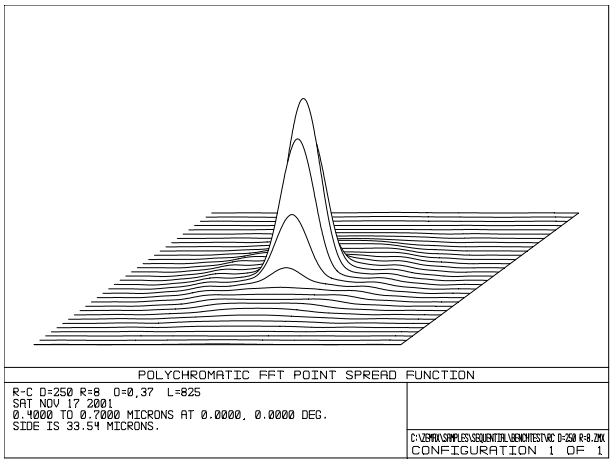
ASTROPALMA

OBSERVATORIO DE TACANDE, LA PALMA **Joan Genebriera**

UN EXAMEN CRÍTICO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE TELESCOPIOS



¿Qué calidad óptica tiene mi telescopio? ¿Cómo puedo compararlo con otros telescopios? ¿Existe un telescopio perfecto?

Estas tres preguntas, que con frecuencia se plantea un observador astronómico no tienen una respuesta sencilla. El problema estriba en el hecho de que los fabricantes no facilitan datos muy claros sobre este particular y que verificar un sistema óptico completo es una operación bastante compleja.

Es posible también realizar pruebas de campo, empleando telescopios en batería simultáneamente, con el fin de compararlos entre sí. Este tipo de pruebas son, sin embargo, subjetivas y sólo son concluyentes cuando existen diferencias muy considerables de calidad.

Este trabajo pretende hacer una comparación objetiva entre 11 tipos distintos de telescopios, para tratar de hallar cual es el mejor posible, aplicando un criterio de calidad fiable.

Parámetros de Medida

Se dice que un instrumento se encuentra a “difraction limited” cuando la difracción es la única causa que limita la calidad de la imagen y no las imperfecciones de montaje o de proyecto. Algunos fabricantes de telescopios emplean el “difraction limited” como su criterio de calidad, aunque como veremos mas adelante, hay que matizar este concepto.

Este criterio también puede interpretarse como que el telescopio posee una deformación máxima en su frente de onda de ¼ de la longitud de onda de trabajo . Este criterio clásico, también llamado de Rayleigh, se basa en que los efectos de una aberración cualquiera, afectan negativamente a la calidad de la imagen cuando producen una desviación mayor de ¼ lambda sobre la onda perfecta.

En la mayoría de los casos, el fabricante solo garantiza el “difraction limited” en el centro del campo y solo, con la luz monocromática del láser de verificación, normalmente Helio-Neón a 0,6328 micras *.

* (1 micra= 1.000 nm= 10e-3 mm)

El anterior criterio es perfectamente válido y medible con elementos ópticos individuales, pero se convierte en una tarea formidable cuando intervienen dos, tres, o más elementos y si además, observamos objetos del mundo real que evidentemente no sólo emiten en luz monocromática, el tema se complica. Es decir, no sabemos la calidad del telescopio completo.

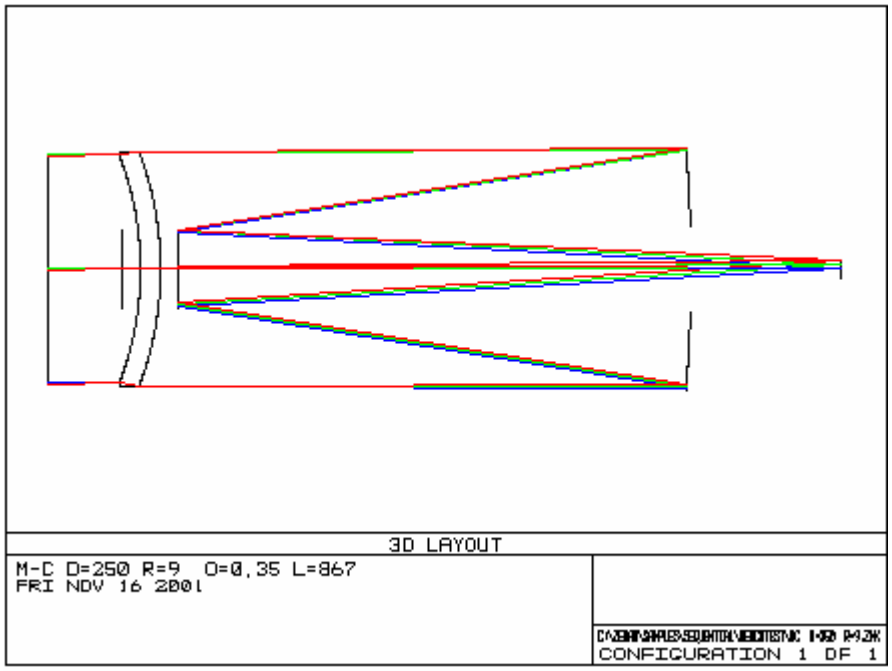
Por esta causa, debemos emplear otros parámetros de medición, que contemplen todos los fenómenos que intervienen en el proceso, para ello necesitamos trabajar sobre modelos informáticos.

El autor ha examinado una serie de telescopios, con los parámetros de medición que se emplean habitualmente en la industria óptica moderna, para determinar la calidad de un sistema óptico. Teniendo en cuenta que existen muchos tipos distintos de telescopios, se ha tratado de incluir en este trabajo a los más representativos y a algunos más, que sin ser tan conocidos, son especialmente importantes.

Puesto que el número de variables que intervienen en la creación de cada modelo, puede ser muy grande: diámetros, distancias focales, superficies esféricas, superficies asféricas, tipos de cristales, espesores, etc., se han incluido los modelos que responden más al criterio de funcionalidad que necesita un amateur.

Los parámetros de medición que emplearemos en este trabajo, son los siguientes:

Diagrama de Componentes.
Aspecto y posición de los elementos ópticos, vistos en sección. Este diagrama es totalmente intuitivo y no requiere más explicaciones. Este parámetro no es de medición.



Componentes de un sistema óptico Maksutov-Cassegrain

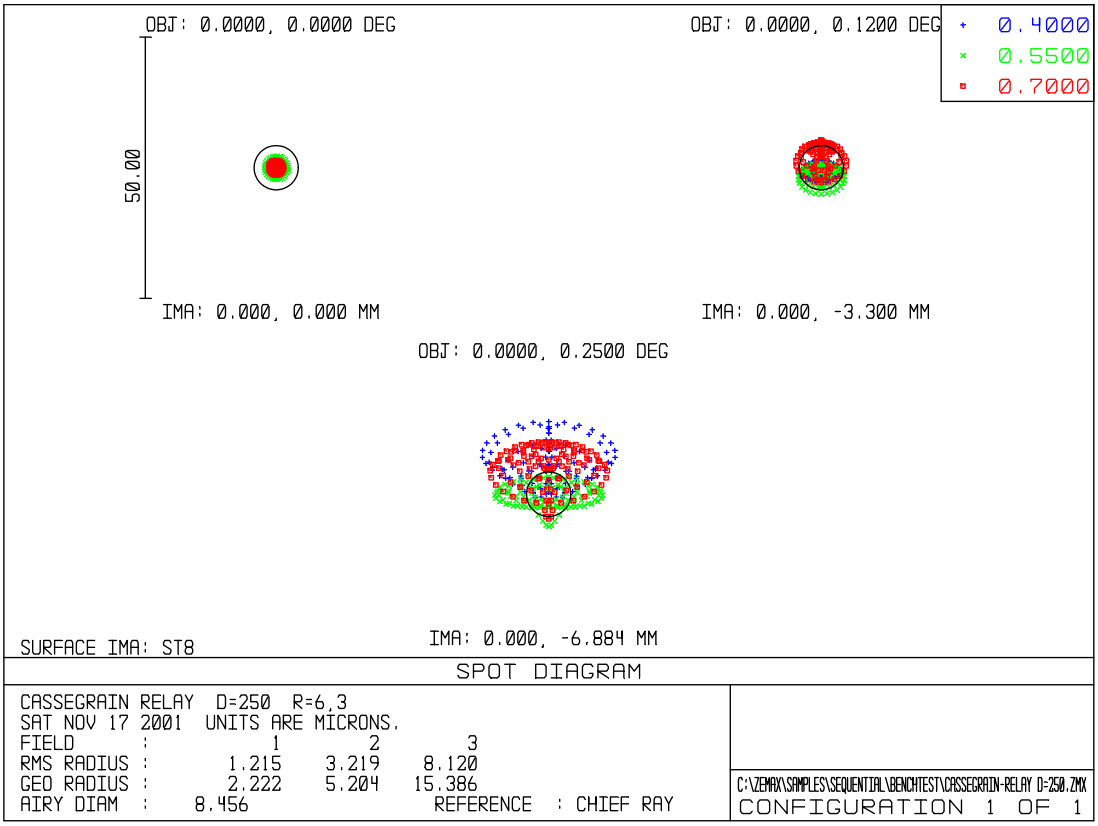
Diagrama de puntos (Spot Diagram).
Aquí se muestra la distribución de una serie de rayos de luz, que después de atravesar el telescopio se reúnen sobre el mal llamado plano focal (en muchos casos, no tiene nada de plano, ya que puede tener una curvatura de campo considerable).

En principio, consiste en iluminar el telescopio con una distribución concéntrico- paralela, y empleando las leyes de la óptica geométrica examinar si todos los rayos se concentran en el interior del disco de Airy*, por lo que cualquier aberración óptica que produzca el sistema es inmediatamente visualizada.

* Disco de Airy= La imagen más pequeña que teóricamente puede formar un sistema, para una sola longitud de onda y sin aberraciones ópticas. Si tenemos en cuenta las aberraciones y la banda de trabajo espectral, se le llama Point Spread Function (PSF).

La distribución de puntos, para cada una de las longitudes de onda que deseamos intervengan en el cálculo, se representan en el gráfico por distintos colores, en nuestro caso tenemos el violeta a 0,4 micras, el verde a 0,55 micras y el rojo a 0,7 micras.

Este parámetro nos facilita el “spot” para distintos puntos del plano, en nuestro caso tres: el centro, el borde del campo y un punto intermedio entre los anteriores.

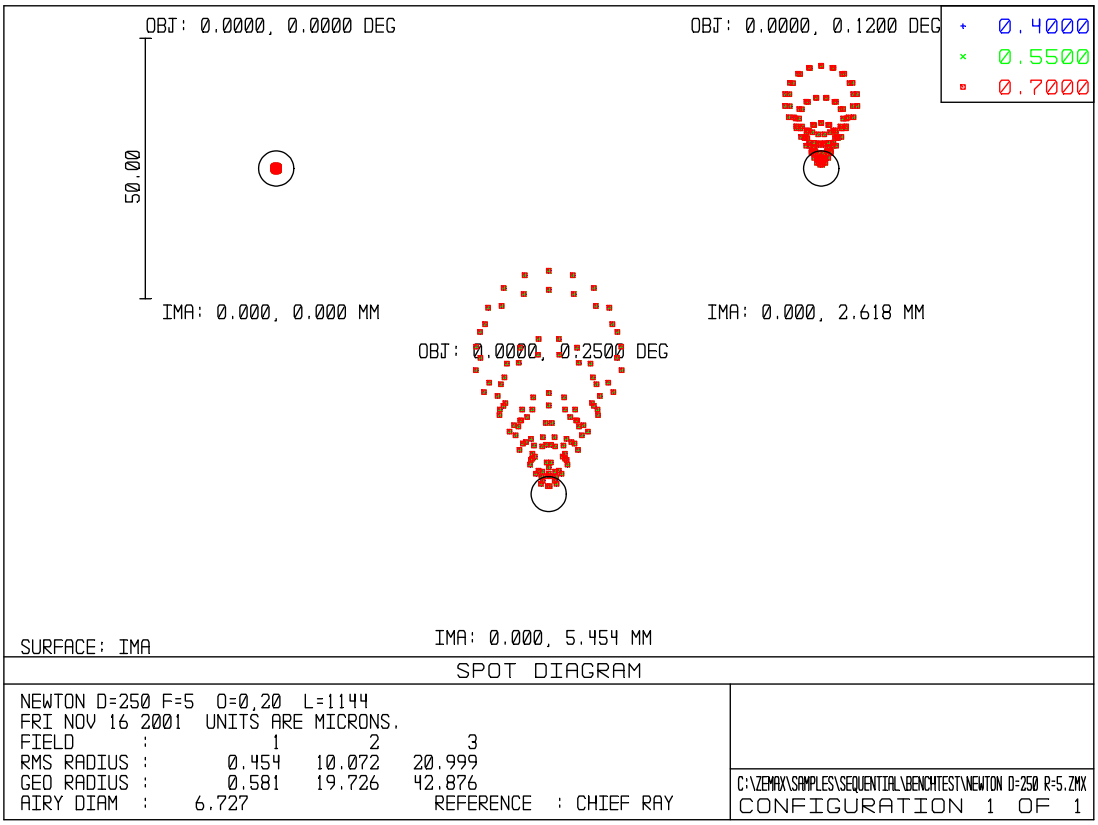


“Spot Diagram” de un sistema óptico Cassegrain-Relay.

<u>Como debe interpretarse el “Spot Diagram”</u>

Lo ideal es que todos los puntos se encuentren en el interior del disco de Airy, pero como esto es muy difícil, es suficiente que en el centro se cumpla esta condición y en el límite del campo se admiten discrepancias.

Una nube de puntos asimétrica indica la presencia de aberración de coma y/o astigmatismo, mientras que una nube centrada, pero con un diámetro mayor que el disco de Airy, significa generalmente aberración esférica no corregida.



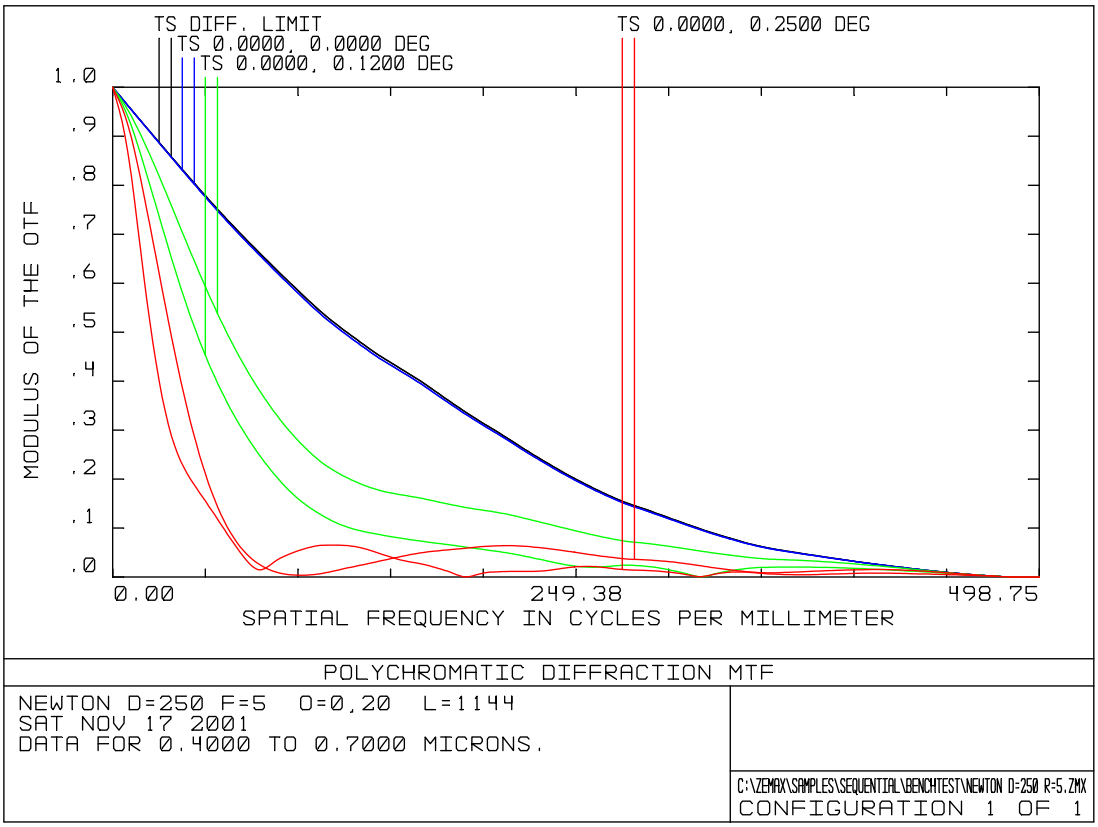
“Spot Diagram” de un sistema óptico Newton. El círculo negro central sobre cada una de las tres imágenes, representa el disco de Airy.

Función de Trasferencia de Modulación (MTF).

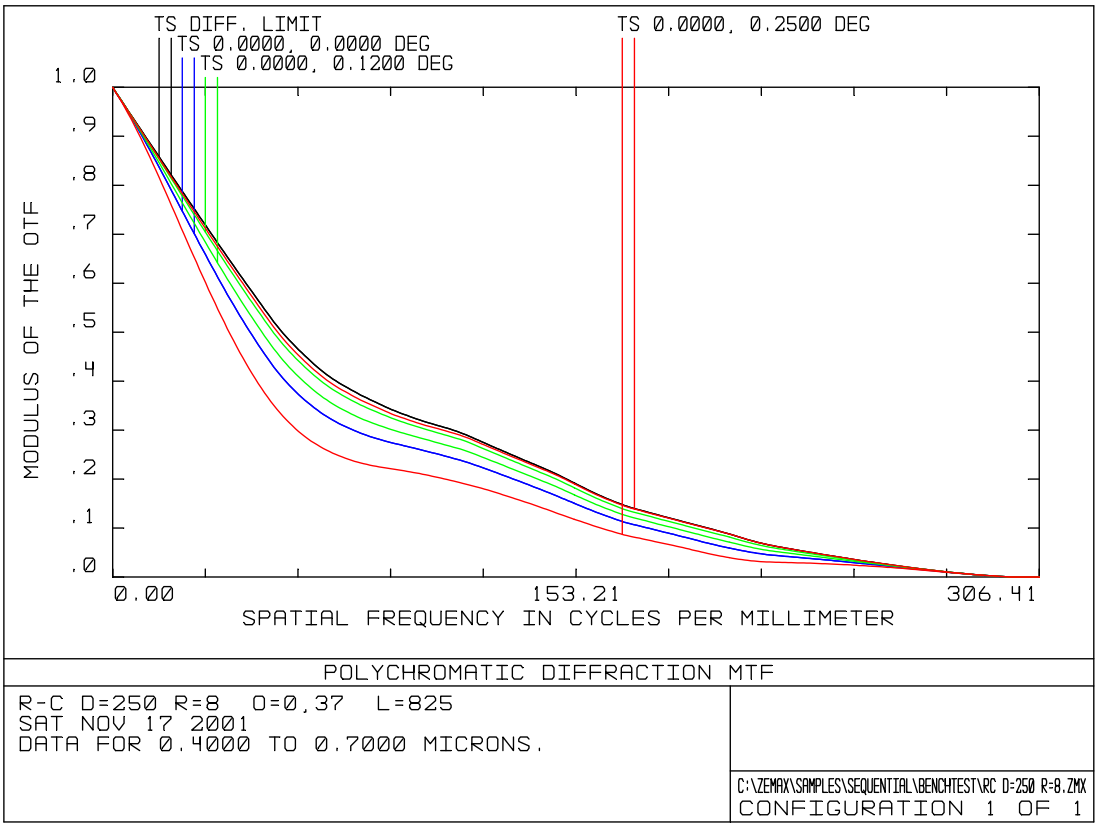
Esta importante función óptica es una medida cuantitativa de la calidad de la imagen que proporciona un instrumento. Nos dice como transfiere un sistema (telescopio) el contraste intrínseco del objeto a una imagen, en función de la frecuencia espacial en ciclos/mm (líneas/mm).

Los amateurs frecuentemente probamos nuestros telescopios sobre estrellas dobles. Pero la capacidad de resolver un sistema binario no quiere decir que podamos resolver detalles en una superficie planetaria o en un objeto “extenso”. Con estos tipos, la MTF es de gran importancia para evaluar el rendimiento de un telescopio en condiciones de observación fotográfica / CCD, de objetos con diámetro aparente.

Es un criterio de calidad muy superior a cualquier otro más clásico. Las curvas nos dan la resolución del telescopio en ciclos/mm (líneas/mm), para una imagen multicromática, en distintas posiciones del campo. En el grafico de la MTF, se incluye la curva ideal (de máximo contraste) para el sistema óptico.



MTF de un sistema óptico Newton. Las dos primeras curvas a 0,0º (centro) coinciden con la curva de máximo contraste (TS DIFF. LIMIT). Las dos curvas más cercanas al eje x, corresponden a 0,25º en el borde del campo.



MTF de un sistema óptico Ritchey-Cretien.

Como debe interpretarse la MTF

Lo ideal es que todas las curvas se encuentren agrupadas lo más cercanas posibles a la curva de contraste máximo " difraction limited", existe una perdida de contraste cuando se separan de esta. Diferencias entre las curvas sagital y tangencial para un mismo punto del campo, indican la presencia de aberración de astigmatismo o de coma.

Para cada posición del campo existen dos curvas, la de la imagen sagital y la de la imagen Tangencial *. Ambas tienen el mismo color en el gráfico.

*Cuando un haz atraviesa un sistema óptico oblicuamente, se forman dos planos: Un plano vertical que pasa por el punto objeto y el centro del sistema, llamado plano tangencial y un plano horizontal, a 90º del anterior, llamado plano sagital

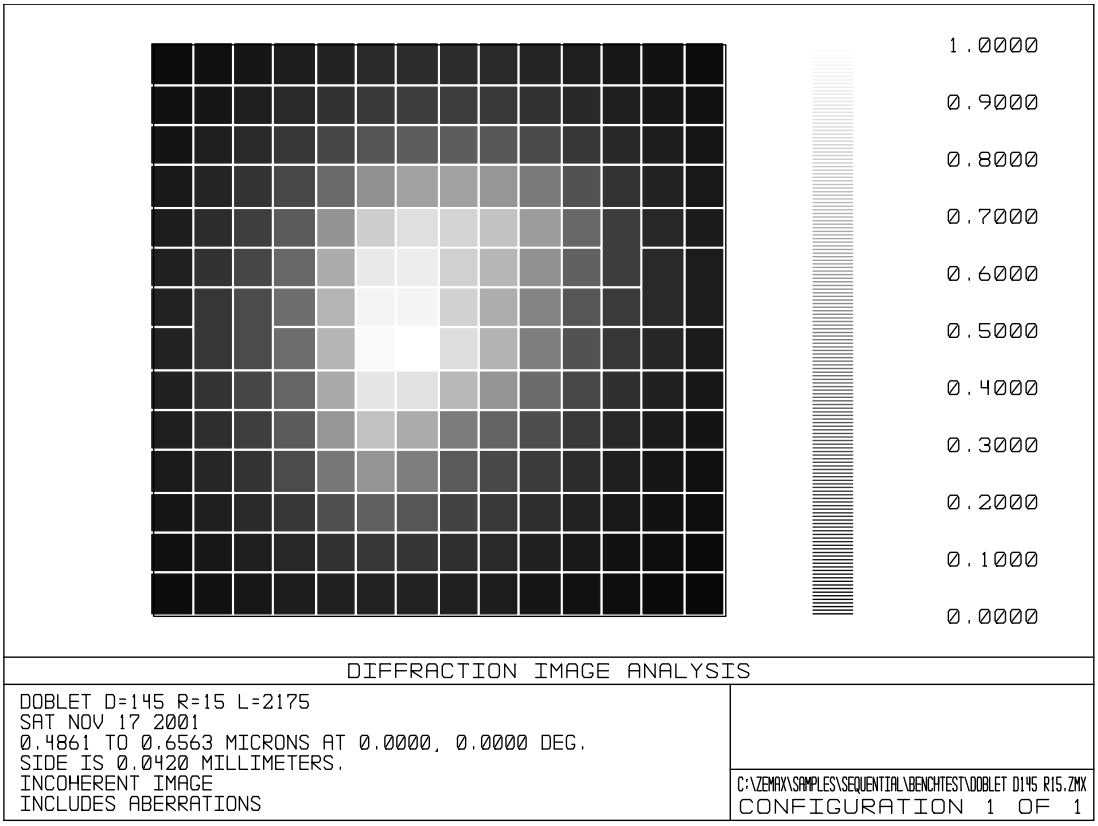
La MTF puede tener un valor entre 0,0 -no hay transferencia de contraste en la imagen- y 1,0 -la transferencia de contraste es total entre el objeto y la imagen-. Esta función tiene en cuenta la obstrucción central del secundario, caso que la hubiera.

Hay que recordar que la imagen que proporciona un sistema óptico NUNCA puede tener un contraste mayor, que el propio que tenga el objeto.

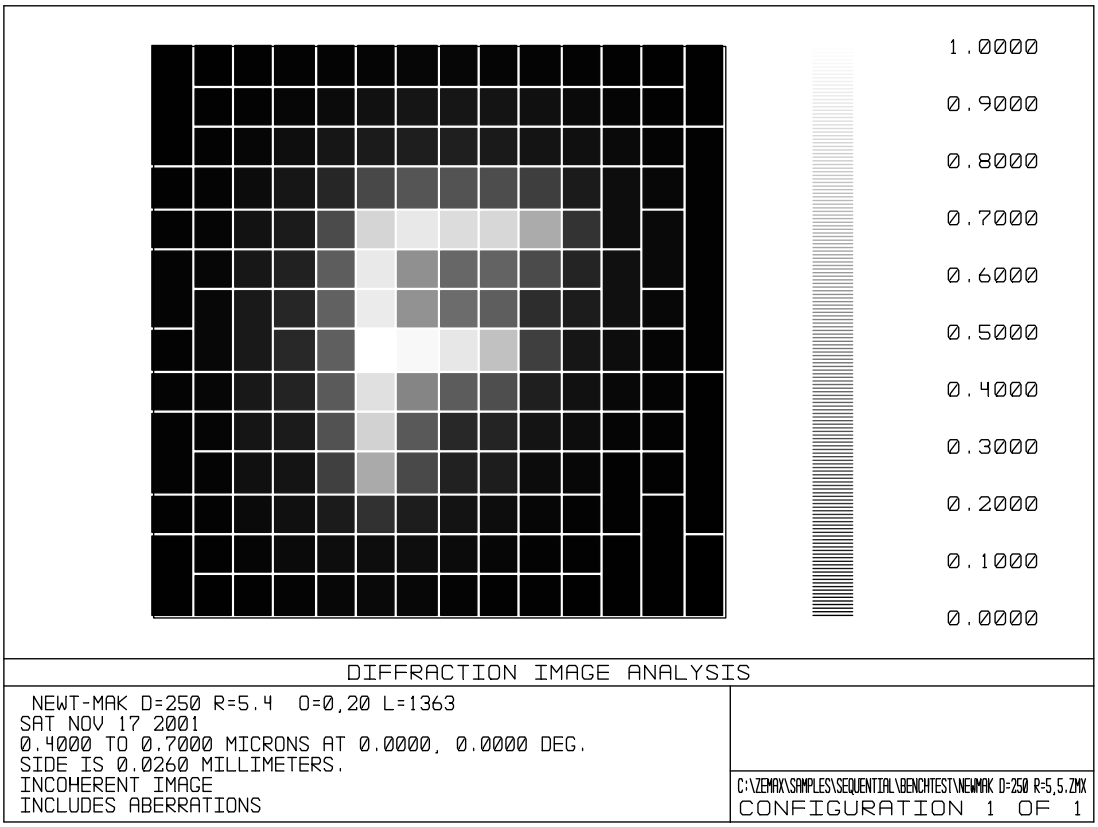
Nitidez de la Imagen
Aspecto que tendría la imagen de la letra “F”, sobre el centro del campo focal, con imagen multicromática (todo el espectro visible).

En nuestro caso, las dimensiones de la letra son iguales a las que tendría la imagen de un objeto de dos segundos de arco de diámetro aparente. Esto corresponde aproximadamente a un valor amateur de “seeing”, considerado excelente.

Este parámetro nos facilita una indicación directa de la nitidez de la imagen en observación visual.



Nitidez de Imagen de un sistema óptico Doblete



Nitidez de imagen de un sistema óptico Newton-Maksutov.

El Software

Para realizar este trabajo el autor ha empleado un programa profesional de simulación y diseño óptico, se trata del Zemax, de la empresa Focus Software (USA), también propietaria actualmente, de los derechos de explotación del conocido software, Kidger Optics.

Este programa contiene todas las ecuaciones que rigen los procesos ópticos y sus leyes físicas, conocidas actualmente. La fiabilidad del programa ha sido contrastada por cientos de ingenieros e investigadores en todo el mundo.

El autor, ha tratado obtener la máxima calidad en los diseños, optimizando distancias y materiales, en un trabajo que ha sido largo y laborioso, a causa del gran numero de variables que intervienen en los procesos.

Cada diseño (tipo de telescopio) ha sido optimizado al máximo y es representativo de sus posibilidades y características. Su rendimiento **no puede mejorarse** sin cambiar sustancialmente sus componentes, es decir, el tipo. La única excepción a esta regla es la siguiente: todos los cristales ópticos empleados en este trabajo se encuentran disponibles en el mercado, pero existe la posibilidad, no obstante, que determinados fabricantes importantes empleen cristales especiales, no comerciales, los llamados cristales con "formulas propietarias" con los que obtengan mejores resultados en telescopios refractores que los de este trabajo.

Bases de Comparación

Para comparar los distintos telescopios, primero hay que establecer una serie de bases de normalización, que en nuestro caso han sido las siguientes:

- **No se trata de crear diseños teóricos o irrealizables. Todos los telescopios, podrían ser construidos por un óptico, si así lo deseáramos.**

- **Los telescopios, reflectores y catadióptricos, tienen un diámetro de 250 mm.**

- **Los telescopios refractores, tienen un diámetro de 145 mm.**

- **En el centro del campo, todos los telescopios deberían estar al límite de difracción.**

- **Todos los telescopios deben tener una zona de trabajo que comprenda la totalidad del espectro visible, entre las 0,4 y las 0,7 micras. En los instrumentos actuales, con posibilidades CCD/FOTO, no es admisible limitar la longitud de onda a solo 0.55 micras.**

- **Todos los telescopios tiene un campo mínimo sin vignettage* de 0,5º.**

  *vignettage= El campo focal sufre una perdida de luz progresiva en los bordes.

- **Todos los telescopios, tienen un parasol de 100 mm. de longitud.**

- **No existen alteraciones de la PSF* por causas de turbulencia instrumental o atmosférica.**

- *PSF= Point Spread Function o Función de Diseminación de un Punto, es el disco de Airy, pero teniendo en cuenta la banda espectral de trabajo y las aberraciones ópticas siempre presentes.

- **Todos los elementos ópticos, se encuentran óptica y mecánicamente alineados (colimados).**

Telescopios a Examen

En la tabla siguiente se encuentran tres grupos de telescopios, clasificados por su aplicación, principal, en: visuales, foto/CCD/visuales y fotográfico.

Tipo	Diámetro	F	Longitud	Obstrucción	Campo
Doblete	145	15	2.290	-	0,5
Fluorita	145	15	2.298	-	0,8
Newton	250	5	1.114	0,21	0,5
Cassegrain	250	15	1.000	0,26	0,5
APO	145	8	1.318	-	0,8
Ritchey-Chrétien	250	8,1	825	0,37	0,5
Schmidt-Cassegrain	250	10	702	0,24	0,5
Cassegrain-Relay	250	6,3	927	0,28	0,5
Maksutov-Cassegrain	250	9	867	0,35	0,5
Newton-Maksutov	250	5,4	1.363	0,20	0,6
Simak	250	6,4	831	0,51	1,5

*Diámetro.= Diámetro de la pupila de entrada (mm).

*Longitud= Longitud total, del extremo del parasol al plano focal (mm).

*Obstrucción= Obstrucción producida por el secundario (diámetro secundario / diámetro primario)

*Campo= Campo útil a 100% de luz, sin vignettage (grados º).

Doblete .- Telescopio refractor provisto de un doblete acromático clásico, del tipo Fraunhofer, espaciado en aire. Con relaciones focales largas (F15), los amateurs históricamente lo consideramos de una calidad visual excelente, pero en observación fotográfica o con cámaras CCD, es en verdad un sistema óptico deficiente. Para obtener buenos resultados en estos casos, es necesario emplear filtros que limiten la banda espectral (minus blue).

El examen de las funciones del Diagrama de Puntos y MTF, muestran un rendimiento muy malo. Atención: El sistema puede aun empeorar en relaciones focales tipo F10 o F8.

Aplicación principal: Observación visual del Sistema Solar, trabajos de Heliofísica en una sola longitud de onda (H-alfa).
Sensibilidad a la descolimación: Mínima.
Lo mejor: Robusto y sin mantenimiento, imágenes estables con poco centelleo, ausencia de turbulencia instrumental.
Lo peor: Calidad insuficiente, poco luminoso (F15), tubo muy largo.

Fluorita.- Telescopio refractor provisto de dos lentes, una de ellas de Fluoruro de Calcio, también llamado fluorita. Este tipo de cristal proporciona una mejor corrección sobre el espectro visible y permite obtener la condición de "difraction limited".
Resultados satisfactorios en el Diagrama de Puntos y MTF. Excelente uniformidad de campo.

Aplicación principal: Observación visual y fotográfica del Sistema Solar.
Sensibilidad a la descolimación: Mínima.
Lo mejor: Calidad de imagen, robusto y sin mantenimiento, ausencia de turbulencia instrumental.
Lo peor: Precio elevado, poco luminoso (F15), tubo muy largo.

Newton.- Telescopio reflector muy popular entre los amateurs debido a la sencillez de sus componentes. Compuesto de un espejo principal cóncavo - parabólico y un espejo plano diagonal. Aberración de coma especialmente acusada con relaciones focales muy luminosas, del tipo F4-5 . La adición de un corrector (Ross), elimina la coma a expensas de introducir aberración esférica sobre todo el campo.
Diagrama de Puntos afectado por la aberración, buena nitidez y resolución en el centro del campo.

Aplicación principal: Observación visual.
Sensibilidad a la descolimación: Baja.
Lo mejor: Imágenes perfectas en el centro, el más luminoso (F=5), sencillo y económico, ausencia de cromatismo.
Lo peor: Calidad mediocre fuera del centro, turbulencia instrumental, posición de observación incómoda.

Cassegrain.- Telescopio reflector provisto de un primario cóncavo - parabólico y de un secundario convexo - hiperbólico. MTF satisfactoria. Diagrama de Puntos perfecto hasta 0,36 grados de campo.

Aplicación principal: Observación visual y fotográfica del Sistema Solar, observaciones fotométricas.
Sensibilidad a la descolimación: Alta.
Lo mejor: Tubo compacto, ausencia de cromatismo.
Lo peor: Aberración de coma en el límite del campo, poco luminoso (F15), turbulencia instrumental.

APO .- Telescopio refractor apocromático de tres lentes. Parámetros de MTF y Nitidez de Imagen equilibrados. Relación focal no muy luminosa pero suficiente para trabajar como foto / CCD.

Aplicación principal: Observación en general, Visual / Foto /CCD
Sensibilidad a la descolimación: Mínima.
Lo mejor: Máximo rendimiento por mm. de abertura, ausencia de mantenimiento y turbulencia instrumental, campo útil de 0,8º .
Lo peor: Precio elevado.

Ritchey-Cretien.- Telescopio reflector compuesto de un primario cóncavo - hiperbólico y un secundario convexo - hiperbólico. Empleado hasta la fecha, en grandes instalaciones profesionales, esta siendo introducido en el mercado amateur. La inclusión de una lente menisco, cerca del plano focal, aumenta considerablemente el campo útil.
Buena respuesta en el Diagrama de Puntos, MTF y Nitidez de Imagen.

Aplicación principal: Instrumento de uso general, visual /foto/CCD.
Sensibilidad a la descolimación: Muy alta, el más critico de los mostrados en este trabajo.
Lo mejor: Calidad de imagen en todo el campo.
Lo peor: Difícil de construir. Precio muy elevado

Schmidt-Cassegrain.- Telescopio catadióptrico compuesto de un primario esférico, un secundario asférico y una lamina correctora de Schmidt. Tiene una amplia difusión entre los amateurs.
El análisis del Diagrama de Puntos nos muestra que este tipo de telescopio, no es "difraction limited" en todo el espectro de 0,4 a 0,7 micras, sólo lo es en la parte central a 0,55 micras.

Aplicación principal: Instrumento de uso general.
Sensibilidad a la descolimación: Muy alta.
Lo mejor: El más compacto (702 mm), muy versátil, gama de accesorios sin fin.
Lo peor**:** Su particular sistema de enfoque, variando la distancia primario-secundario, en su versión comercial, es a la vez una de sus principales atractivos y también su talón de Aquiles. Frontal de la lámina de Schmidt, expuesta al rocío.

Cassegrain-Relay.- Telescopio catadióptrico de superficies totalmente esféricas. Esta especial característica permite comprobar y fabricar con una gran precisión, las superficies ópticas. Excelente respuesta en MTF y Nitidez de Imagen.

Aplicación principal: Instrumento de uso general, visual/Foto/CCD
Sensibilidad a la descolimación: Alta
Lo mejor: Calidad de imagen. Buena luminosidad (F=6,3).
Lo peor: Precio elevado.

Maksutov-Cassegrain.- Telescopio catadióptrico compuesto de un primario esférico, un secundario asférico y un menisco corrector de Maksutov. Buena respuesta en MTF, Diagrama de Puntos y Nitidez de Imagen.

Aplicación principal: Instrumento de uso general, visual /Foto /CCD
Sensibilidad a la descolimación: Alta.
Lo mejor: Telescopio muy equilibrado en sus prestaciones.
Lo peor: Frontal del menisco expuesto al rocío.

Newton-Maksutov.- Telescopio catadióptrico compuesto de un primario esférico, un secundario plano y un menisco corrector de Maksutov. Se trata de un tipo de telescopio relativamente nuevo en el mercado, con mejoras sustanciales en la calidad de imagen. Excelente respuesta en MTF y Nitidez de Imagen.

Aplicación principal: Registro de imágenes en CCD. Fotografía de gran campo.
Sensibilidad a la descolimación: Baja.
Lo mejor: Alto contraste, muy luminoso (F= 5,4), campo útil de 0,6º.
Lo peor: Precio elevado, tubo largo, frontal del menisco expuesto al rocío.

Simak.- Telescopio reflector especialmente diseñado para la fotografía de gran campo, variante compacta y más moderna del Maksutov-Cassegrain. Excelente calidad en MTF , Diagrama de Puntos y Nitidez de Imagen.

Aplicación principal: Fotografía de gran campo.
Sensibilidad a la descolimación: Alta.
Lo mejor: Calidad de imagen, buena luminosidad (F= 6,2), compacto, gran campo (1,5 º).
Lo peor: Precio elevado, frontal del menisco expuesto al rocío.

Resultados

Siguiendo el criterio de calidad óptica basado en la Modulación de Transferencia (MTF) tomaremos tres medidas y las compararemos entre los distintos tipos. Las medidas serán las siguientes:

MTF a 55 l/mm.- Es el valor de la transferencia de contraste a 55 l/mm (pares de líneas /mm) sobre **el medio campo**. El motivo se debe al hecho de que la resolución óptima de una cámara CCD estándar con píxeles de 9 micras es, de acuerdo al criterio de muestreo de Nyquist, de 55 l/mm . Una película en color corriente tiene también una resolución cercana a este valor.

Resolución Máxima.- Es el máximo numero útil de l/mm. (pares de líneas/mm) que puede separar el telescopio (con una MTF=0,05). Depende fundamentalmente de la relación focal (F) y de las aberraciones. La nitidez de imagen está directamente relacionada con la resolución máxima.

Uniformidad del Campo Focal.- Se trata de indicar las variaciones de valor de la PSF a través del campo focal. El parámetro de uniformidad del campo se obtiene al dividir el diámetro de la PSF en el medio campo, por el valor del disco de Airy.

Con los resultados de las anteriores medidas, podemos ordenar los telescopios a examen en la siguiente tabla de mejor a peor:

contraste MTF (55 l/mm)		Resolución máxima (l/mm)		Uniformidad del campo focal	
Newton-Maksutov	**0,56**	**Newton**	**370**	**Ritchey-Chrétien**	**0,6x**
APO	**0,55**	**Newton-Maksutov**	**346**	**Fluorita**	**0,7x**
Cassegrain-Relay	**0,52**	**Cassegrain-Relay**	**303**	**Simak**	**1,0x**
Ritchey-Chrétien	**0,47**	**Simak**	**302**	**Cassegrain**	**1,0x**
Newton	**0,46**	**APO**	**225**	**Cassegrain-Relay**	**1,2x**
Simak	**0,44**	**Ritchey-Chrétien**	**213**	**Maksutov-Cassegrain**	**1,3x**
Maksutov-Cassegrain	**0,43**	**Maksutov-Cassegrain**	**210**	**APO**	**1,7x**
Cassegrain	**0,36**	**Schmidt-Cassegrain**	**138**	**Newton-Maksutov**	**1,9x**
Fluorita	**0,35**	**Cassegrain**	**120**	**Schmidt-Cassegrain**	**2,5x**
Schmidt-Cassegrain	**0,27**	**Fluorita**	**120**	**Doblete**	**2,6x**
Doblete	**0,10**	**Doblete**	**94**	**Newton**	**5,8x**

Sensibilidad a la Descolimación* y Desenfoque.
Aunque este apartado, no es estrictamente de calidad óptica, si no más bien de calidad mecánica, merece ser mencionado puesto que afecta fundamentalmente a la imagen final.

Para averiguar la sensibilidad real que tienen los telescopios a la descolimación, el autor ha calculado el efecto combinado de una inclinación y de un desplazamiento lateral con respecto al eje óptico. Hay que tener en cuenta que un telescopio por causas como; golpes de transporte, dilataciones térmicas o defectos de fabricación, puede descolimarse fácilmente.

* Sensibilidad a la descolimación.= Factor de aumento de la PSF, con respecto a su valor inicial, al combinar un desplazamiento lateral de 2 mm y una inclinación de 3 minutos de arco del eje óptico (valores posibles de encontrar en un telescopio cualquiera después de un traslado, golpe, etc).

Este punto es especialmente importante en todos los telescopios que empleen un secundario convexo (Cassegrain). En ellos, el secundario trabaja como un amplificador de la distancia

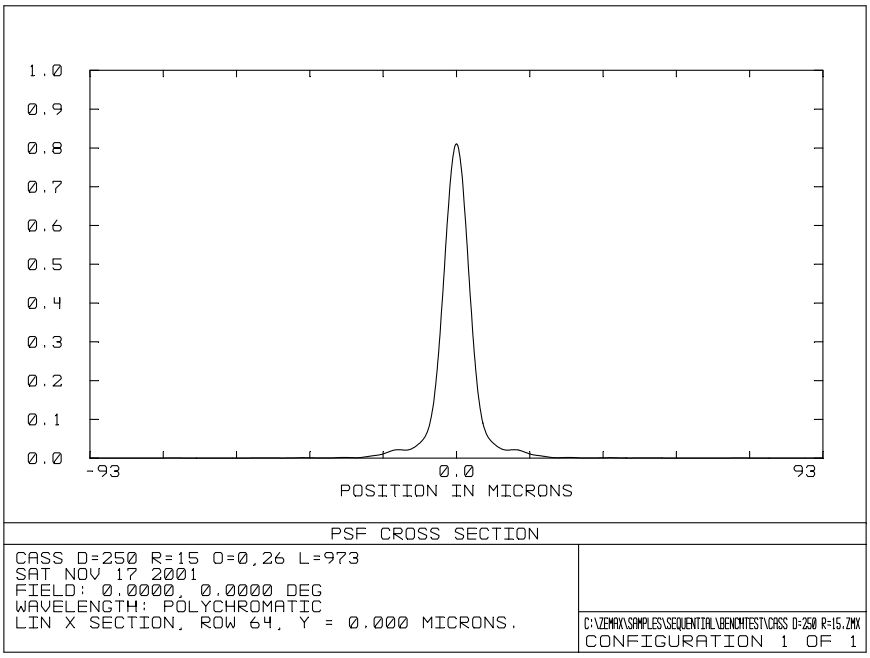
focal primaria y su posición y ajuste es muy crítico. Con un secundario descolimado podemos tener fácilmente PSF's de diámetro doble o triple y tirar por los suelos, toda la calidad de imagen.
Los telescopios refractores como el Doblete, Fluorita y APO parecen ser mucho más insensibles a una descolimación, que deja fuera de uso a los Cassegrain.

Los telescopios como el Newton y el Newton-Maksutov, son también bastante tolerantes a la descolimación (en los términos indicados anteriormente), porque la imagen solo sufre un desenfoque.

El resultado obtenido, de mejor a peor, puede verse en la siguiente tabla:

Sensibilidad a la descolimación	
APO	**1x**
Fluorita	**1x**
Doblete	**1x**
Newton	**1,4x**
Newton-Maksutov	**1,8x**
Cassegrain-Relay	**4x**
Simak	**4x**
Maksutov-Cassegrain	**4x**
Cassegrain	**5x**
Schmidt-Cassegrain	**9x**
Ritchey-Chrétien	**17x**

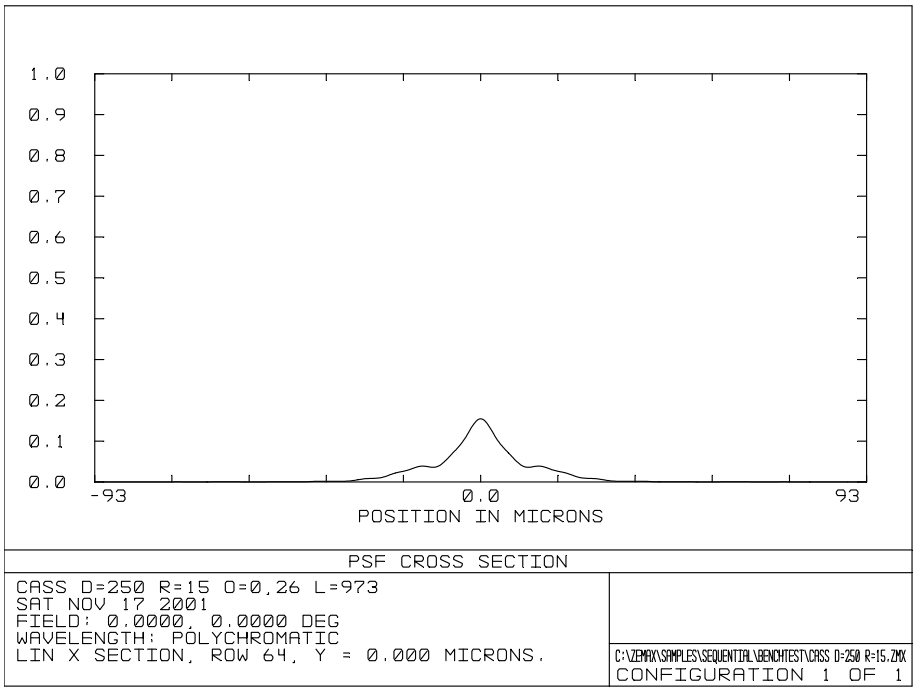
Otro problema que aparece en los telescopios del tipo Cassegrain es el desenfoque por temperatura. En el curso de una noche de observación, la temperatura puede variar fácilmente 10ºC o más. Si la distancia primario-secundario varía una sola décima de milímetro (0,1 mm), por causa de las dilataciones-contracciones estructurales del tubo o por cambios de forma de las superficies ópticas, se produce una alteración de foco que es equivalente a 0,1 veces, el factor de ampliación del secundario.



Perfil de la PSF de un telescopio Cassegrain perfectamente enfocado.

Si suponemos un factor de ampliación de 2,5 para el secundario, tendremos una variación de foco de 0,1 x 2,5 = 0,25 mm. suficiente para arruinar una buena fotografía o una imagen CCD.

La afirmación anterior puede parecer exagerada pero no lo es. Se han hallado coeficientes de variación de foco con la temperatura del orden de 0,25 mm/ºC en algunos telescopios Cassegrain. Para evitar este problema, los operadores de telescopios de este tipo deben comprobar la posición del foco, varias veces en el curso de una noche de observación.



Perfil de la PSF del anterior telescopio Cassegrain, desenfocado por una variación de temperatura de 6ºC, suponiendo un coeficiente de temperatura de 0,10mm/ºC.

Conclusiones

Hay que recordar que estamos tratando de comparar telescopios y aunque cualquiera de nosotros puede estar plenamente satisfecho con alguno que no a resultado especialmente agraciado en este examen, es evidente desde ahora, que existen otros telescopios con unas propiedades sobresalientes.

Un observador visual de sistemas binarios no necesita una banda espectral de 0,4 a 0,7 micras, ni un astrofotógrafo un diagrama de puntos que esté totalmente dentro del disco de Airy, puesto que la imagen más pequeña que podrá registrar es mucho mayor que la PSF, por causa del seeing. Sin embargo, la tecnología actual nos permite disponer de una serie de telescopios de alto contraste y alta definición, que satisfacen a los más exigentes: APO, Newton-Maksutov, Cassegrain-Relay, Ritchey-Chrétien y Simak.

Los anteriores sistemas se perfilan como los más adecuados para obtener el máximo rendimiento de las actuales cámaras CCD, con píxeles de pocas micras y monturas con una precisión de guía excelente.

Un grupo intermedio de telescopios con las mejores prestaciones versus coste: Newton, Maksutov-Cassegrain y Cassegrain.

Otro punto a considerar, derivado de los resultados, es el de la obstrucción central.
Si comparamos los dos telescopios con menor y mayor obstrucción, Newton= 0,20 y Simak= 0,51 respectivamente, se comprueba en la tabla anterior que ello no implica, sorprendentemente, que el Simak tenga un contraste MTF inferior, de acuerdo con lo que podría esperarse de una concepción óptica más clásica , ambos poseen casi el mismo contraste sobre la mayoría del plano focal (medio campo).

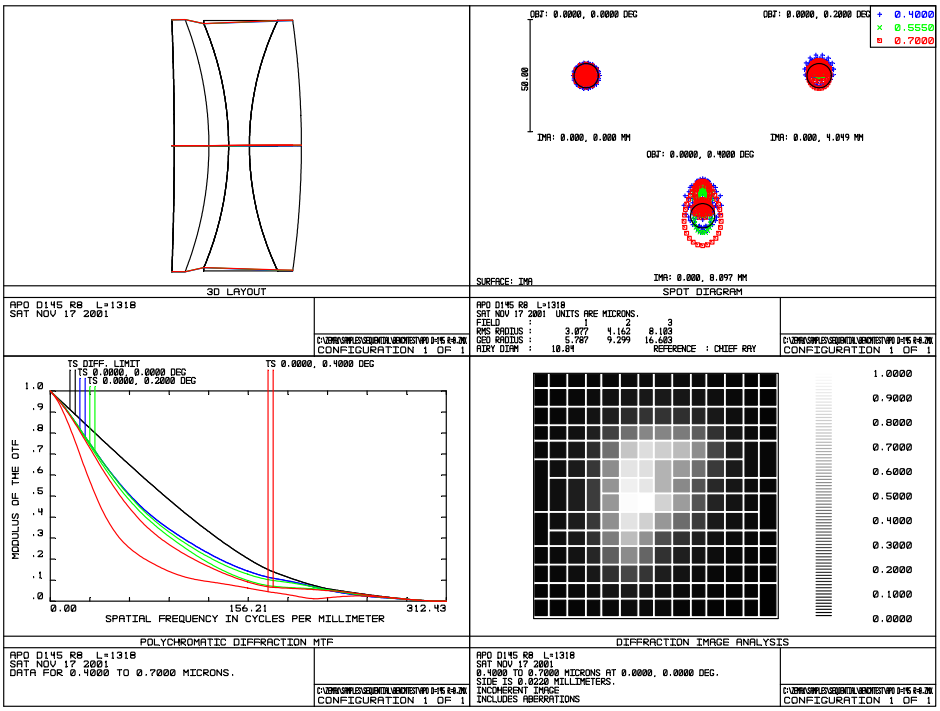
Sin embargo, hay que aclarar que el hecho anterior (u otros) se produce básicamente porque las aberraciones fuera eje del Newton, reducen drásticamente el contraste fuera del eje.

El valor final de la MTF depende de la obstrucción, de las aberraciones, del vignettage y de los componentes ópticos. Por lo tanto, no parece que el tema de la obstrucción central sea tan crítico, como algunos amateurs creen. Tiene su importancia, pero no hay que exagerar.

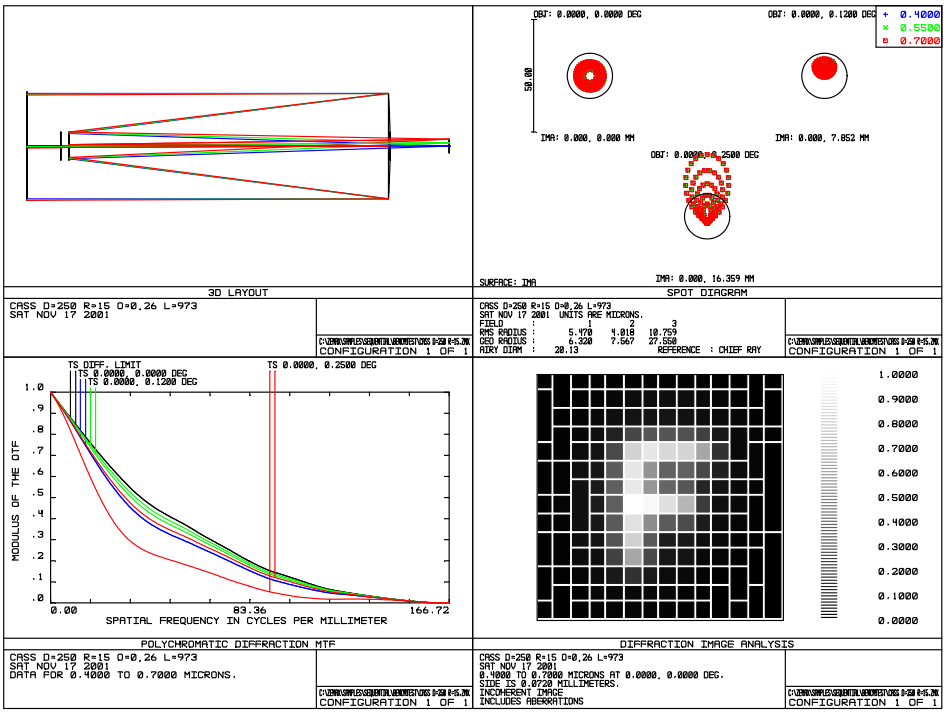
Sin embargo si es evidente que existe una perdida de superficie útil en el primario por causa de la obstrucción que provoca el secundario, que en el caso de un secundario de diámetro mitad del primario(0,5) seria de un 25%. Parece conveniente no superar la obstrucción de 0,5 por puros motivos de aprovechamiento de superficie colectora.

La obtención final de una imagen de alta calidad está unida a una serie de hechos y variables, pero sin duda alguna, la calidad óptica del telescopio es el hecho principal.

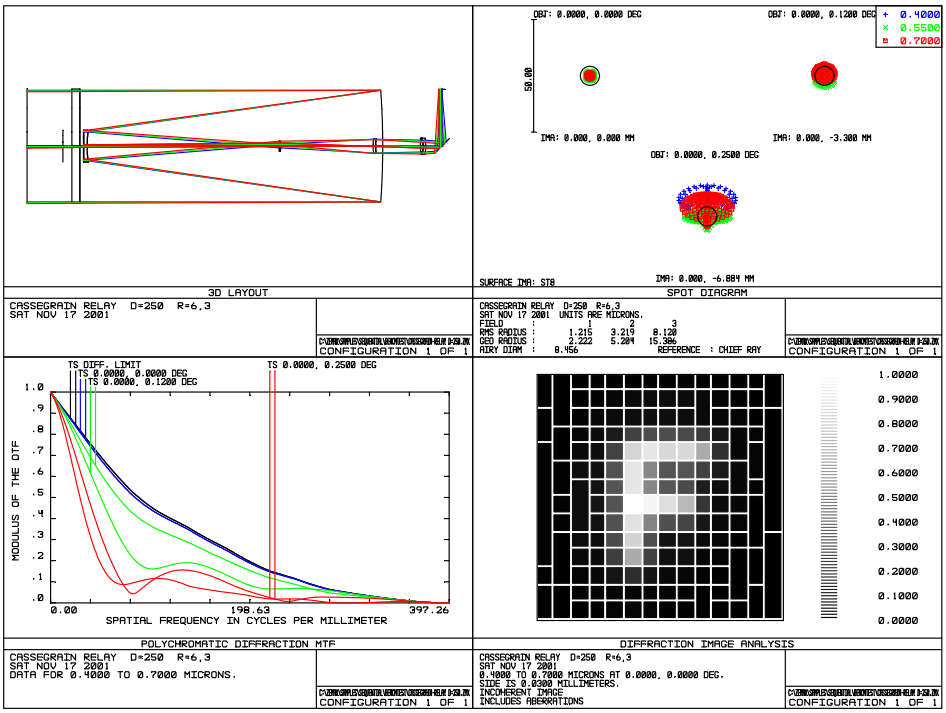
A continuación se incluyen los siguientes diagramas: de Componentes, de Puntos (Spot Diagram), MTF y Nitidez de Imagen de los 11 telescopios a examen:



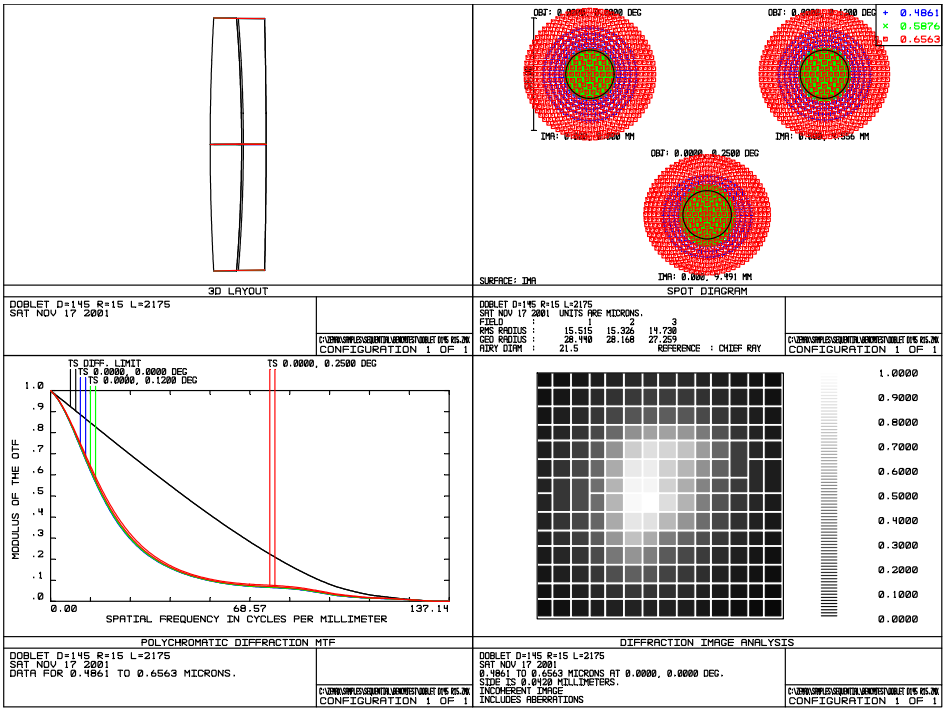
Telescopio refractor APO.



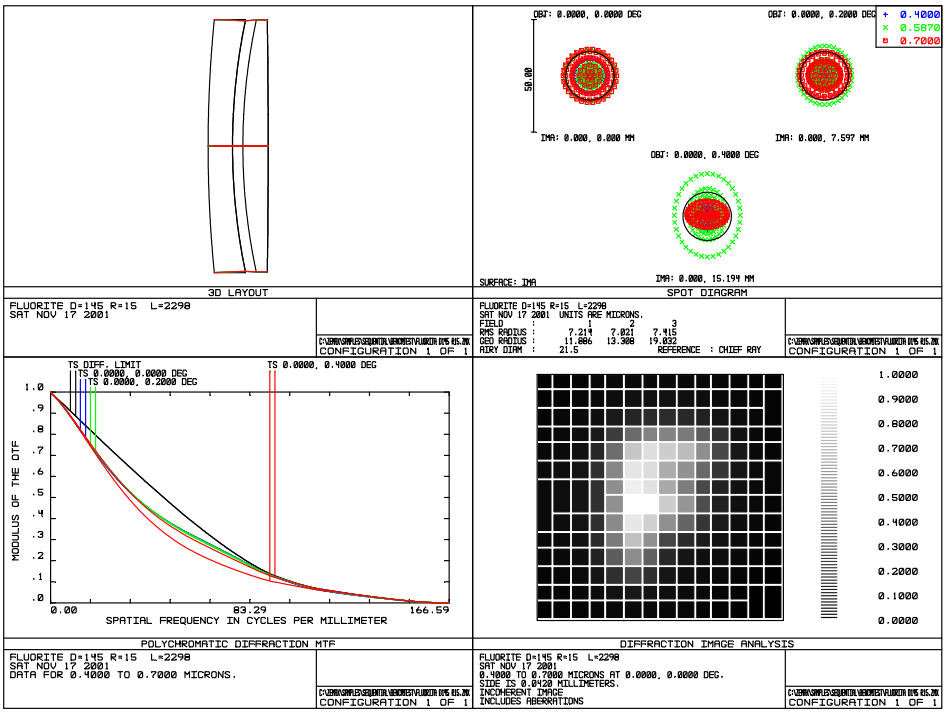
Telescopio reflector Cassegrain.



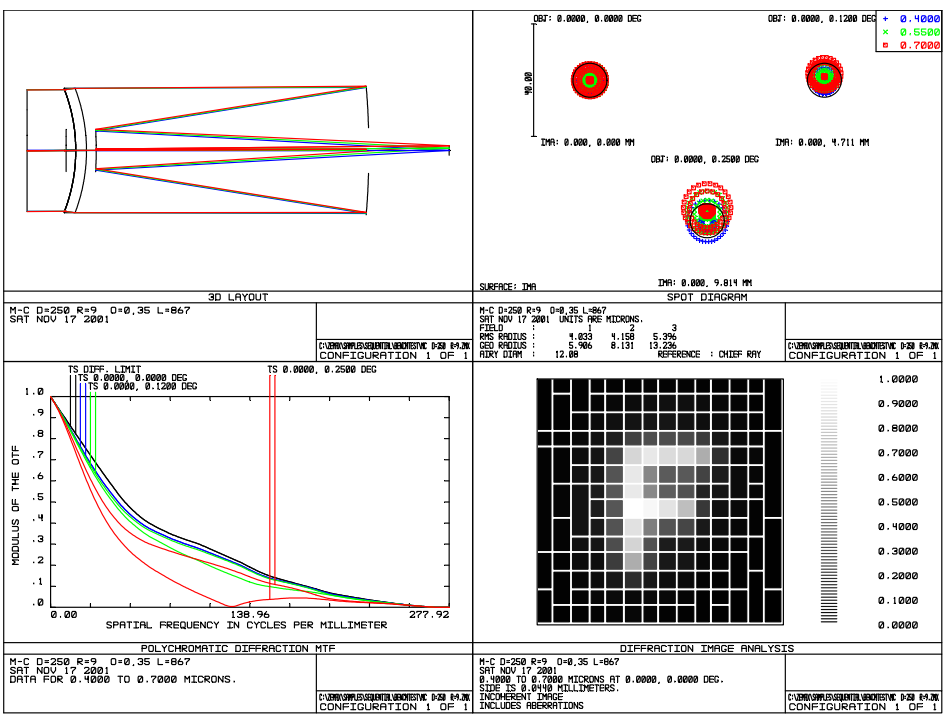
Telescopio catadióptrico Cassegrain-Relay.



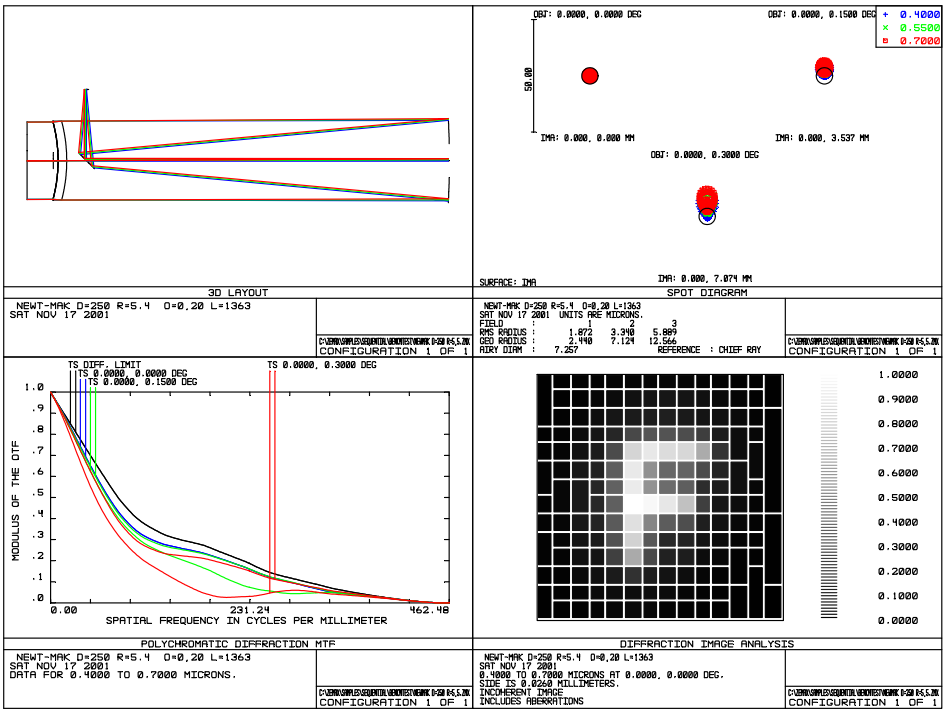
Telescopio refractor Doblete



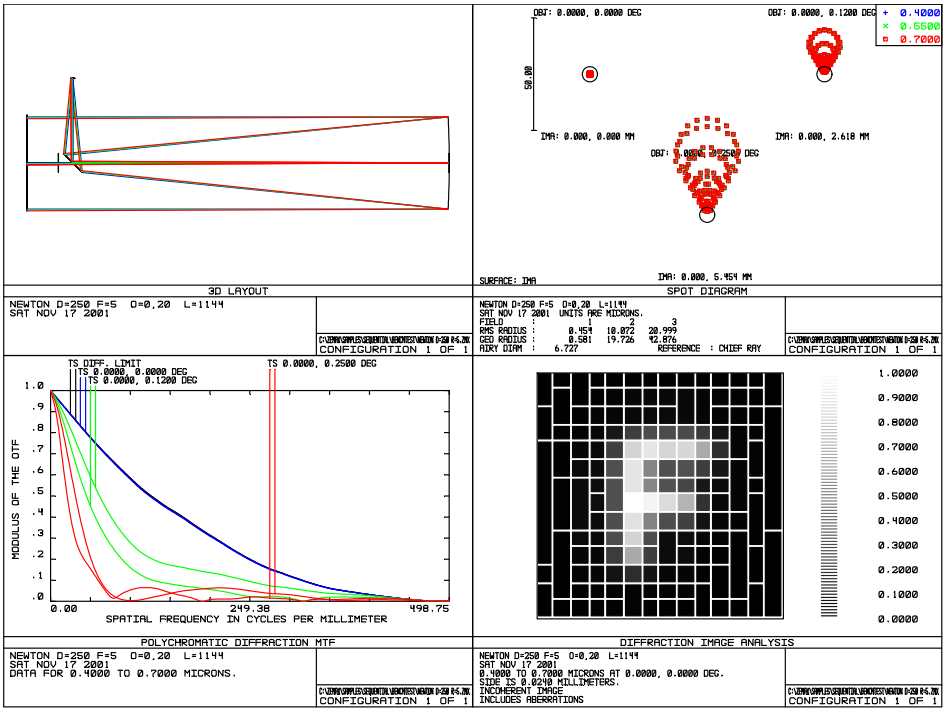
Telescopio refractor Fluorita



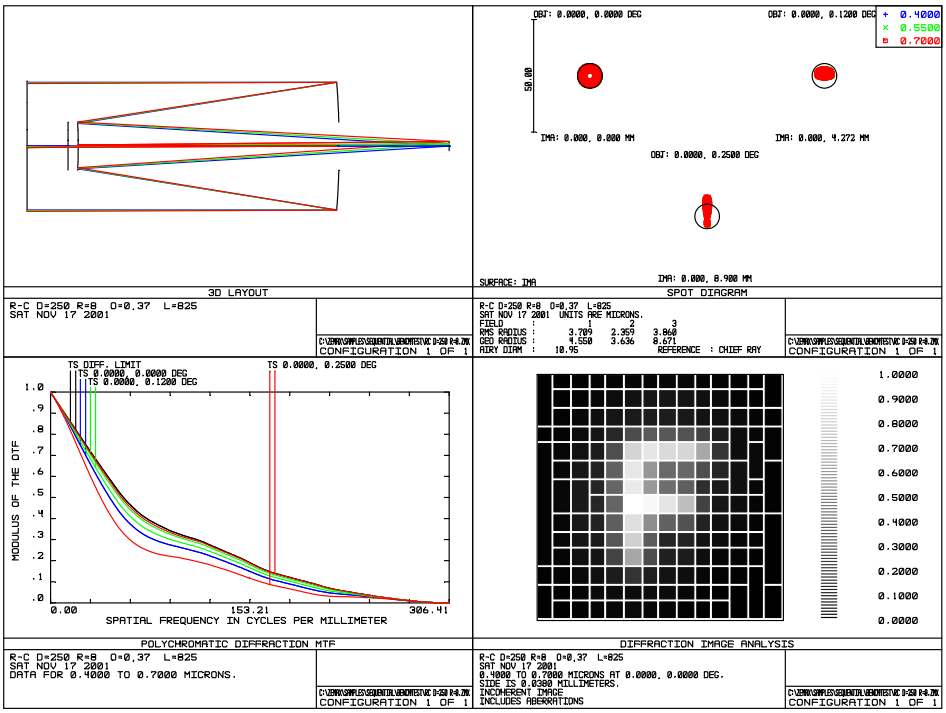
Telescopio catadióptrico Maksutov-Cassegrain



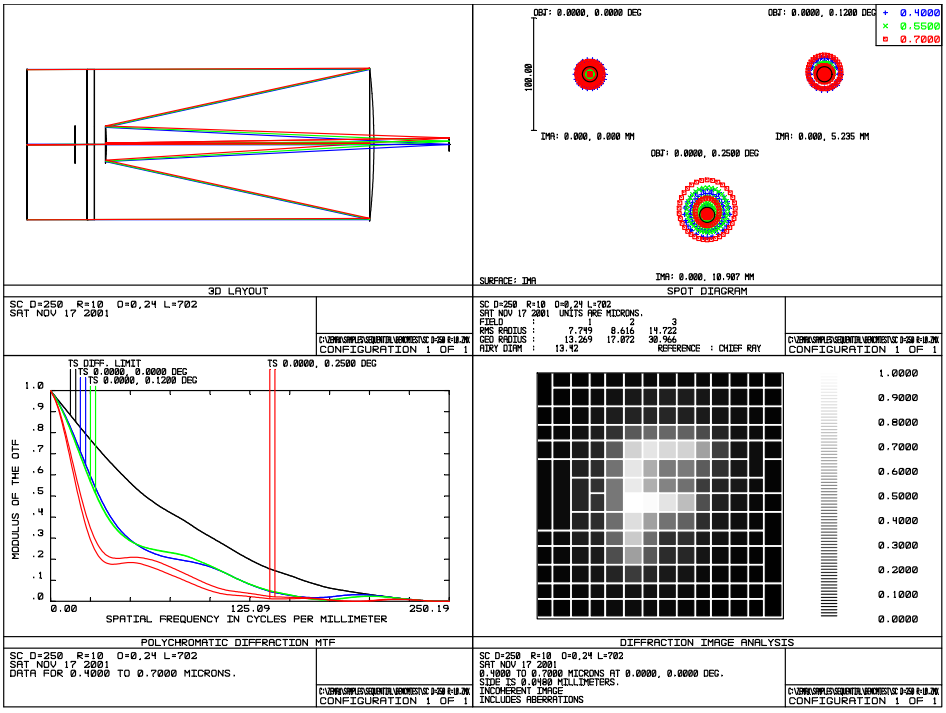
Telescopio catadióptrico Newton-Maksutov



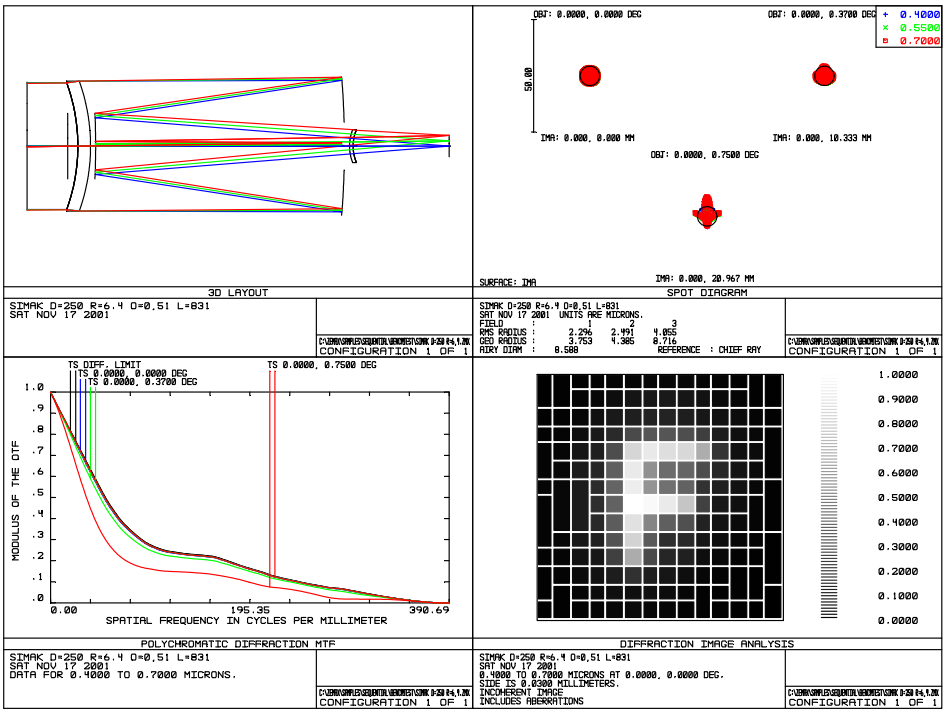
Telescopio reflector Newton



Telescopio reflector Ritchey-Cretien



Telescopio catadióptrico Schmidt-Cassegrain



Telescopio catadióptrico Simak

Se ruega citar el origen para su reproducción parcial o total. Gracias.

Joan Genebriera, Observatorio de Tacande, AAP