

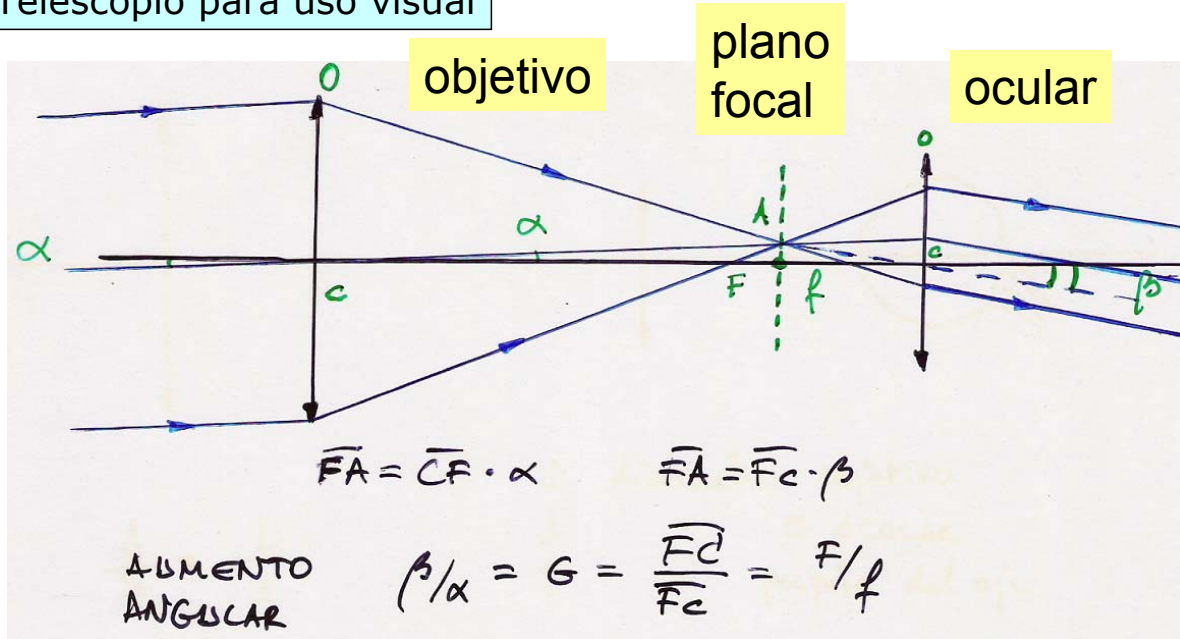
TELESCOPIOS

TELESCOPIOS ÓPTICOS

- Descripción esquemática de un telescopio.
- Escala de placa. Magnitud límite visual.
- Telescopios refractores y reflectores. Focos.
- Monturas y estructuras.
- Telescopios de gran objetivo.
- Óptica activa. Óptica adaptativa.
- Telescopios en el espacio.

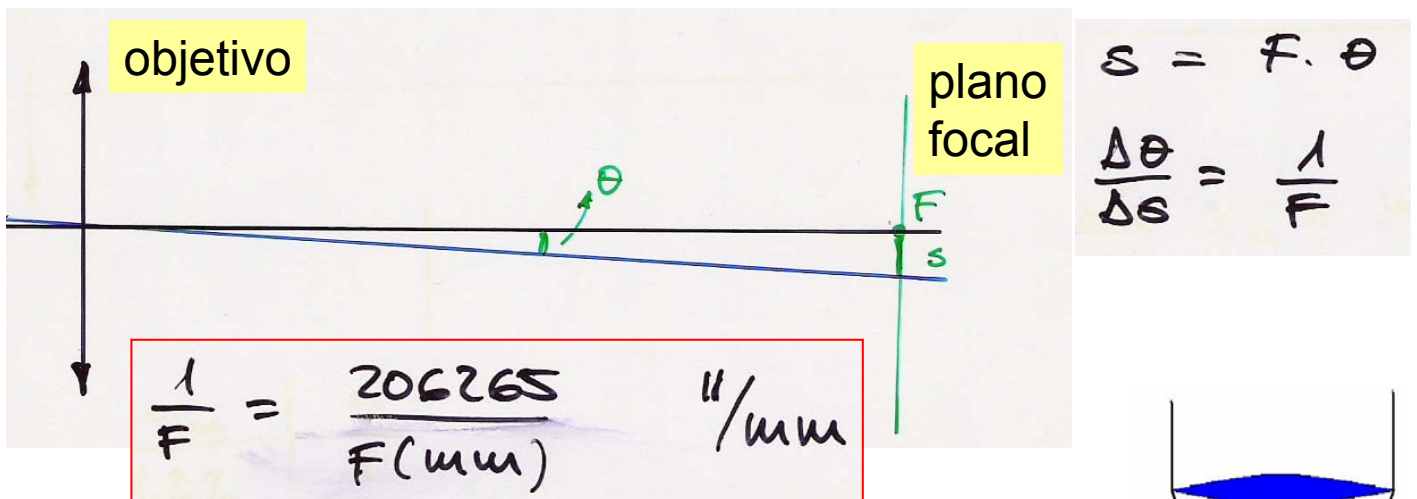
ESQUEMA DE UN TELESCOPIO

Telescopio para uso visual



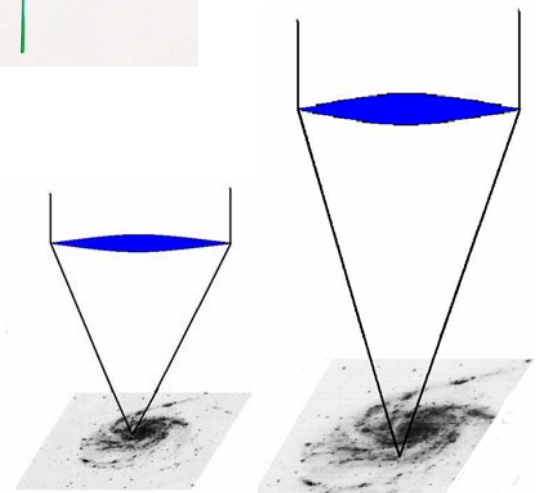
El objetivo forma la imagen en el plano focal.
Allí se observa con detalle con ayuda de un ocular

ESCALA DE PLACA



La escala de placa indica el tamaño lineal que tendrán las imágenes que se forman en el plano focal.

(imagen del Sol en cm ~ distancia focal en m)



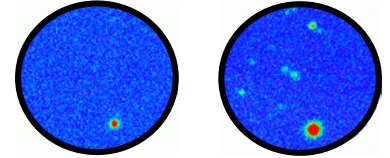
MAGNITUD LÍMITE VISUAL

SIMPLE VISTA
CON TELESCOPIO



B_e
 B_t

m_e
 m_t



$$B_t/B_e = D^2/d^2$$

$$\log_{10} B_t/B_e = -0.4 (m_t - m_e)$$

Conversión de irradiancias
a magnitudes (Pogson)

$$\log D^2/d^2 = -0.4 (m_t - m_e)$$

$$\Delta m = 2.5 \log (D/d)^2 = 5 \log D/d$$

Ganancia en magnitudes

Magnitud límite visual

$$m_{lim} = 6 + 5 \log D/d$$

ejemplo

$$D = 500 \text{ mm} \quad d = 8 \text{ mm}$$

$$m_{lim} = 6 + 5 \log D - 5 \log 8 = 1.485 + 5 \log D$$

$$m_{lim} = 15.0$$

9^m de ganancia.

Límite a
simple vista

TELESCOPIOS REFRACTORES

El objetivo está formado por lentes.



Telescopio de Yerkes de 40" (~1 m)



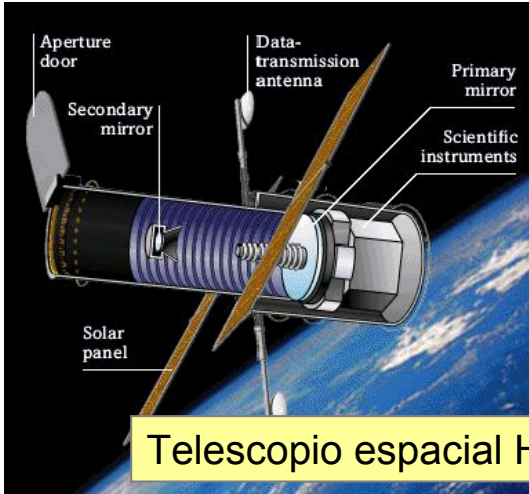
PRO: montado en un tubo, bajo mantenimiento.

CONTRA:

Aberración cromática (tripletes acromáticos).
Problemas técnicos para construir y mantener
objetivos de gran tamaño.

TELESCOPIOS REFLECTORES

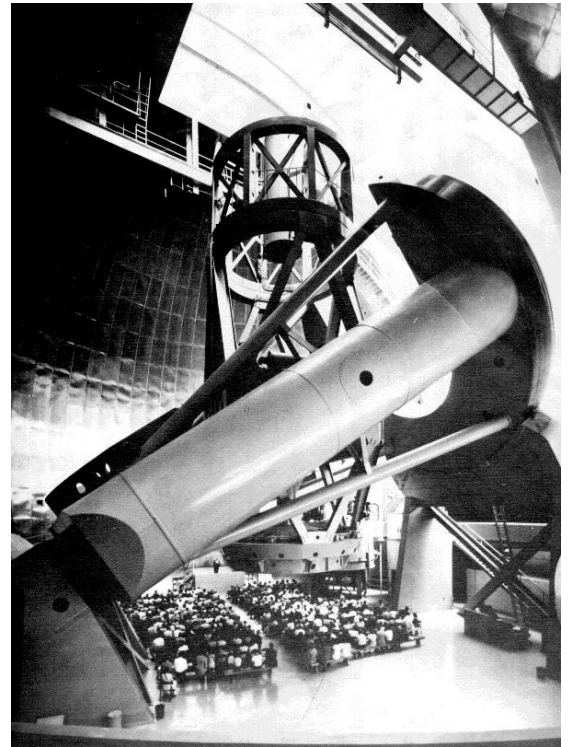
El objetivo es un espejo cóncavo.



Telescopio espacial Hubble

PRO: No tiene aberración cromática.
El objetivo está sujeto por detrás
y puede construirse más grande.

CONTRA:
Problemas de mantenimiento:
colimado, limpieza, aluminizado.



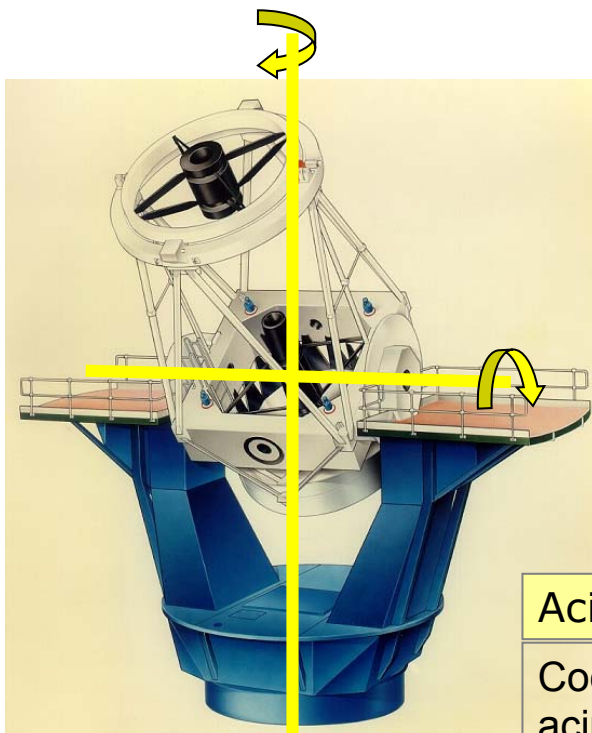
Inauguración en 1948
del Telescopio Hale (200")
de Mt. Palomar

MONTURAS

Permiten a los telescopios
apuntar y seguir a los objetos
celestes en su movimiento diurno.

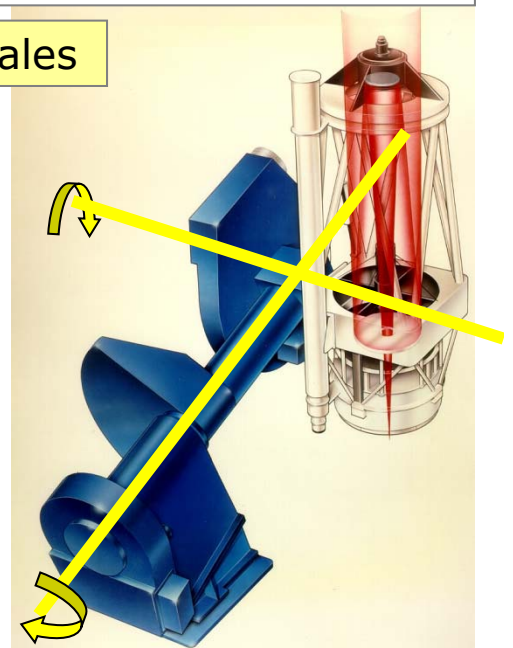
Coordenadas ecuatoriales:
Eje polar y eje de declinación

Ecuatoriales



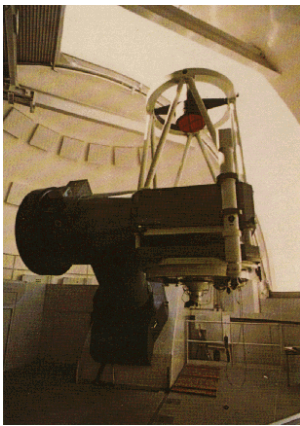
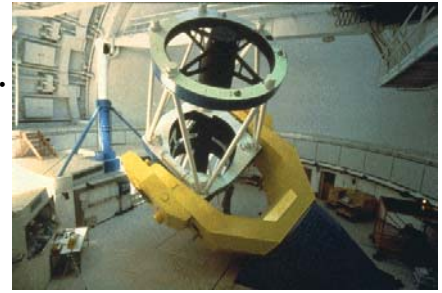
Acimutales

Coordenadas horizontales:
acimut y altura.



MONTURAS ECUATORIALES

- Una vez apuntado, el seguimiento se realiza moviendo sólo el eje polar a velocidad cte.
- Hay que ponerlos en estación: alinear el eje polar.
- Las tensiones que soportan los ejes varían según dónde apunte.
- No presentan rotación de campo en el plano focal.

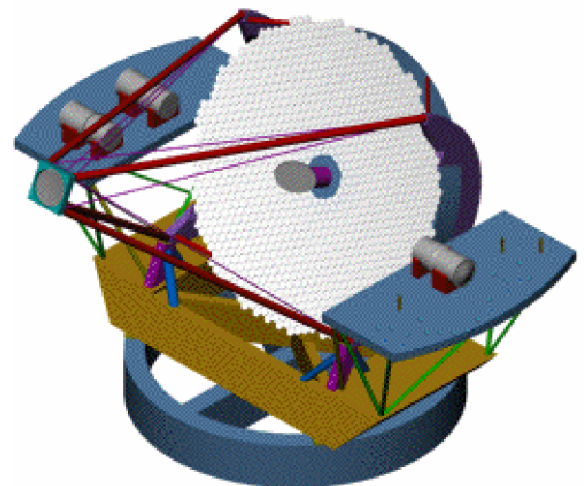


Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

9

MONTURAS ACIMUTALES

- El seguimiento se realiza moviendo los dos ejes a la vez.
- Las tensiones que soportan los ejes son ctes.
- Presentan rotación de campo en el plano focal.
- Pueden cargar estructuras de telescopios enormes.
- No necesitan cúpulas tan grandes.

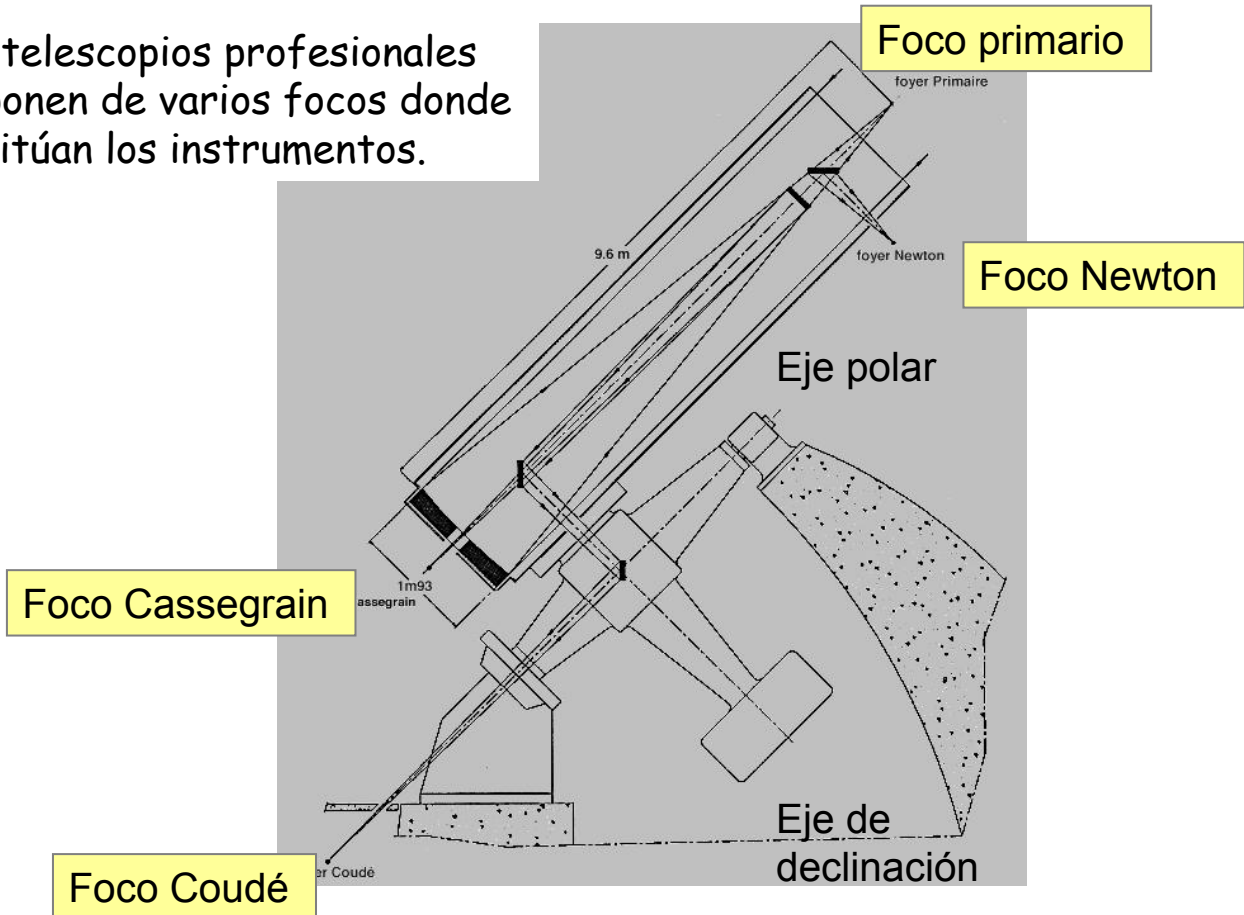


Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

10

FOCOS DE TELESCOPIOS (1)

Los telescopios profesionales disponen de varios focos donde se sitúan los instrumentos.



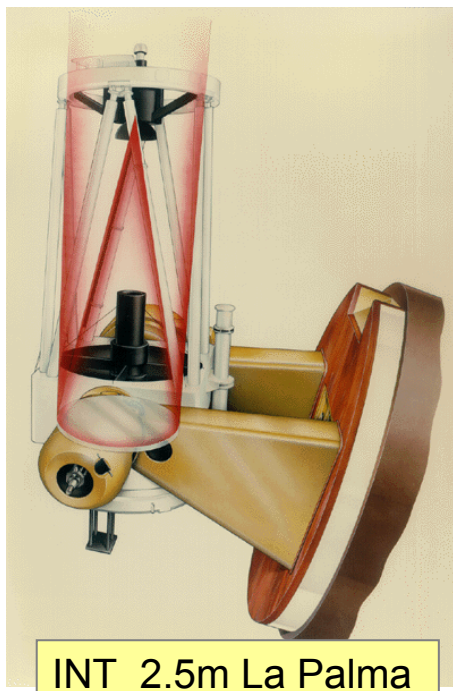
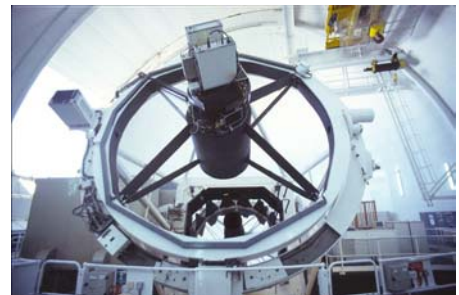
Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

11

FOCOS DE TELESCOPIOS (2)

Foco primario

Es el foco del objetivo.
No hay más espejos en el camino
En él se suelen colocar cámaras de gran campo.



INT 2.5m La Palma



Cámara nIR CIRSI en el foco primario del WHT

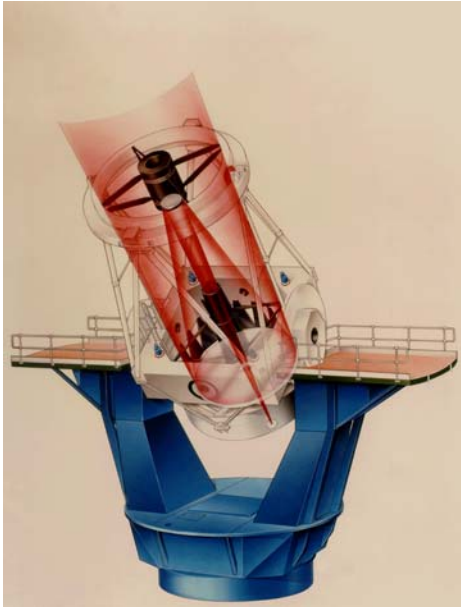
Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

12

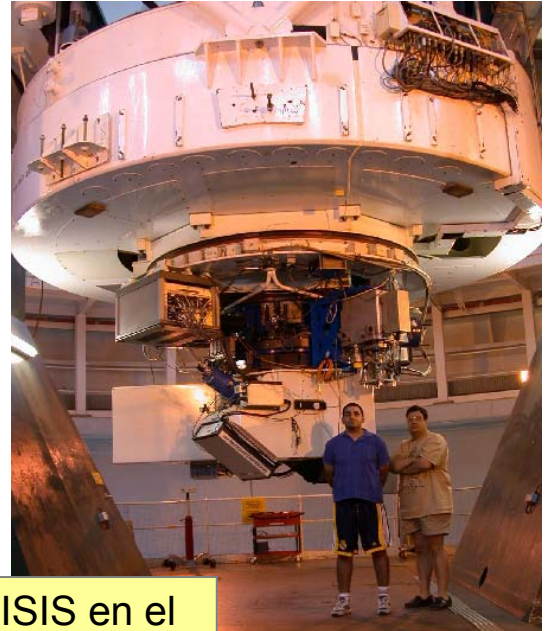
FOCOS DE TELESCOPIOS (3)

Foco Cassegrain

Antes del foco primario se sitúa un espejo convexo que alarga la focal. El espejo primario está perforado para permitir el paso de la luz. El foco se sitúa detrás del espejo primario.



WHT 4.2m La Palma



Espectrógrafo ISIS en el foco cassegrain del WHT

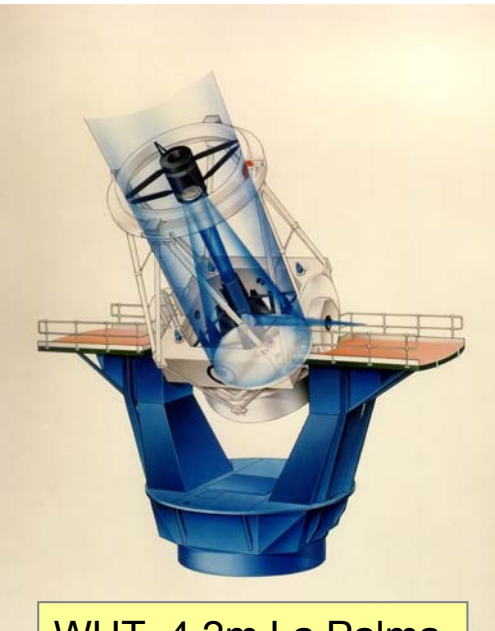
Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

13

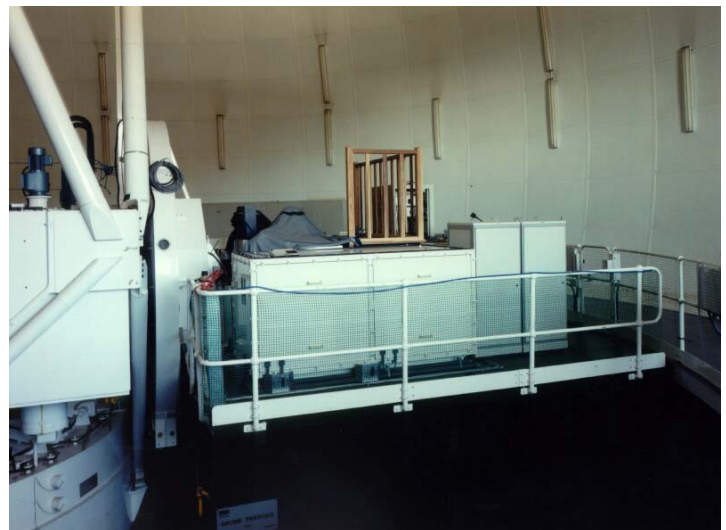
FOCOS DE TELESCOPIOS (4)

Foco Nasmyth

Además del secundario se coloca un terciario en la intersección del eje óptico con el eje de altura (monturas acimutales). Se pueden colocar instrumentos pesados en las plataformas Nasmyth.



WHT 4.2m La Palma



Utrecht Echelle Spectrograph (UES) en una de las plataformas Nasmyth del WHT

Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

14

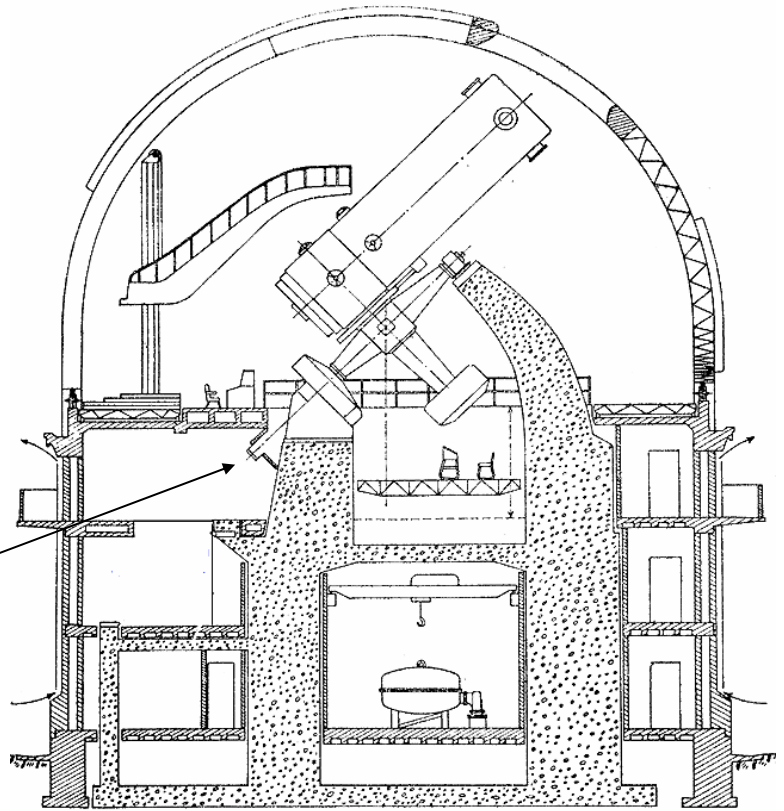
FOCOS DE TELESCOPIOS (5)

Foco coudé

Además del secundario se coloca un terciario en la intersección del eje óptico con el eje de declinación (monturas ecuatoriales) y un cuaternario en la intersección del eje de declinación con el eje polar.

Foco coudé

El foco está fijo, en la sala coudé, y se colocan en él espectrógrafos de alta resolución.



Esquema del 193cm de Haute Provence

GRANDES TELESCOPIOS (1)

PARÁMETROS:

- Tamaño: el área del objetivo del telescopio está directamente relacionado con su capacidad colectora de fotones.
- Calidad óptica: no sólo se pretende recolectar fotones.
- Monturas: para apuntado y guiado.
- Coste

TELESCOPIOS CLÁSICOS:

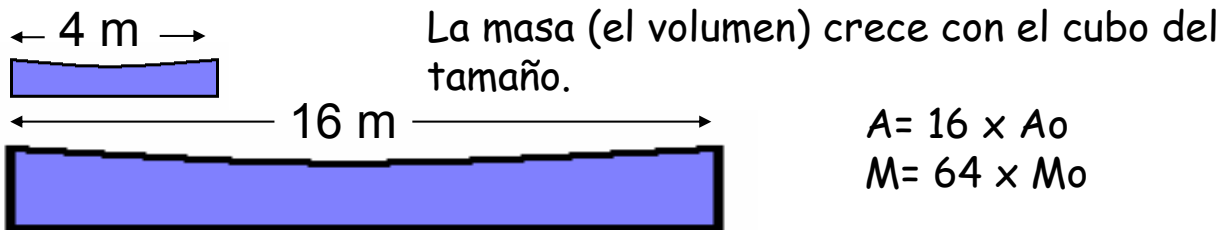
- Primario rígido (monolítico).
- Pulido convencional.
- Monturas y tubos rígidos.
(Ecuatoriales, más tarde acimutales).

Se pretende que los telescopios profesionales dedicados al estudio de objetos celestes aparentemente débiles sean de gran tamaño y con buena calidad de imagen.

GRANDES TELESCOPIOS (2)

AVANCES EN TAMAÑO:

- No se puede hacer un espejo monolítico tan grande como se quiera.



El espejo resulta x16 menos rígido y se quiebra de igual manera que una araña gigante no puede sostenerse sobre sus patas.

Con detalle en: <http://astron.berkeley.edu/~jrg/MirrorStructure/node1.html>

SOLUCIONES:

- 1) Panel de abeja
- 2) Segmentación
Indirecta: varios telescopios (VLT)
Directa: espejo múltiple (Keck, GTC)
- 3) Espejos delgados

Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

17

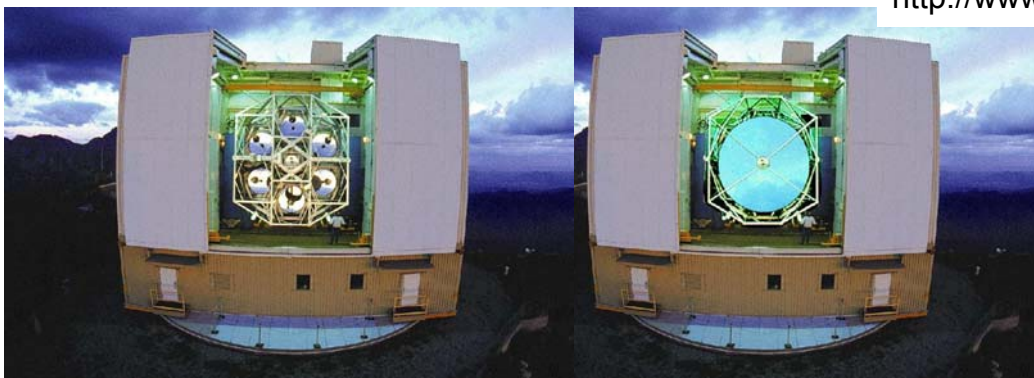
GRANDES TELESCOPIOS (3)



Espejo en panel de abeja de 8.4 m del LBT.
medusa.as.arizona.edu/lbtwww/tech/mirror98.htm



ESO VLT 4 telescopios de 8m.
<http://www.eso.org/paranal/>



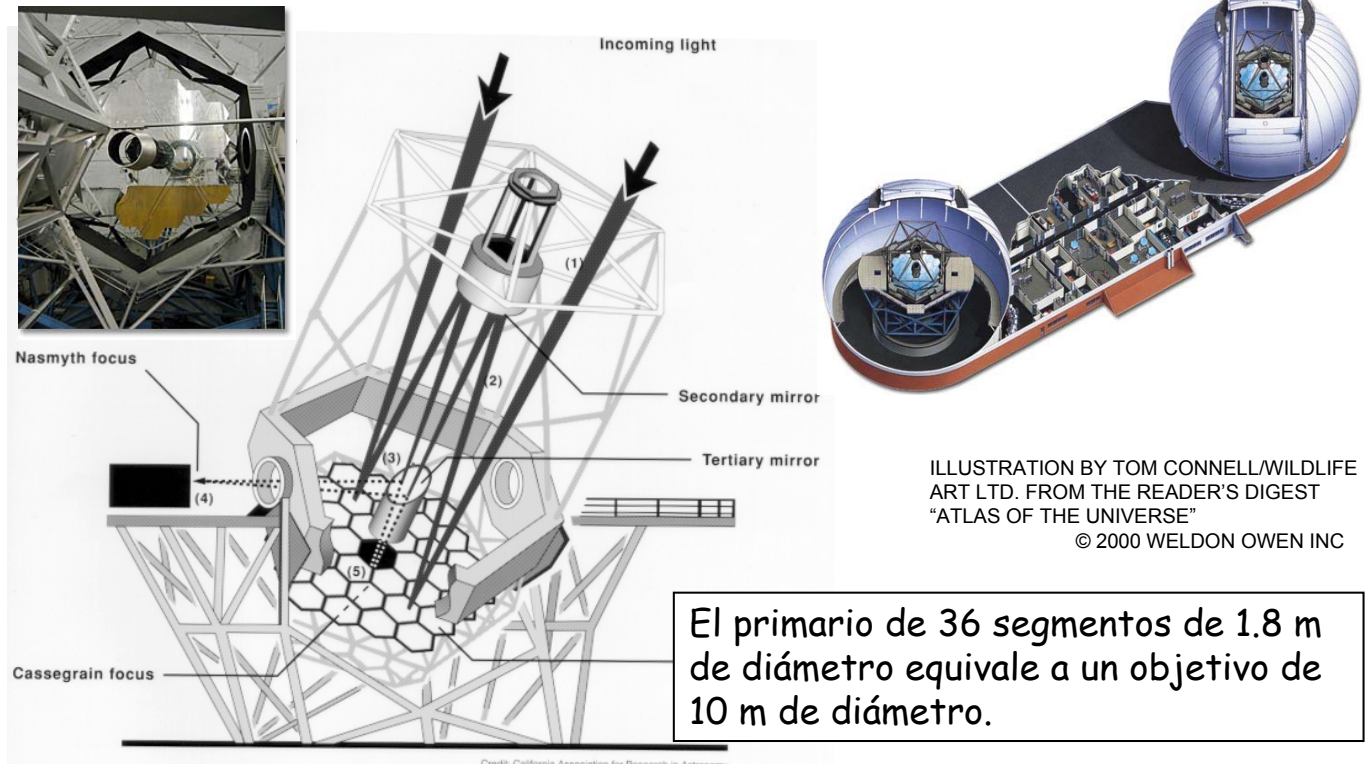
MMT original con 6 espejos y actual con un solo espejo. <http://www.mmt.org/>

Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

18

TELESCOPIOS KECK

Esquema del telescopio Keck (I y II) donde se aprecia el espejo segmentado <http://www2.keck.hawaii.edu>



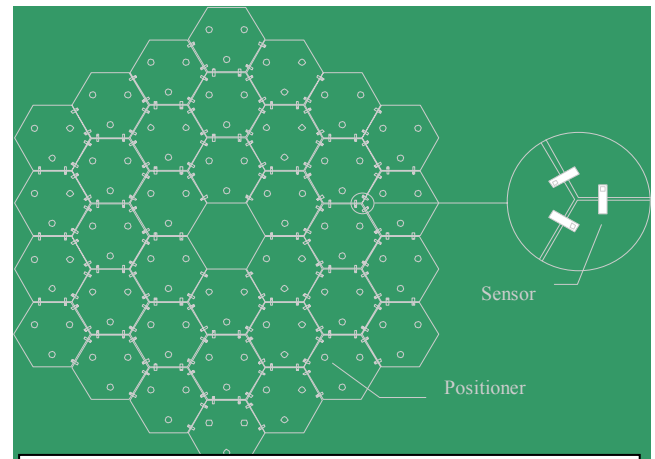
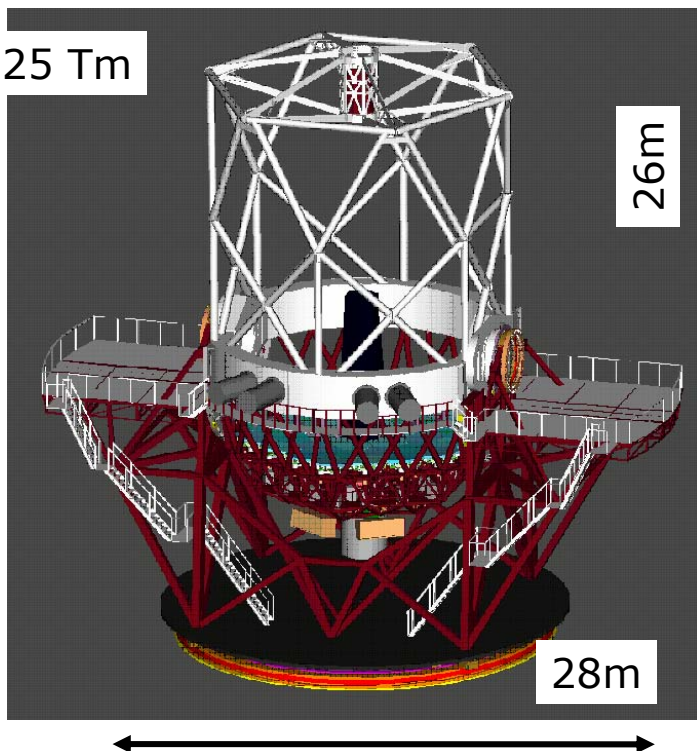
Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

19

GRAN TELESCOPIO CANARIAS

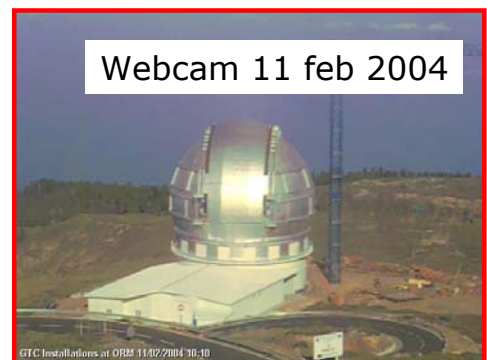
Esquema del GTC (10 m)

325 Tm



36 segmentos hexagonales de 936 mm de lado y 80 mm de grosor.

Webcam 11 feb 2004

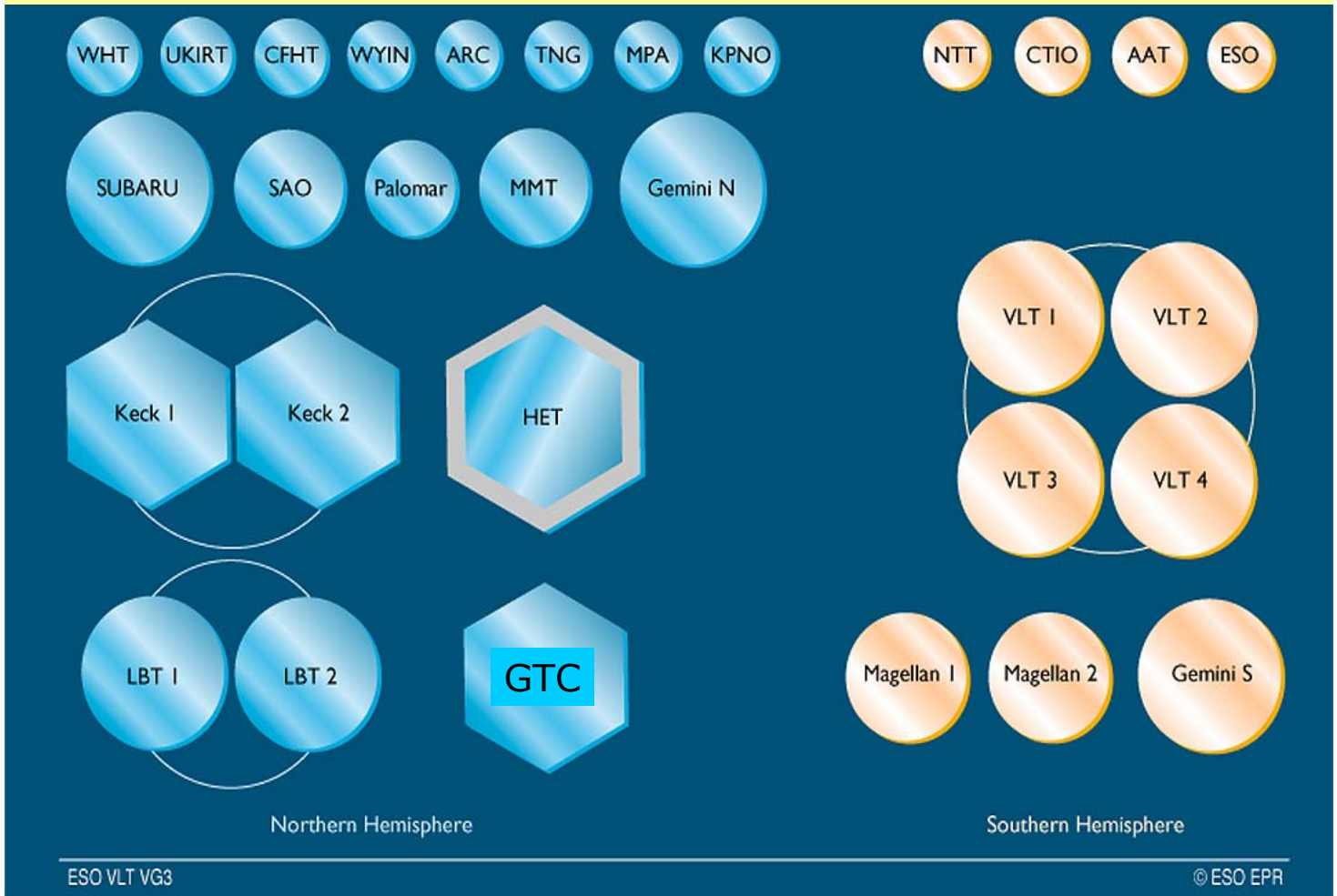


<http://www.gtc.iac.es/>

Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

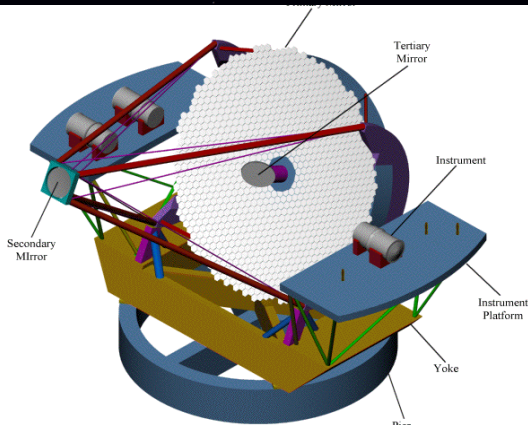
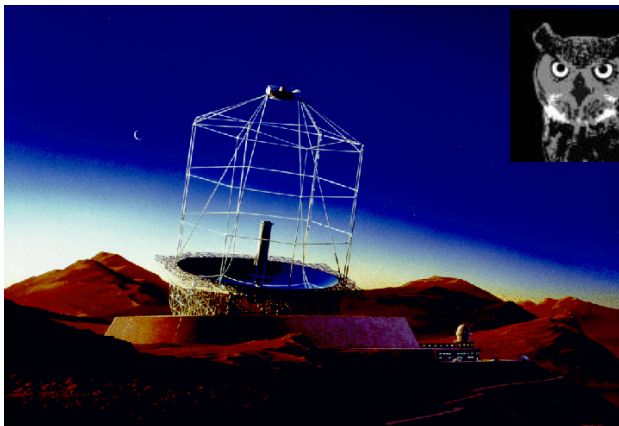
20

AREA COLECTORA DE GRANDES TELESCOPIOS



TELESCOPIOS ENORMES

ESO 100m OWL <http://www.eso.org/projects/owl/>



EURO 50

<http://www.astro.lu.se/~torben/euro50/>

California Extremely Large Telescope
CELT (30 m)

<http://celt.ucolick.org/>

TELESCOPIOS ESPACIALES

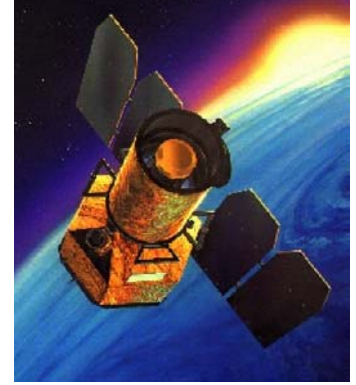
PRO:

- Fuera de la atmósfera:
no hay extinción, no hay turbulencia,
X, Gamma, UV, IR accesibles.

CONTRA:

- Misiones mucho más caras.
- Condiciones extremas: se necesitan materiales especiales (tecnología espacial).
- Mantenimiento y operación complicada.
- Vida útil limitada por los fungibles.

<http://www.galex.caltech.edu/>



<http://www.stsci.edu/hst/>



<http://sirtf.caltech.edu/>

Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

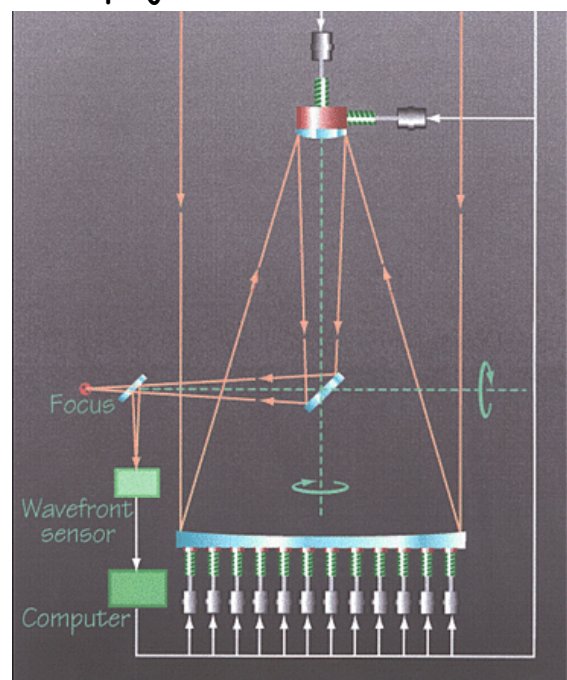
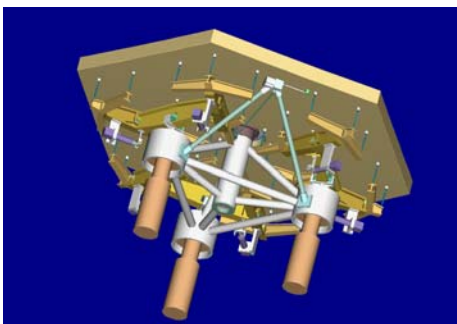
23

OPTICA ACTIVA

PROBLEMA: Los espejos delgados necesitan sujeción para mantener la forma.

SOLUCIÓN: Colocar actuadores bajo el espejo.

Los actuadores se componen de sensores y motores (piezoeléctricos). Se analiza la imagen cada cierto tiempo (~30 min) y se corrige la forma del primario y el alineamiento del secundario para mejorarla.



© Ed Janssen, ESO

Técnicas experimentales en Astrofísica - Jaime Zamorano - Físicas UCM - Telescopios ópticos

24

OPTICA ADAPTATIVA (1)

La turbulencia atmosférica limita la resolución de los telescopios terrestres al valor del seeing.

La imagen de un objeto puntual (estrella) formada por un telescopio fuera de la atmósfera (resolución teórica: disco de Airy)

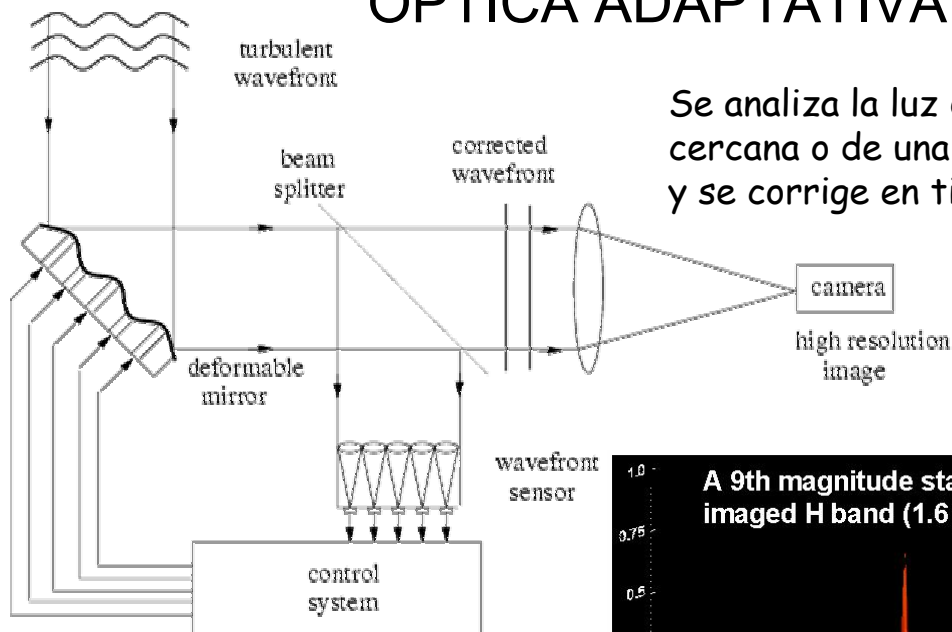
$$\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D} (")$$

Idem telescopio terrestre (resolución real: disco de seeing)

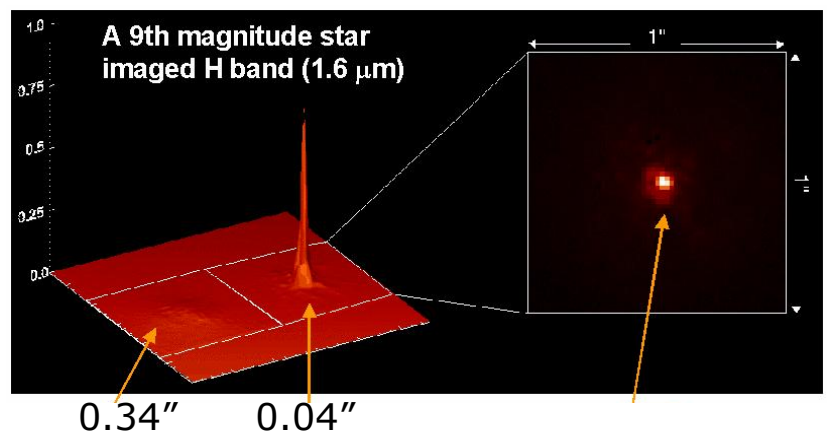
$$\alpha = 1.22 \frac{\lambda}{\pi_0} (")$$

La óptica adaptativa pretende medir y compensar los efectos de la turbulencia en tiempo real. La resolución se aproxima a la teórica.

OPTICA ADAPTATIVA (2)



Se analiza la luz de una estrella brillante cercana o de una estrella artificial (láser) y se corrige en tiempo real (~100 veces/s)



Recomendado:

Introduction to Adaptive Optics *James R. Graham's*
<http://astron.berkeley.edu/~jrg/chabot/slidemaster.html>

Imagen de una estrella en el IR próximo sin y con AO