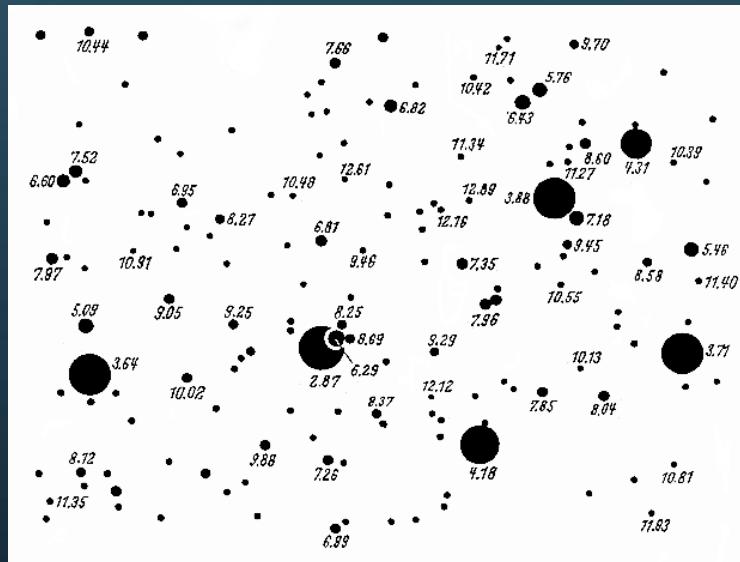
SOL	-26.7
LUNA LLENA	-12.6
VENUS (Brillo máximo)	-4.4
JÚPITER (Brillo máximo)	-2.9
MARTE (Brillo máximo)	-2.8
MERCURIO (Brillo máximo)	-1.9
SIRIO (Alpha Canis Majoris)	-1.5
CANOPUS (Alpha Carinae)	-0.7
SATURNO (Brillo máximo)	-0.5
ARTURO (Alpha Bootis)	-0.0
RIGIL KENTARUS A (Alpha Centauri 1)	-0.0
VEGA (Alpha Lyrae)	0.0
CAPELLA (Alpha Aurigae)	0.1
RIGEL (Beta Orionis)	0.1
PROCYON (Alpha Canis Minoris)	0.3
ACHERNAR (Alpha Eridani)	0.5
BETELGEUSE (Beta Orionis)	0.6 var
HADAR (Beta Centauri)	0.6
ALTAIR (Alpha Aquilae)	0.8
ALDEBARÁN (Alpha Tauri)	0.8 var
SPICA (Alpha Virginis)	1.0



MAGNITUD LÍMITE: (ML)

Magnitud mínima que se puede observar con el telescopio.

$$ML = 7.10 + 5 \log (A \text{ (cm)})$$



En lo que se refiere al telescopio, entre mayor sea la D, se podrán observar estrellas cada vez más débiles en brillo.

El dato obtenido esta dado para magnitudes estelares (objetos puntuales) y no para objetos con superficie como galaxias, nebulosas, cúmulos globulares, etc,

El calculo es válido para estrellas, asteroides y ese tipo de objetos puntuales (también con planetas lejanos como Urano y Neptuno).



CAMPO VISUAL

Se denomina campo visual al tamaño de la porción de cielo observado a través del telescopio con cierto ocular y trabajando bajo cierta ampliación.

Depende de los oculares que se usen.

$$Cv \text{ [grados]} = CvO \text{ [grados]} / A$$

M45 The Pleiades
40x Magnification



40° AFOV = 1° True FOV
Typical Kellner-Type Eyepiece

EXPLORE
SCIENTIFIC

M45 The Pleiades
40x Magnification



50° AFOV = 1.26° True FOV
Typical Plossl-Type Eyepiece

EXPLORE
SCIENTIFIC

M45 The Pleiades
40x Magnification



60° AFOV = 1.51° True FOV
60° Series Eyepiece

EXPLORE
SCIENTIFIC

M45 The Pleiades
40x Magnification



70° AFOV = 1.76° True FOV
70° Series Eyepiece

EXPLORE
SCIENTIFIC

M45 The Pleiades
40x Magnification



82° AFOV = 2.01° True FOV
82° Series Eyepiece

EXPLORE
SCIENTIFIC



FORMULAS

Razón Focal (f/d): $f/d = F$
[mm] / D [mm]

Aumentos: $A = F$ [mm] / Foc
[mm]

Ampliación Máxima: $A_{max} =$
 $2,3 \times D$

Campo Real: Cr [grados] = Ca
[grados] / A

Resolución: R ["] = $4,56 / D$
[pulgadas]

Magnitud Límite: $M = 7,5 + 5 \cdot$
Log D [cm]

Donde

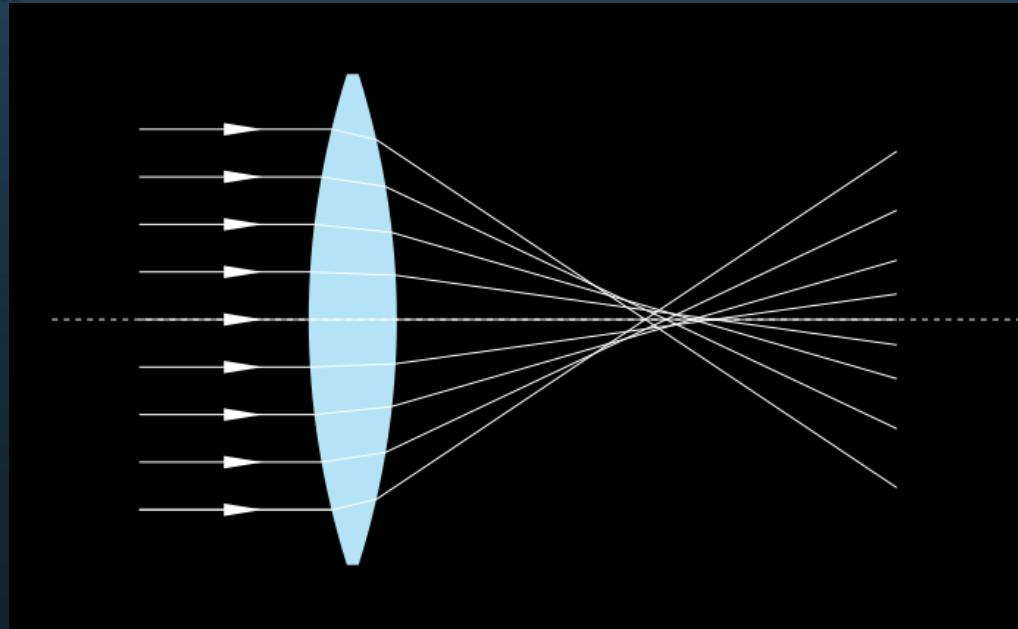
- f/d : Razón Focal
- D : Diámetro del objetivo
- A : Aumentos (Amax: Máximos Aumentos)
- F : Distancia Focal del telescopio
- Foc : Distancia Focal del ocular
- Cr : Campo Real
- Ca : Campo Aparente (ocular)
- R : Resolución
- M : Magnitud

ABERRACIONES ÓPTICAS

Una aberración se produce cuando los rayos procedentes de un punto objeto no forman un solo punto imagen. Pueden ser geométricas y cromáticas.

Las aberraciones geométricas son aquellas en las que la imagen de un punto no es otro punto debido a que no se cumple la aproximación paraxial.

Las aberraciones cromáticas son aquellas que se producen debido a que la luz no es monocromática.

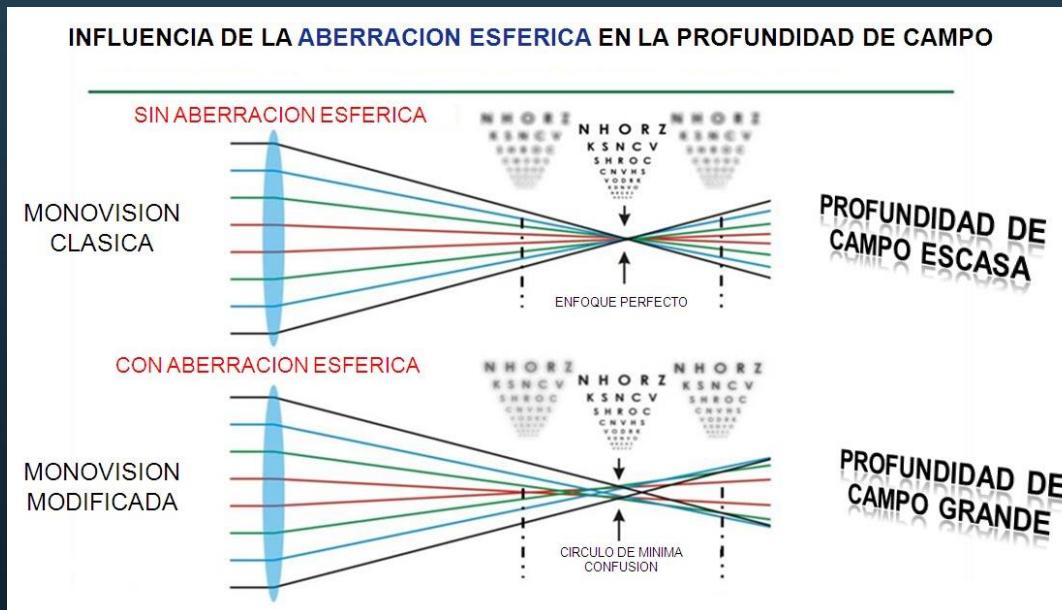


ABERRACIONES ÓPTICAS

ABERRACIÓN ESFÉRICA

Es una aberración geométrica debida a que no se cumple la aproximación paraxial. Los rayos próximos al eje (paraxiales) se concentran en un foco y los más alejados lo hacen en otro punto, de modo que la imagen es un disco circular.

La aberración esférica se corrige con un diafragma que no permite el paso de los rayos alejados del eje. También puede utilizarse una combinación de lentes convergentes y divergentes que elimine la aberración por compensación del efecto de una con otra.



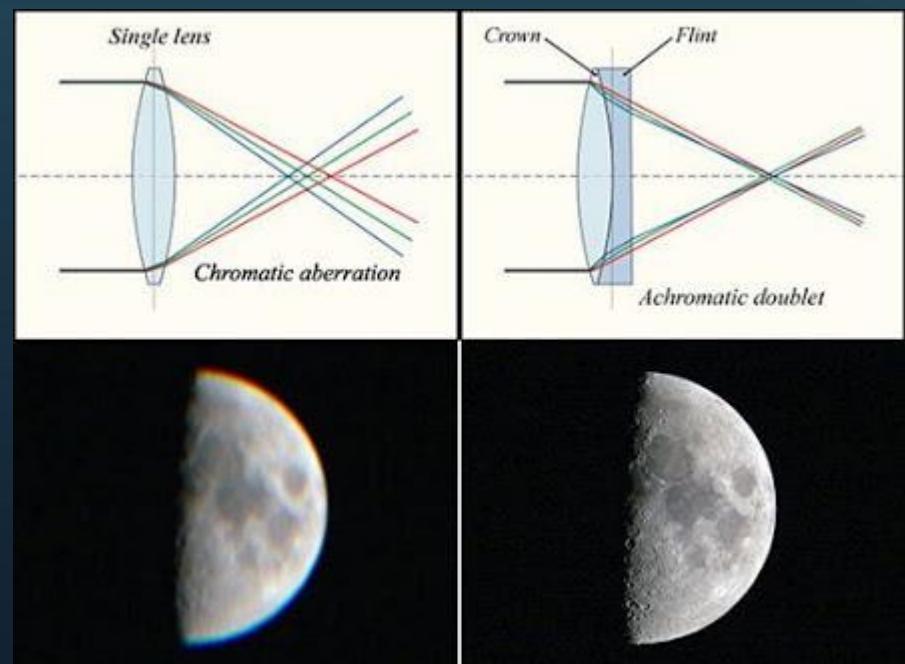
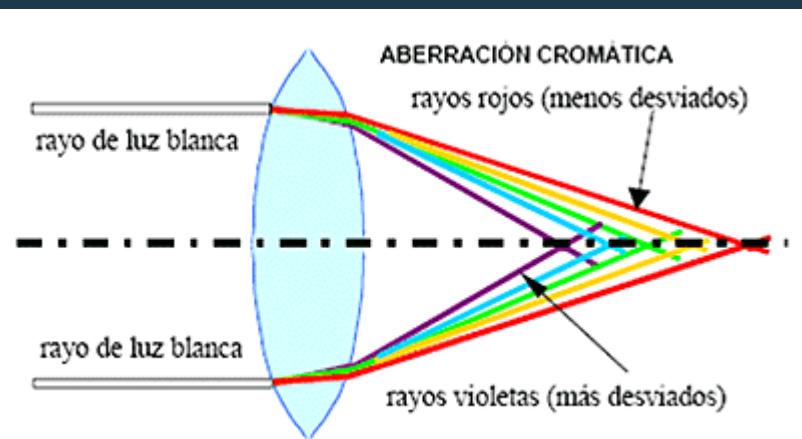
[Ver video.](#)

ABERRACIONES ÓPTICAS

ABERRACIÓN CROMÁTICA

Al estudiar la dispersión, el índice de refracción depende de la longitud de onda y, por lo tanto, la distancia focal es diferente para cada color. La imagen de un punto es un punto para cada color.

Este defecto se corrige con un par acromático, combinando una lente convergente y otra divergente en contacto, de modo que compensen entre sí la aberración cromática.



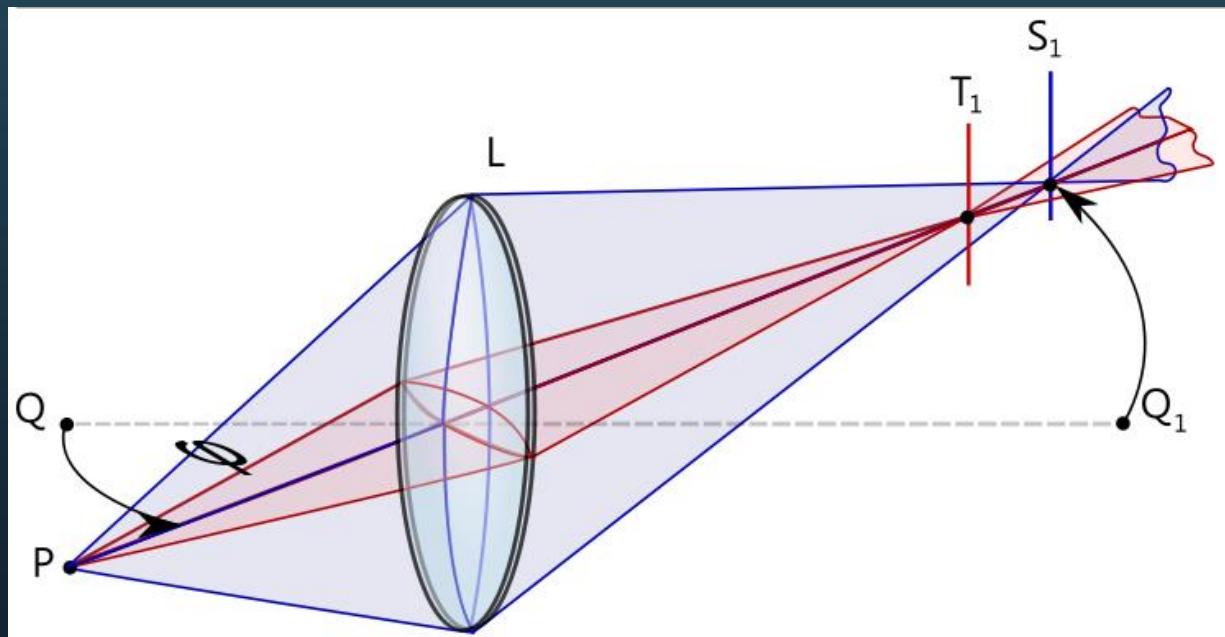
Ver video.

ABERRACIONES ÓPTICAS

ASTIGMATISMO

En el astigmatismo, la imagen de un punto no es otro punto, sino dos rectas perpendiculares entre sí. El motivo es que las lentes no poseen la misma curvatura en todos los planos axiales.

Esta aberración se corrige combinando lentes esféricas y cilíndricas.



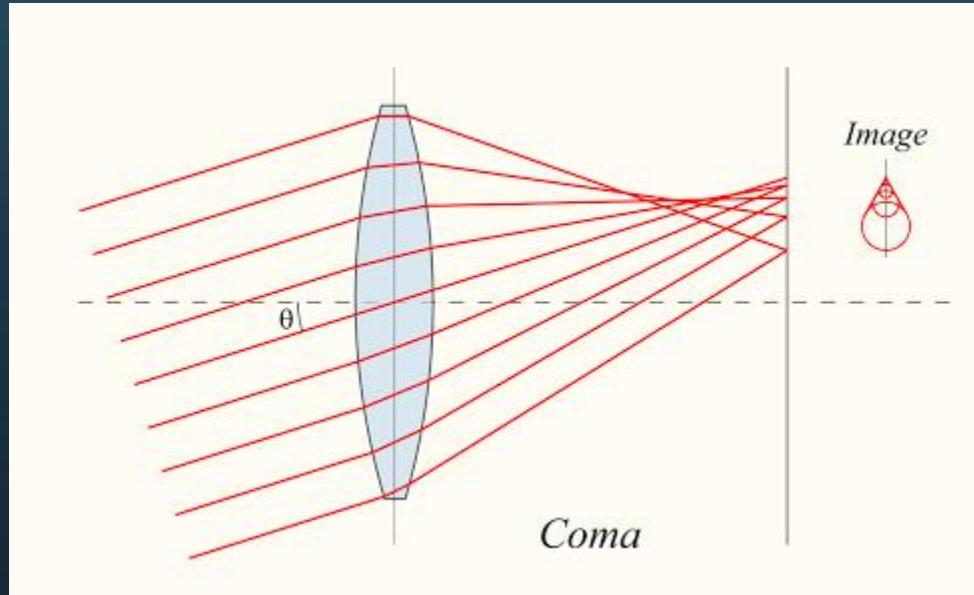
ABERRACIONES ÓPTICAS



COMA

Es una aberración similar a la esférica. La imagen de un punto, en vez de un disco circular es alargada como un cometa (de ahí su nombre).

El coma puede evitarse utilizando un diafragma que no permite el paso de los rayos alejados del eje.

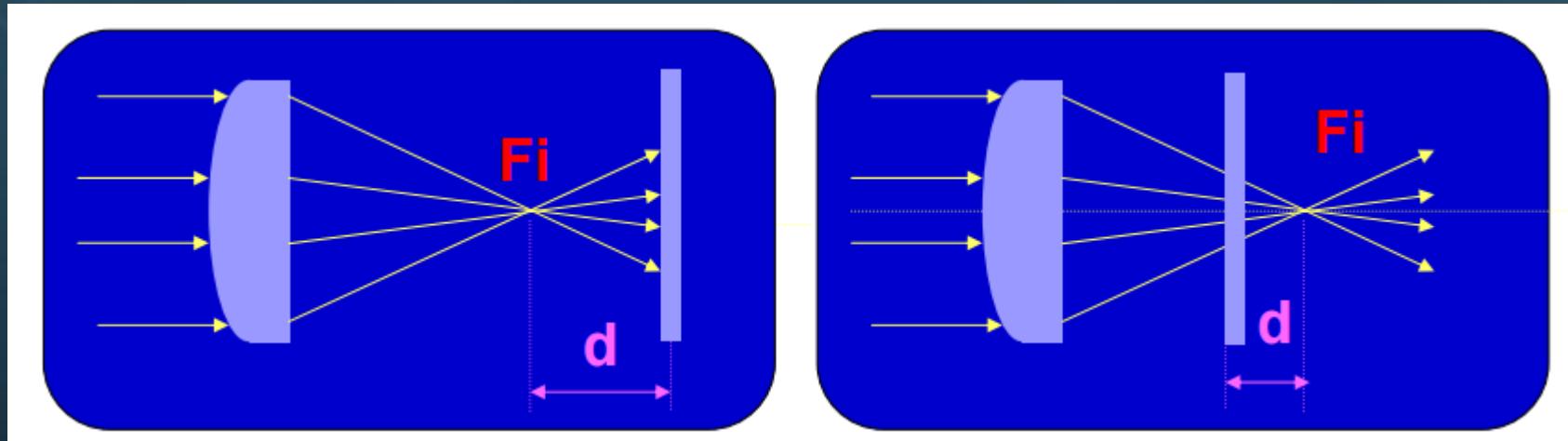


[Ver video.](#)

ABERRACIONES ÓPTICAS

DESENFOSQUE

El ocular no se encuentra a la distancia ideal para la formación de las imágenes de forma definida y se genera una imagen borrosa.





ABERRACIONES ÓPTICAS

CURVATURA DEL CAMPO VISUAL

La imagen se proyecta sobre un campo de visión arqueado, lo que hace imposible enfocar la imagen en el centro y el borde simultáneamente. Para reducir el impacto de esta aberración es necesario reducir la cantidad de luz que entra en el sistema óptico.

