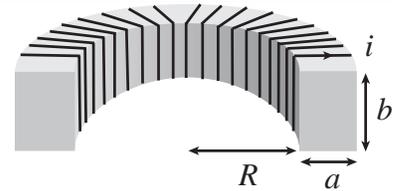


## Parte 7

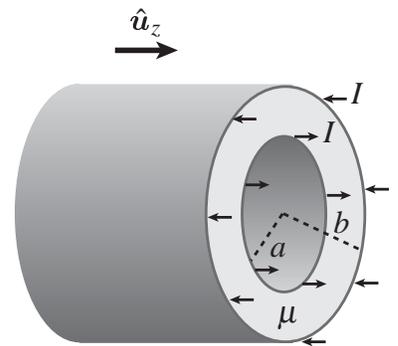
**37.** Se tiene un embobinado de  $N$  vueltas muy apretadas en forma de toroide con radio interno  $R$  y sección rectangular de lados  $a$  y  $b$ . El interior del toroide está lleno de una sustancia con permeabilidad  $\mu$ . Por el embobinado circula una corriente  $i$ .



**a.** Calcule los vectores intensidad de campo magnético  $\mathbf{H}$ , inducción magnética  $\mathbf{B}$  y magnetización  $\mathbf{M}$  dentro del toroide.

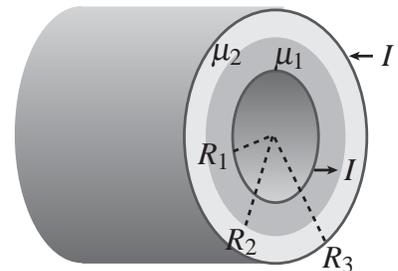
**b.** Calcule cómo está distribuida y cuánto vale la corriente ligada que circula en el interior del toroide.

**38.** En la figura se muestra la sección de un cable coaxial compuesto por dos conductores cilíndricos muy delgados de radios  $a$  y  $b$ , de longitud infinita, por los cuales circula una corriente  $I$ . El espacio entre los conductores está lleno con una sustancia magnética de permeabilidad  $\mu$ .



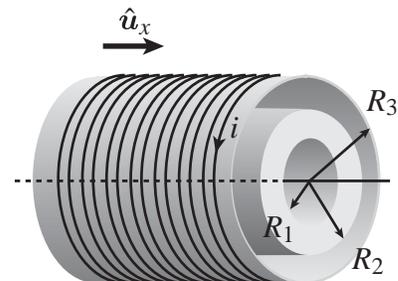
Halle los vectores  $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{M}$  y la corriente ligada, en la región  $a \leq r < b$ .

**39.** Un cable coaxial está formado por dos cilindros muy delgados conductores de radios  $R_1$  y  $R_3$ . El espacio comprendido entre los dos conductores está relleno por dos sustancias magnéticas de permeabilidades  $\mu_1$  y  $\mu_2$ , con superficie de separación en  $R_2$ .



Halle los vectores  $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{M}$  en  $R_1 < r < R_3$  y la corriente ligada en  $r = R_2$ .

**40.** Un solenoide recto infinito tiene radio  $R_3$  y  $n$  vueltas por unidad de longitud. Por el alambre enrollado circula una corriente  $i$ . En el interior del solenoide y coaxial con éste, se encuentra un cilindro de radios  $R_1$  y  $R_2$ , de un material con permeabilidad magnética  $\mu$ .



**a.** Halle los campos  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{H}$  y  $\mathbf{M}$  en todos los puntos del espacio.

**b.** Halle el valor y distribución de las corrientes ligadas. Haga un dibujo.

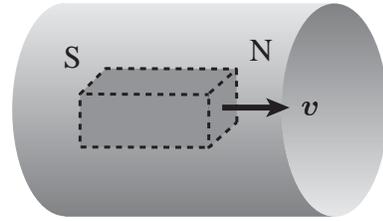
**41.** Se lanza un imán con velocidad  $v$  por un largo tubo horizontal de cobre. Desprecie la resistencia del aire y de las paredes.

**a.** Dibuje las líneas de campo magnético del imán.

**b.** ¿Se forman corrientes de Foucault?

**c.** ¿Qué sucede con la energía cinética del imán? ¿Aumenta o disminuye? ¿De dónde proviene o a dónde va la energía que gana o pierde el imán?

---



## Parte 8

**42.** Una onda electromagnética plana se propaga en el vacío en dirección del eje  $z$  negativo. La onda de campo eléctrico en el origen es

$$\mathbf{E} = -2 * 10^8 \hat{u}_x \cos(\pi * 10^6 t \text{ rad/s}) \text{ V/m.}$$

- a. Halle la longitud de onda  $\lambda$  y la frecuencia  $\nu$ .
- b. Halle las ondas de campo eléctrico y magnético y determine el valor medio del vector de Poynting.

**43.** Una onda electromagnética plana, polarizada linealmente y de frecuencia angular  $\omega$  se propaga en un medio de índice de refracción  $\eta = 3/2$  en dirección dada por el vector  $\mathbf{A} = 3\hat{u}_y + 4\hat{u}_z$ . El vector campo eléctrico está en el plano  $yz$  y su módulo máximo es  $E$ . En  $t = 0$  la componente  $z$  del campo eléctrico toma su valor máximo y positivo en el origen.

- a. Calcule la velocidad de la onda, la longitud de onda y el vector número de onda.
- b. Halle los vectores campo eléctrico y magnético de la onda.
- c. Halle el vector de Poynting y su valor medio.

**44.** Una onda electromagnética plana polarizada linealmente, se desplaza en un medio de índice de refracción desconocido y tiene un vector campo eléctrico dado por

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{E}_0 \cos \left[ \frac{W}{c} (x - 2y + 2z - ct) + \frac{\pi}{3} \right]$$

donde  $W$  es conocida,  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío y  $\mathbf{E}_0$  (la amplitud vector de la onda eléctrica) es desconocida aunque se sabe que  $\mathbf{E}_0$  se encuentra en el plano  $xy$ . Suponga que al instante  $t = 0$  la componente  $x$  del campo eléctrico en el origen tiene un valor  $E$  conocido.

- a. Halle el vector número de onda, la longitud de onda, la velocidad de propagación de la onda y el índice de refracción del medio.
- b. Determine los vectores campo eléctrico y magnético de la onda.
- c. Si la onda sale del medio al vacío diga cuánto valen, en el vacío, su longitud de onda y su frecuencia.

**45.** Una onda electromagnética plana, polarizada linealmente y que se propaga en cierto medio, tiene un campo magnético dado por

$$\mathbf{B} = B_0 \hat{u}_y \cos \left[ \frac{2\omega}{c} (4x - 3z) + \omega t \right].$$

Halle el vector número de onda  $\mathbf{k}$ , la longitud de onda, el índice de refracción del medio y la componente eléctrica de la onda.

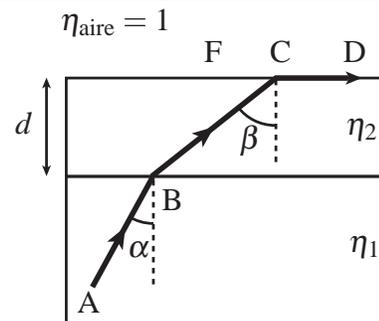
## Parte 9

**46.** Llenar la siguiente tabla. Cada columna se refiere a un espejo esférico. Si un número no está precedido de un signo + o - significa que puede tener cualquier signo.

$f$  es la posición del foco.  $r$  es el radio del espejo.  $i$  es la posición de la imagen.  $o$  es la posición del centro.  $m$  es el aumento de la imagen (+ si es derecha y - si es invertida).

| tipo      | cóncavo | plano | cóncavo | cóncavo | convexo | convexo | convexo | cóncavo |
|-----------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $f$       | 20      |       | +20     |         |         | 20      |         |         |
| $r$       |         |       |         |         | -40     |         | 40      |         |
| $i$       |         |       |         |         | -10     |         | 4       |         |
| $o$       | +10     | +10   | +30     | +60     |         |         |         | +24     |
| $m$       |         | +1    |         | -1/2    |         | +0,10   |         | 1/2     |
| ¿real?    |         | no    |         |         |         |         |         |         |
| ¿derecha? |         |       |         |         |         |         |         | no      |

**47.** La figura muestra dos cristales superpuestos, de índices de refracción desconocidos  $\eta_1$  y  $\eta_2$ , inmersos en aire. El cristal 2 es una lámina plana de espesor  $d$ . El rayo AB se refracta según BCD donde los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  ( $\beta > \alpha$ ) son conocidos y el rayo CD sale al aire rasante a la superficie del cristal 2. El punto F es la intersección de la prolongación del rayo AB y la interface aire-cristal 2.

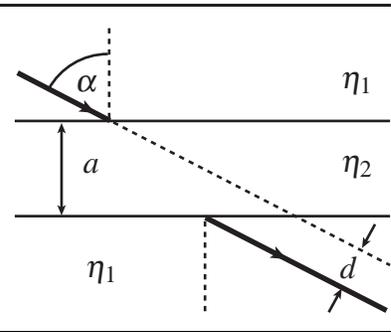


- a. Halle  $\eta_1$  y  $\eta_2$ .
- b. Calcule la separación entre los puntos F y C.
- c. Explique qué ocurre con el rayo CD si:
  - c1. aumenta ligeramente el ángulo  $\alpha$ .
  - c2. disminuye ligeramente el ángulo  $\alpha$ .

c3. se cambia el cristal 2 por otro de la misma forma pero con distinto índice de refracción.

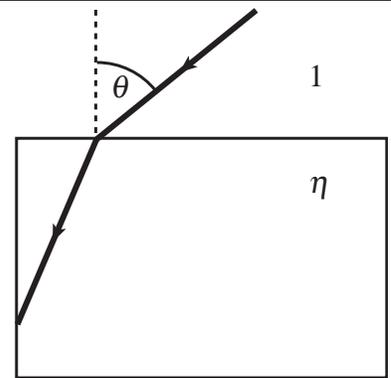
48. La figura muestra un medio de índice de refracción  $\eta_2$ , limitado por caras planas paralelas, de espesor  $a$ , inmerso en otro medio de índice  $\eta_1$ , ( $\eta_1 < \eta_2$ ).

Demuestre que para un rayo que atraviesa el medio 2, la dirección de propagación del rayo emergente es paralela a la del rayo incidente. Calcule el desplazamiento lateral  $d$  de los rayos para un ángulo de incidencia  $\alpha$ . Demuestre que para  $\alpha$  pequeño se cumple que  $d \approx a\alpha(\eta_2 - \eta_1)/\eta_2$ .

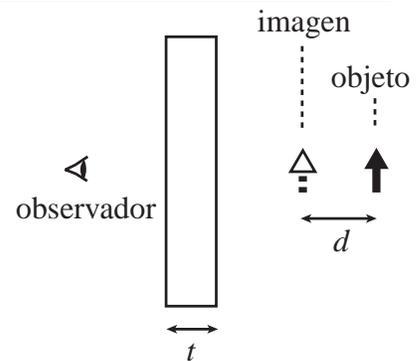


49. Un rayo de luz llega a una placa cuadrada de cristal, como muestra la figura.

¿Cuál debe ser el índice de refracción del cristal para que ocurra reflexión total interna en la cara vertical?



50. ¿Qué espesor  $t$  debe tener una lámina de vidrio de caras paralelas, que se interpone entre un objeto y el observador, si la imagen se ve una distancia  $d$  más cerca? El índice de refracción del vidrio es 1,5.



51. Una vela se encuentra a 10 cm de un espejo esférico. Su imagen es virtual y tres veces mayor.

- a. Calcule la posición de la imagen y del foco.
- b. ¿Qué tipo de espejo es? ¿La imagen es derecha o invertida?
- c. Haga un dibujo de la situación mostrando los tres rayos principales.

52. (Ecuación de Newton).

Considere un espejo esférico. Si llamamos  $x_{ob}$  y  $x_i$  a las posiciones del objeto y de la imagen respecto al foco, demuestre que la ecuación de Descartes conduce a la ecuación

$$f^2 = x_{ob}x_i \quad \text{Ecuación de Newton.}$$

53. Determine la distancia focal y el tipo de espejo esférico si a un objeto colocado a 1,20 m del espejo corresponde una imagen

- a. real y a 0,80 m del espejo.

**b.** virtual y 3 veces más pequeña que el objeto.

Haga un dibujo de ambas situaciones.

**54.** Determine el radio y el tipo de espejo esférico si un objeto colocado a 2 m del espejo corresponde a una imagen

**a.** virtual y a 3,80 m del espejo.

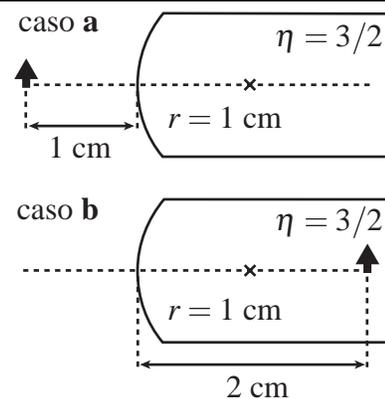
**b.** real y dos veces más grande que el objeto.

Haga un dibujo de cada situación.

**55.** ¿Qué altura mínima debe tener un espejo plano y a qué distancia del piso debe estar colocado, para que una persona pueda observar su imagen completa?

**56.** Las figuras muestran una superficie refringente de 1 cm de radio que separa aire de un medio con  $\eta = 3/2$ , y un pequeño objeto.

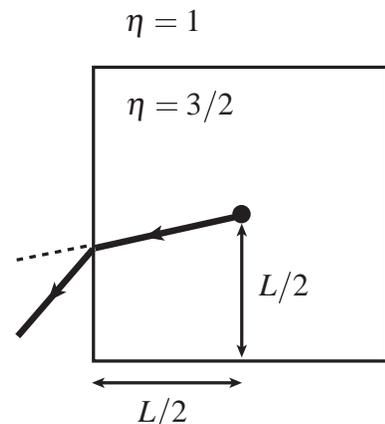
Para cada uno de los casos **a** y **b** halle la posición de la imagen y su aumento. Estudie si la imagen es real o no. Halle dónde debería estar un observador que desee captar la imagen.



**57.** Un cubo de cristal tiene una manchita en su centro. Suponga una arista  $L = 1$  cm y un índice de refracción  $\eta = 3/2$ .

¿Qué partes de la cara del cubo deben taparse para impedir que la mancha se vea, cualquiera sea la cara en que se la busque?  
¿Qué fracción de la superficie del cubo tendrá que taparse en esa forma?

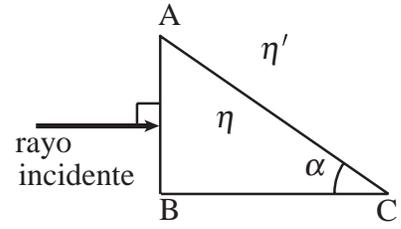
NOTA. No tome en cuenta el comportamiento subsecuente de los rayos que sufran reflexión interna.



**58.** Una esfera de vidrio de radio  $R$  contiene una pequeña burbuja de aire a  $2R/3$  del centro. El índice de refracción del vidrio es  $3/2$ .

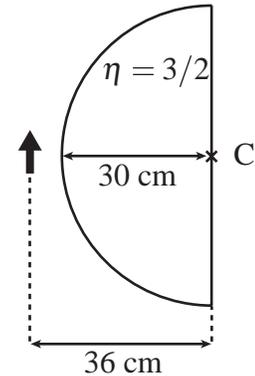
Hallar la posición y el aumento de la imagen de la burbuja vista por una persona que mira de uno u otro lado según la línea que une el centro de la esfera con la burbuja.

59. Un rayo de luz incide normalmente sobre la cara AB de un prisma de cristal (índice de refracción  $\eta$ ). El prisma está en un medio con índice  $\eta' < \eta$ .



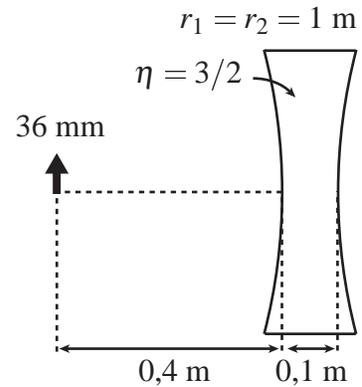
Encontrar el ángulo  $\alpha$  para el cual el rayo es totalmente reflejado en la cara AC.

60. La figura muestra una lente gruesa de vidrio (índice de refracción  $\eta = 3/2$ ). La lente tiene forma de semiesfera de 30 cm de radio, siendo el punto C el centro de la esfera. A la izquierda de la lente a 36 cm del punto C y sobre el eje principal, se coloca un objeto de 9 cm de altura.



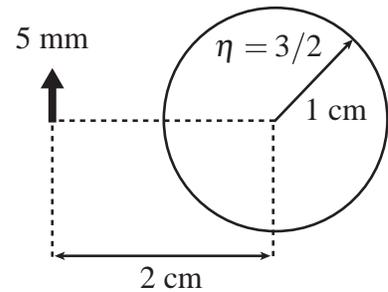
Halle las posiciones y los tamaños de las imágenes vistas por dos detectores, uno en el interior de la lente y otro a la derecha de la misma. Las imágenes ¿son reales o virtuales?, ¿son derechas o invertidas? Haga un dibujo donde aparezcan el objeto, la lente, las dos imágenes y las distancias de las imágenes al punto C.

61. La figura muestra una lente gruesa de índice de refracción  $\eta = 3/2$ . Sus superficies pulidas son esféricas, de radio 1 m cada una y con una separación  $d = 0,1$  m entre sus vértices. Un objeto de 36 mm de altura se encuentra a la izquierda de la lente, a una distancia de 0,4 m de la misma y sobre el eje principal.



Halle las posiciones y los tamaños de las imágenes vistas por dos detectores, uno en el interior de la lente y otro a la derecha de la misma. Las imágenes ¿son reales o virtuales?, ¿son derechas o invertidas? Dibuje aproximadamente las posiciones de la lente, el objeto y las imágenes.

62. Una esfera sólida de vidrio tiene radio  $R = 1$  cm e índice de refracción  $\eta = 3/2$ . Un objeto de 5 mm de altura se coloca a la izquierda de la esfera y a una distancia de 2 cm del centro de la misma. Un observador a la derecha de la esfera capta la luz, refractada por la esfera, proveniente del objeto.



Halle el tamaño de la imagen vista por el observador y su posición respecto al centro de la esfera. La imagen ¿es real o virtual?, ¿es derecha o invertida? Muestre la imagen en el dibujo adjunto.

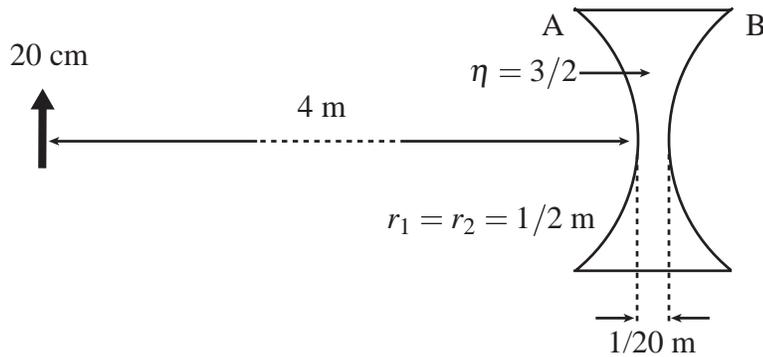
63. Una lente de ancho  $d = 1/20$  m e índice de refracción  $\eta = 3/2$  tiene dos superficies esféricas A y B, como en la figura, de radio 1/2 m cada una.

a. ¿A qué distancia de B se encontrará la imagen vista por un observador a la derecha de B? (Emplee la aproximación de rayos paraxiales). El objeto está a 4 m de la superficie A.

b. Si el objeto es de 20 cm ¿de qué tamaño es la imagen?, ¿es real o virtual?, ¿es derecha o

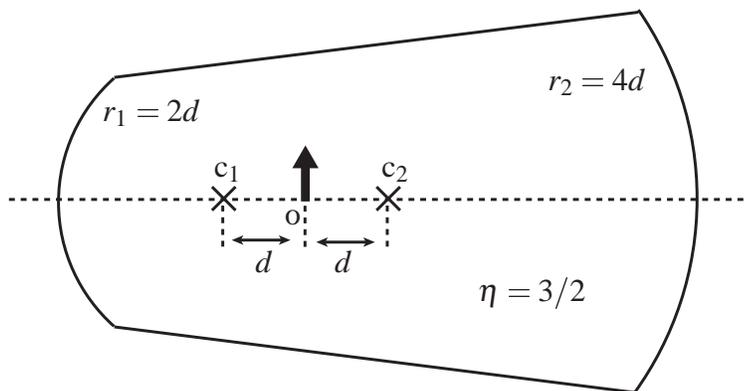
invertida?

NOTA. Dé sus respuestas numéricas en metros, con tres decimales.



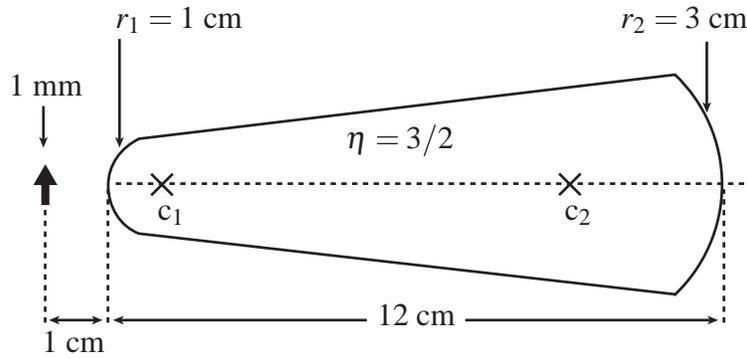
**64.** Un trozo de cristal cuya forma se muestra en la figura se coloca inmerso en el aire. Los dos extremos del cristal son superficies esféricas pulidas, de radios  $r_1 = 2d$  y  $r_2 = 4d$ . Un pequeño objeto de cierta altura se encuentra en la línea que une los dos centros de curvatura, a una distancia  $d$  de ambos centros. El índice de refracción del cristal es  $\eta = 3/2$ .

Determine la imagen que se forma para observadores tanto hacia la derecha como hacia la izquierda del cristal, y el aumento en cada caso.

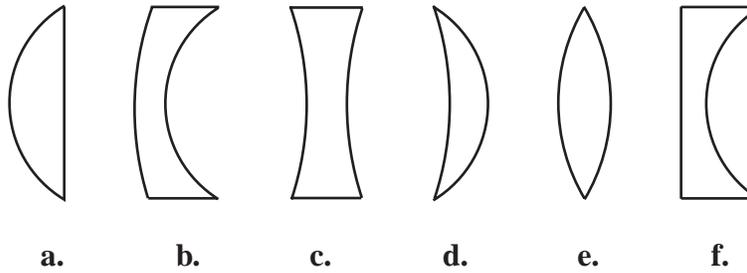


**65.** Una varilla de vidrio de 12 cm de largo e índice de refracción  $3/2$ , tiene sus extremos pulidos en forma esférica convexa de radios  $R_1 = 1$  cm y  $R_2 = 3$  cm. Un objeto de 1 mm de altura está situado en el aire sobre el eje que une los centros de las superficies refringentes a una distancia de 1 cm del extremo de radio  $R_1$ .

- Halle la posición y el tamaño de la imagen debida a la refracción de la primera superficie. ¿Dónde debería estar un observador que desee captar dicha imagen? ¿La imagen es real o virtual?
- Halle la posición y el tamaño de la imagen debida a la refracción en ambas superficies. ¿Es real o virtual la imagen final? ¿Dónde debe estar el observador?
- Haga un dibujo de toda la situación.

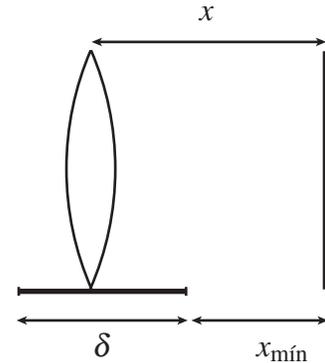


66. Explique cuáles de las lentes de la figura son convergentes y cuáles divergentes para rayos de luz paralelos al eje de cada una de ellas.



67. (Cámara fotográfica simplificada).

Consideremos un sistema formado por una lente y una película fotográfica. La lente puede ser apartada del plano de la película deslizándola en su montura una distancia  $\delta = 5 \text{ mm}$ . Cuando la lente se enfoca hacia un objeto en el infinito la distancia entre la lente y la película es la mínima posible. Suponga que la distancia focal de la lente es  $f = 500 \text{ mm}$ .



- Calcule la distancia mínima entre la lente y la película.
- ¿Cuál es el objeto más cercano que se puede fotografiar claramente con esta cámara?