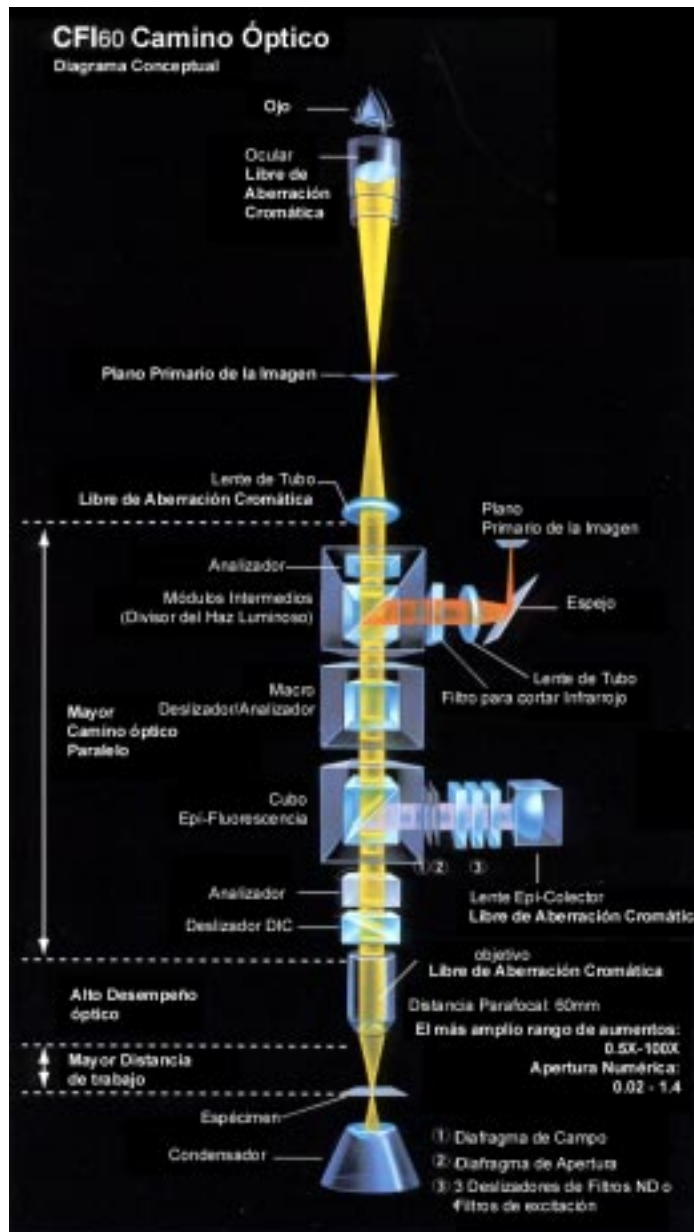


Nikon

Porque ha escogido Nikon la especificación **CFI60** 200/60/25 para los microscopios biomédicos.



Vista técnica para el diseño de la nueva serie de microscopios Eclipse **CFI60** de óptica al infinito para microscopios al infinito

Introducción.

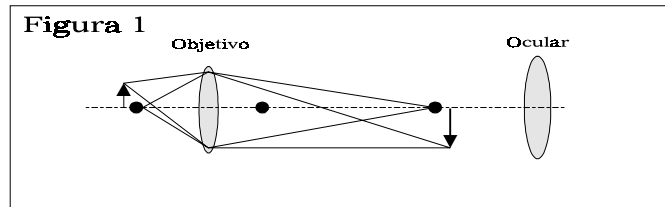
Cuando los microscopistas hablan acerca de óptica al infinito, probablemente tengan en mente el sistema de ensueño en el cual pueden hacer cualquier cosa. Algunos dirán que el desarrollo mejora cuando se usa un microscopio con sistema al infinito. De esta manera ellos concluyen que si no es un sistema al infinito, no está desarrollándose a un alto nivel. ¿Estarán todos los fabricantes tratando realmente para que esto suceda y llenar las expectativas de los usuarios.? Es cierto que la óptica al infinito mejora de manera importante la flexibilidad del sistema, pero, ¿es el desarrollo del sistema óptico infinito siempre superior al del sistema óptico finito.?

El equipo de desarrollo de Nikon para la óptica al infinito CF160, encaró esta proposición por adelantado. Ellos estudiaron arduamente las ventajas y desventajas de los otros fabricantes, y encontraron un balance óptimo entre el desarrollo óptico del sistema y su flexibilidad. Este documento le ayudará a entender el porqué de un sistema óptico al infinito, para aplicaciones biológicas, imponemos un nuevo estándar de desarrollo incorporando una longitud de tubo con una distancia focal de 200 mm, una distancia parafocal del objetivo de 60 mm, y una cuerda del objetivo con tamaño de 25 mm.

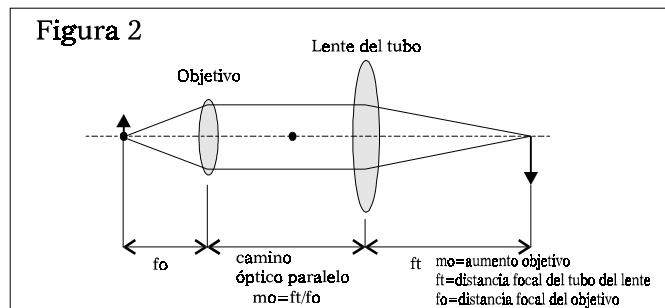


¿Porque es la distancia focal del tubo 200 mm.?

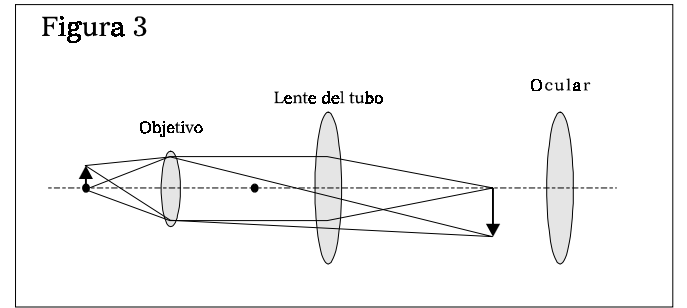
En un sistema óptico finito, después de que la luz del objeto pasa a través del objetivo, esta es dirigida hacia el plano de la imagen primaria (localizado en el punto de foco del ocular) y converge ahí. (Figura 1).



En un sistema óptico al infinito, sin embargo, la luz se convierte en un flujo de rayos paralelos después de pasar por el objetivo y no converge hasta que pasa a través del lente del tubo. (Figura 2).



Esto **no** significa que se puede obtener a una distancia al infinito después de que la luz pasa el objetivo (hasta el lente del tubo). Después de pasar a través del objetivo, la luz del objeto en el eje óptico se mueve paralela a este eje a través del eje óptico. La luz que viene de la periferia del objeto forma un flujo de luz de rayos paralelos y avanza en un ángulo diagonal al eje óptico. (Figura 3).



Debido a esto hay momentos en estos rayos de luz ya no pueden ser capturados por los lentes del tubo si la localización del lente del tubo se encuentra muy lejana al objetivo. Esto causa que la imagen cercana a los bordes del campo de observación se conviertan en oscuras ó borrosas, evitando que el microscopio se desarrolle a todo su potencial. El termino de óptica al infinito simplemente significa que la luz se convierte en un flujo de rayos paralelos después de pasar a través del objetivo, **no** que existe un espacio infinito dentro del sistema óptico.

Sí vamos a adoptar el sistema óptico al infinito para desarrollar el microscopio, necesitaremos incrementar la distancia entre el objetivo y el tubo del lente, así como incrementar la flexibilidad del sistema. Para aumentar esta distancia, nosotros hemos reducido el ángulo del flujo de los rayos paralelos fuera del eje óptico. Es un pensamiento generalizado que una mayor distancia focal para el tubo del lente hará esto, pero esta longitud tiene sus limitaciones.

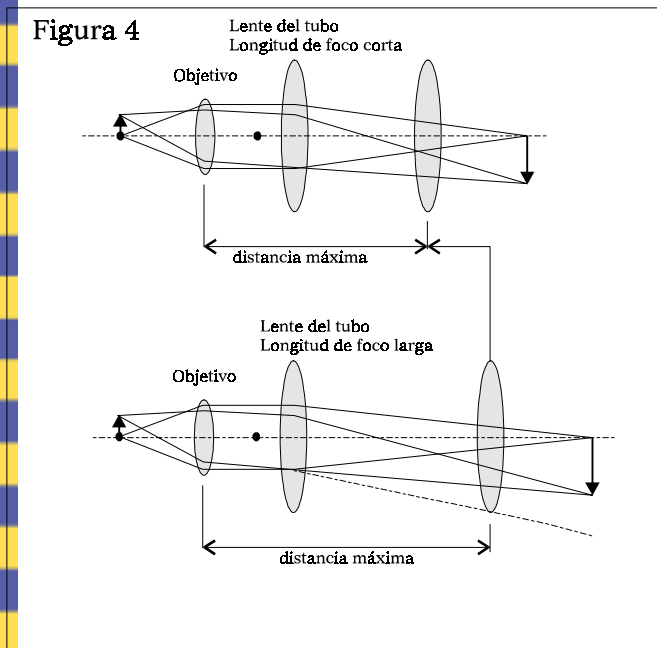
Los aumentos (m_o) del objetivo en un microscopio con sistema óptico al infinito se obtienen usando la fórmula: $m_o = \text{distancia focal del lente del tubo (ft)} / \text{distancia focal del objetivo (fo)}$ (Figura 2). Sí la distancia focal del tubo es extendida, la distancia a el plano de la imagen (al ocular) también incrementará la distancia focal del objetivo. Naturalmente, esto hace el tamaño del microscopio mayor. Teniendo esto en mente, la conclusión a la que llegamos fue que a una distancia focal de 200 mm, sería la más apropiada para el lente del tubo.

Las distancias focales adoptadas por otros fabricantes es la siguiente:

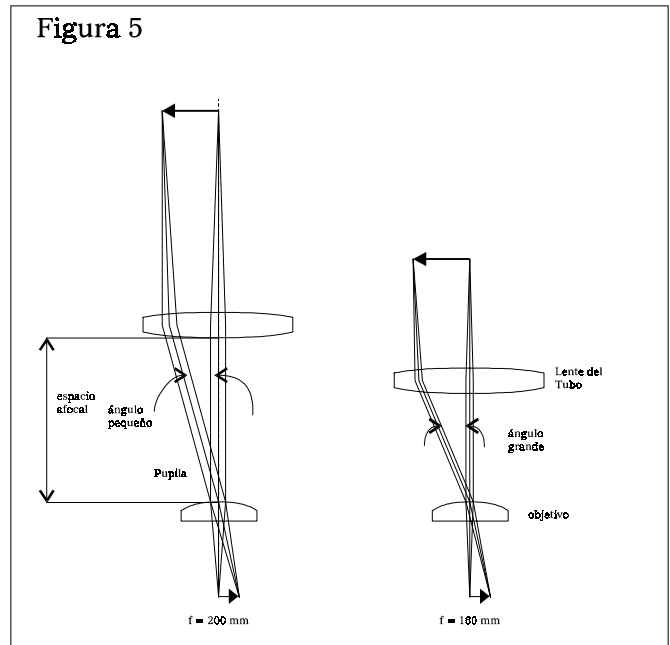
Zeiss:	160 mm
Olympus:	180 mm
Leica:	200 mm

Para obtener del mismo tamaño una imagen de un objeto localizado lejos del eje óptico, la mayor distancia focal del lente del tubo produce un ángulo menor de luz en contra del

eje óptico. Los rayos de luz no se dispersan hacia afuera así la distancia entre el lente del tubo y el objetivo se puede aumentar aumentando el potencial de la flexibilidad del sistema. (Figura 4).



Este diseño tiene ciertas ventajas ópticas. Como se muestra en la Figura 5, cuando el lente del tubo de 160 mm y 200 mm comparan la distancia focal, el lente de 200 mm produce un flujo de rayos de luz fuera del eje con un ángulo más pequeño. En este contexto, los rayos que pasen a través del anillo de fase en un aditamento de contraste de fase, el prisma DIC en un aditamento de DIC Nomarski, producen **menor** movimiento entre la luz de los elementos paralelos al eje óptico y de aquellos diagonales a este, así los accesorios trabajan con mayor eficiencia. Esta es una gran ventaja óptica, y también un factor primario que contribuye a un mejor nivel de contraste en la microscopía de epifluorescencia.



II.

¿Porque la distancia parafocal de 60 mm.?

Una vez que la distancia focal del lente del tubo se colocó a 200 mm, la distancia parafocal del objetivo tuvo que incrementarse del estándar de 45 mm.

Como se explicó en la sección I, la distancia focal del objetivo también se incrementó para poder preservar los mismos aumentos, y ya que 45 mm, no provee espacio óptimo en este diseño, no se puede obtener una imagen de alta calidad. En la práctica, el objetivo CF N Plan Apo 60X de inmersión en aceite, con una distancia mecánica de trabajo de 160 mm, se creía que era lo último en objetivos finitos, se encuentra repleto de lentes en un espacio limitado de 45 mm. Cuando este sistema finito es reemplazado con un sistema al infinito y el objetivo se divide en el objetivo y el lente del tubo, la distancia focal del lente del tubo se convierte en el equivalente aproximado de 150 mm. Con estas bases, podemos calcular la distancia parafocal para proveer un desarrollo óptico que sobrepase el del sistema finito como a continuación se indica:

La distancia parafocal del sistema finito = 45 mm; para una distancia focal del tubo de 150 mm, la distancia parafocal del sistema al infinito = x; y la distancia focal del tubo = 200 mm. Para resolver esta proporción, si $45 : 150 = x : 200$, entonces $x = 60$ mm. Por lo tanto, si la distancia focal del tubo = 200 mm, la distancia parafocal óptima para los objetivos tiene que ser 60 mm.

Zeiss, Olympus y Leica, han puesto la distancia parafocal de sus objetivos en su sistema al infinito a 45 mm:

Zeiss: Para $45 : 150 = x : 160$, $x = 48$ mm
(Por lo tanto 45 mm es 3 mm más corto)

Olympus: Para $45 : 150 = x : 180$, $x = 54$ mm

(Por lo tanto 45 mm es 9 mm más corto)

Leica: Para $45 : 150 = x : 200$, $x = 60$ mm)

(Por lo tanto 45 mm es 15 mm más corto).

Estos resultados muestran que es imposible para estos microscopios, producidos por otros fabricantes, explotar el potencial completo de sus objetivos.

Ya que la distancia de trabajo (D. T.) también aumenta para corresponder la mayor distancia focal del objetivo, los fabricantes que usan una distancia parafocal de los objetivos de 45 mm se encuentran en desventaja en no poder utilizar las largas distancias obtenidas por Nikon.

Usando el objetivo Plan Apo 60X de inmersión en aceite (A. N. 1.40) la comparación de los objetivos, hemos visto las D. T. De otros fabricantes como a continuación se listan:

Nikon:	0.21 mm
Olympus:	0.1 mm
Zeiss:	0.09 mm
Leica:	0.06 mm.

Esto muestra las diferencias que existen en la habilidad para colocar varios especímenes así como la facilidad de operación.

Los lentes de bajo poder demandan un trabajo específico. Si el aumento del objetivo es de 1X, la fórmula " $m = f_t / f_o$ " usada en la sección I muestra que **la distancia focal del objetivo y la del lente del tubo tiene que ser la misma.**

En el caso de Nikon, para poder obtener una distancia focal perfecta de 200 mm, una distancia parafocal de 45 mm hubiese dejado muy poco espacio en el diseño. Incrementado esta distancia a 60 mm, un factor de aumento de 1X se puede obtener y gracias a este cambio revolucionario, se puede utilizar un objetivo con tan bajos aumentos como 0.5 X.

Los aumentos más bajos ofrecidos por Zeiss y Olympus es de 1.25X, y Leica, 1.6X ninguno de ellos ha producido aún un objetivo de 1X.

III.

¿Porque usar una cuerda de 25 mm para el objetivo.?

Cuando se incremento la distancia focal del tubo, también se debió aumentar la distancia focal del objetivo. Existe un limite al diámetro de la pupila del objetivo (diámetro efectivo sobrante después del limite de la cuerda del objetivo), entonces no se puede obtener una mayor apertura numérica (A. N.) Por lo tanto la A. N. de los lentes de bajos aumentos es altamente afectada.

Hoy en día, otros fabricantes usan una cuerda de 20.32 mm, pero como mencionamos anteriormente, Nikon usa 25 mm lo que nos permite obtener grandes A. N.

Originalmente la brillantez de un lente de foto (F) se expresaba con la siguiente formula:

$F = f / D$ [f: distancia focal del lente; D diámetro efectivo]

Ya que la A. N. Del microscopio corresponde al valor F de un lente de foto, la brillantez puede ser expresada con la formula:

$$F = 1 / (2 A. N.)$$

El diámetro efectivo necesita desarrollar la A. N. Que se puede encontrar usando esta formula. En otras palabras, el tamaño efectivo de la pupila del objetivo (diámetro efectivo en el lado de salida) se expresa como:

$$D = 2 A. N. \times f$$

Por ejemplo, para encontrar el diámetro efectivo del objetivo CFI Plan Apo 4X (A. N. 0.2), con la mayor (brillantez) A. N.; dada la distancia focal del objetivo de 50 mm, y donde la distancia focal del lente del tubo es 200 mm, se hace el siguiente cálculo:

$$D = 2 \times 0.2 \times 50 = 20 \text{ mm (diámetro óptico)}$$

Esto muestra que la cuerda convencional de 20.32 mm no se puede usar físicamente.

La siguiente tabla muestra los varios diámetros requeridos para el diseño de los objetivos 4X con A. N. basado en la distancia focal del lente del tubo, por fabricante.

Compañía	Lente de Tubo FL	Obj. 4X FL	
Zeiss	160 mm	40 mm	16 mm
Olympus	180 mm	45 mm	18 mm
Leica	200 mm	50 mm	20 mm

Esto muestra el tipo de problemas de diseño al que se enfrentan otros fabricantes cuando usan el tamaño de cuerda convencional de 20.32 mm. Las aperturas numéricas actuales de los objetivos 4X Plan Apo es como sigue:

Zeiss	A. N. 0.16
Olympus	A. N. 0.16

Leica no tiene un producto aplicable (aun cuando la cuerda del objetivo es de 25 mm). Por lo tanto no podemos ver ningún fabricante que siquiera se acerque a la A. N. De Nikon de 0.20 que es la mayor en la industria.

Como se mostró, para obtener una gran apertura numérica requiere de un diámetro de pupila grande. Entre mayor sea la distancia focal del lente del tubo, será mayor la necesidad de agrandar el tamaño de la cuerda del objetivo. Nikon ha solventado este problema seleccionando una cuerda de 25 mm de tamaño para el sistema óptico al infinito CFI.

IV.

En conclusión.

Confiamos en que estas explicaciones acompañadas de ejemplos específicos le hallan ayudado a entender porque la distancia focal del lente del tubo de 200 mm es considerada como optima para el uso de un sistema óptico al infinito y porque se pueden obtener las mas altas especificaciones con un objetivo con distancia parafocal de 60 mm y cuerda de 25 mm.

Aun cuando JIS (Estándares Industriales Japoneses, por sus siglas en ingles Japanese Industrial Standards) y otros estándares convencionales han estado siguiendo distancias

mecánicas, la adopción de ópticas al infinito ha necesitado un sacrificio en compatibilidad con los sistemas convencionales.

Esto, en lugar de orillarse a las dimensiones convencionales, Nikon sintió que su verdadera labor era crear productos que los usuarios necesitan para las tecnologías de punta en microscopía que se aplican actualmente. Innovaciones en ingeniería, manufactura, control de calidad, inspección y producción, han contribuido en el advenimiento de la serie de sistemas ópticos CFI60 de Nikon.

Febrero 1997

© 1997 NIKON CORPORATION

