

TEMA

11

# Espejos esféricos



**Resultado de aprendizaje:** Comprueba las leyes de la óptica geométrica a la formación de imágenes en espejos esféricos con el fin de resolver problemas usando la ecuación del espejo.

# Tipos de espejos esféricos

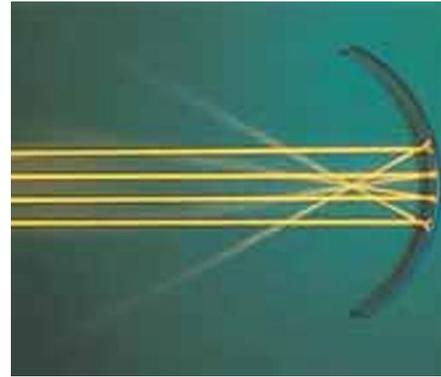
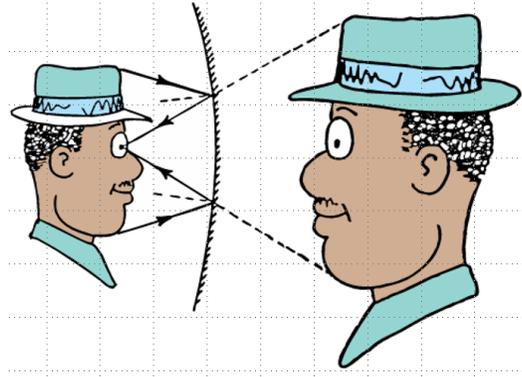
En la vida cotidiana existen diversas aplicaciones donde se requiere que la imagen y el objeto sean de diferente tamaño.

Un espejo de aumento para aplicar maquillaje proporciona una imagen más grande que el objeto, y los espejos de vigilancia (que se utilizan en los comercios para identificar a los ladrones) forman una imagen más pequeña que el objeto. También hay aplicaciones de espejos en las cuales es deseable una imagen real, de modo que los rayos luminosos pasen en efecto por el punto de imagen.

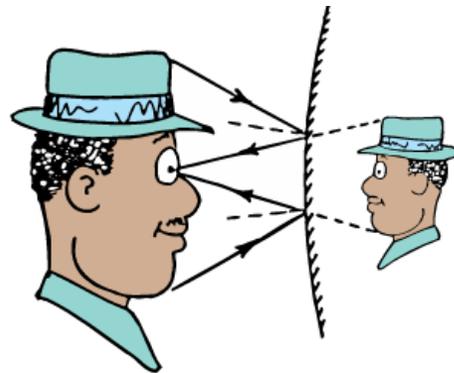
Por sí mismo, un espejo plano no puede realizar ninguna de esas tareas. Por ello, se utilizan **espejos esféricos o curvos**.



Un **espejo cóncavo** es aquel cuyas imágenes se ven más grandes y que están más lejos que el objeto.

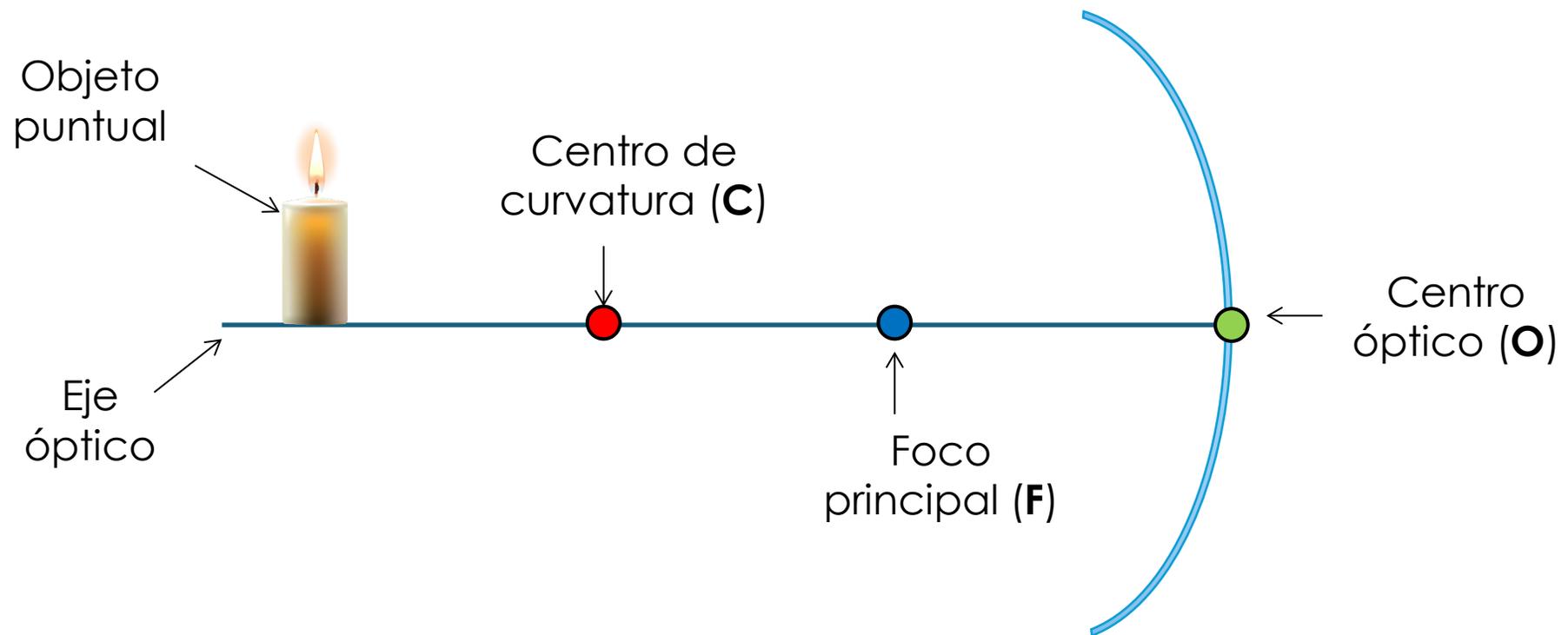


Un **espejo convexo** es aquel cuyas imágenes se ven más pequeñas y que están más cerca que el objeto.

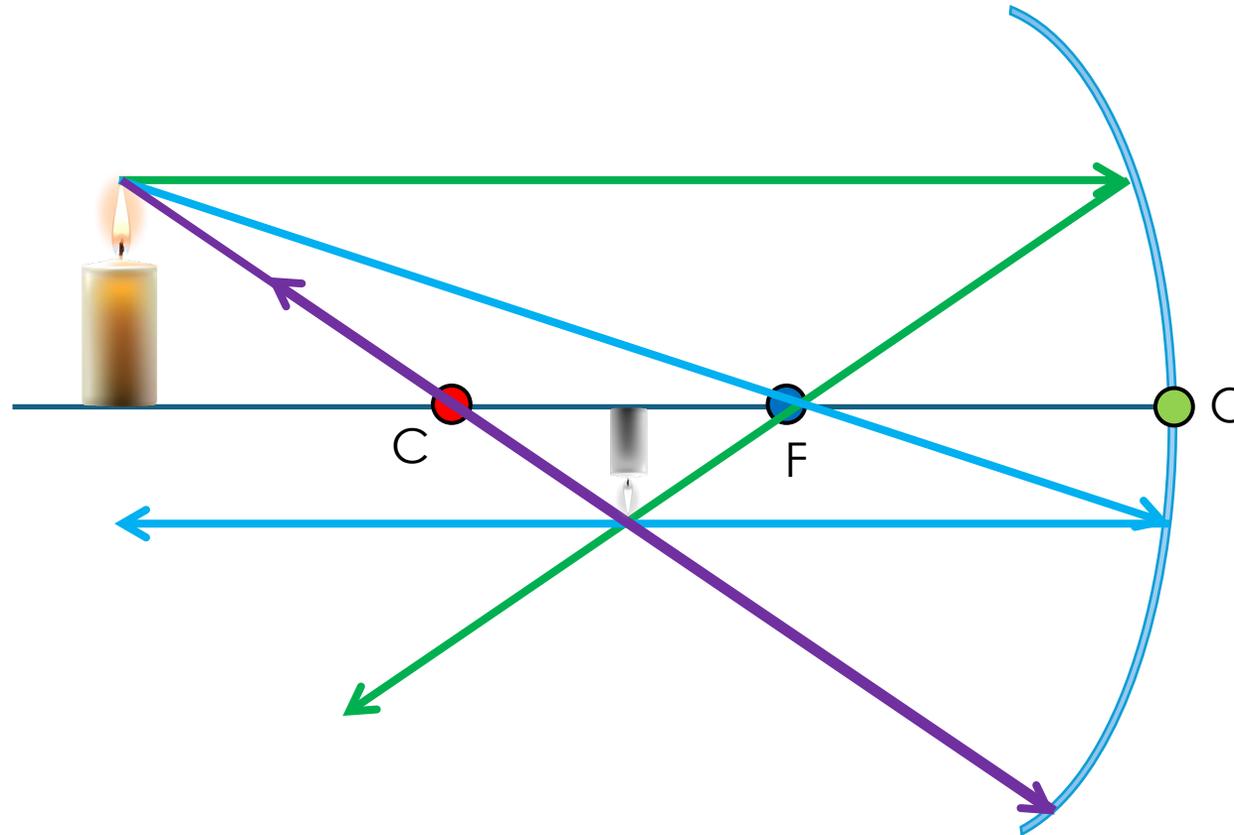


# Imágenes formadas por espejos esféricos

Para comprender las imágenes que se forman en un espejo esférico, se deben conocer sus elementos:



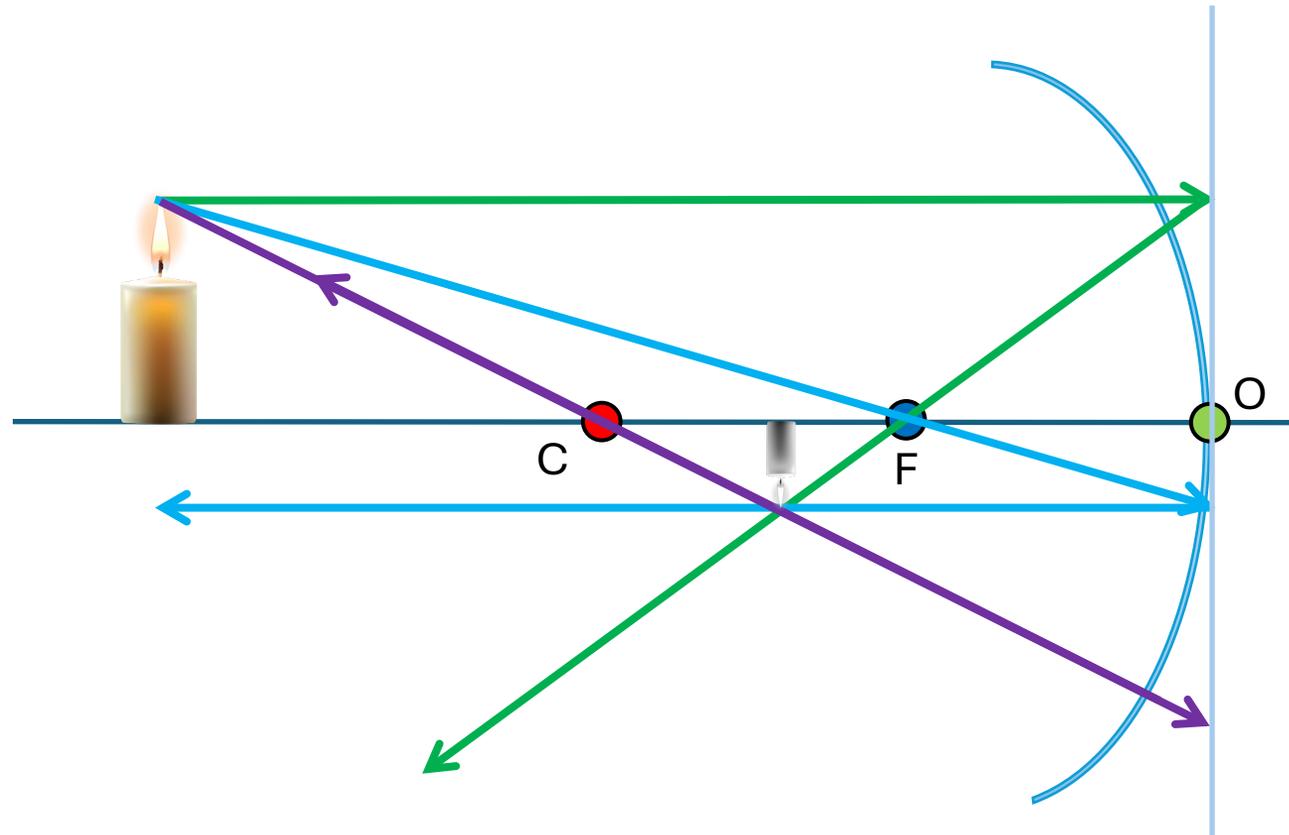
Asimismo, se deben conocer los **rayos paraxiales** considerados en la formación de imágenes para espejos esféricos y lentes delgadas:



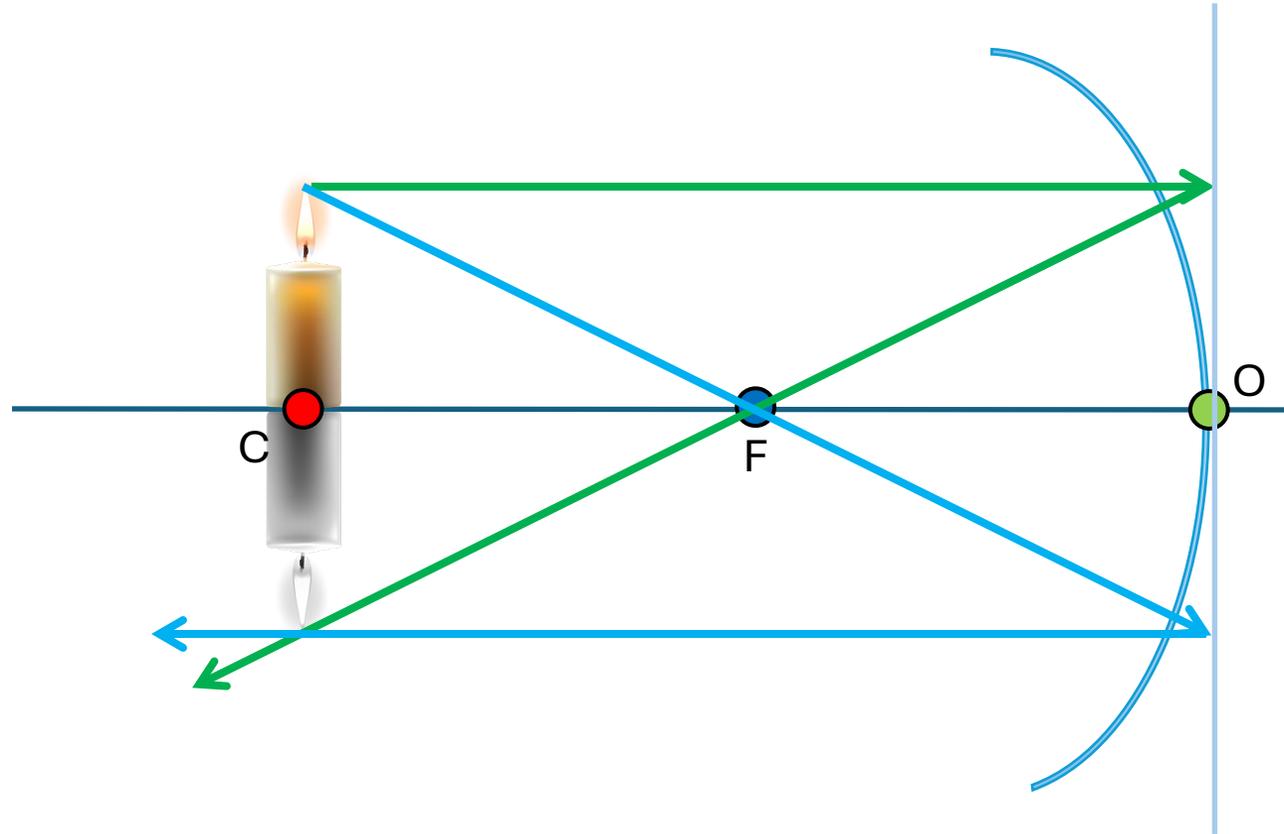
- Un rayo paralelo al eje principal que va al espejo y luego al foco.
- Un rayo que pasa por el foco y se refleja paralelamente al eje principal.
- Un rayo que pasa por el centro de curvatura y se refleja sobre si mismo.

Las imágenes en un espejo cóncavo dependen de la posición donde se encuentre el objeto en comparación con los elementos del espejo y se forman perpendicularmente al eje óptico, donde se crucen *al menos* dos de los rayos.

**Caso 1:** Si el objeto puntual se coloca a la izquierda del centro de curvatura, *la imagen es real, invertida y de menor tamaño.*

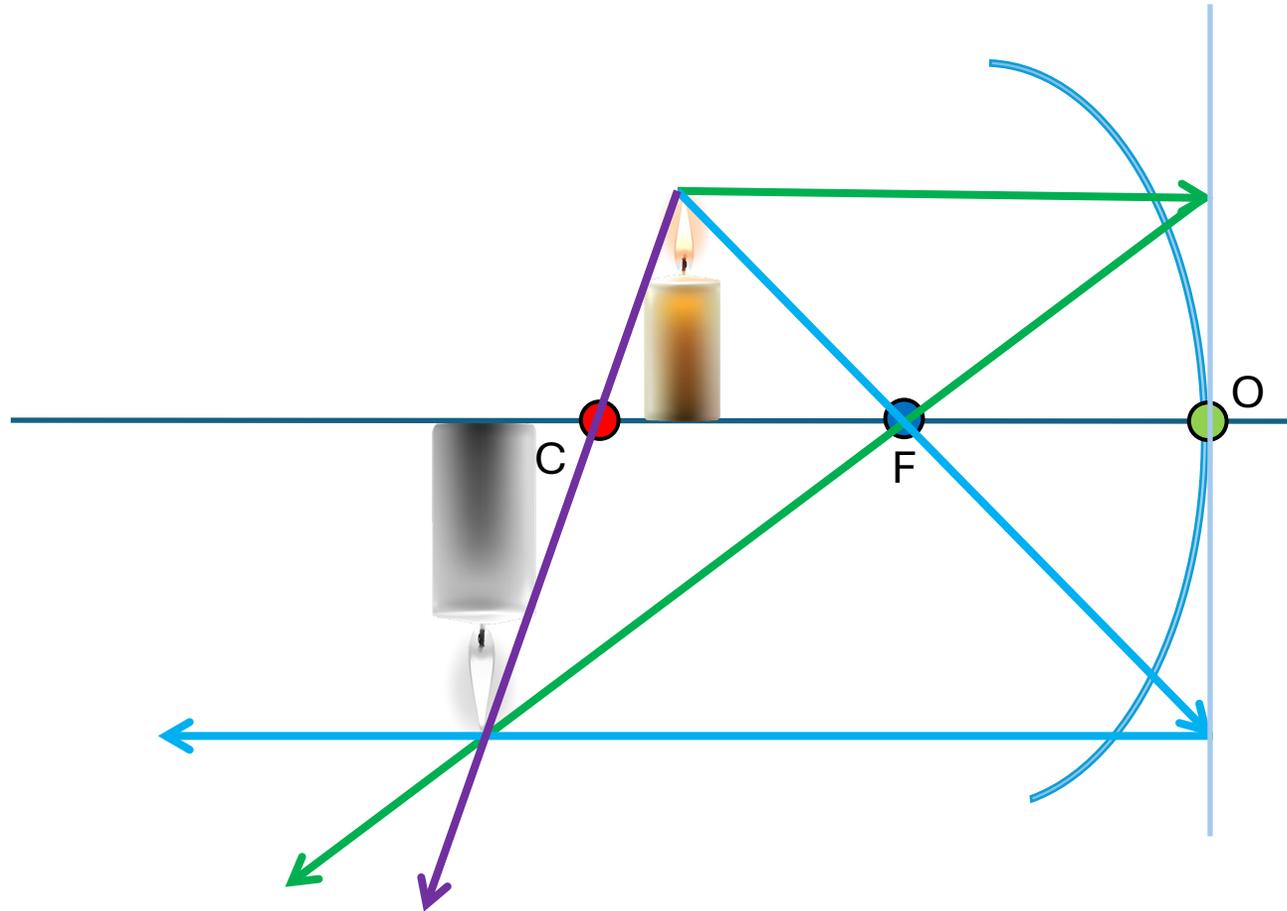


**Caso 2:** Si el objeto puntual se coloca sobre el centro de curvatura, *la imagen es real, invertida y de igual tamaño.*



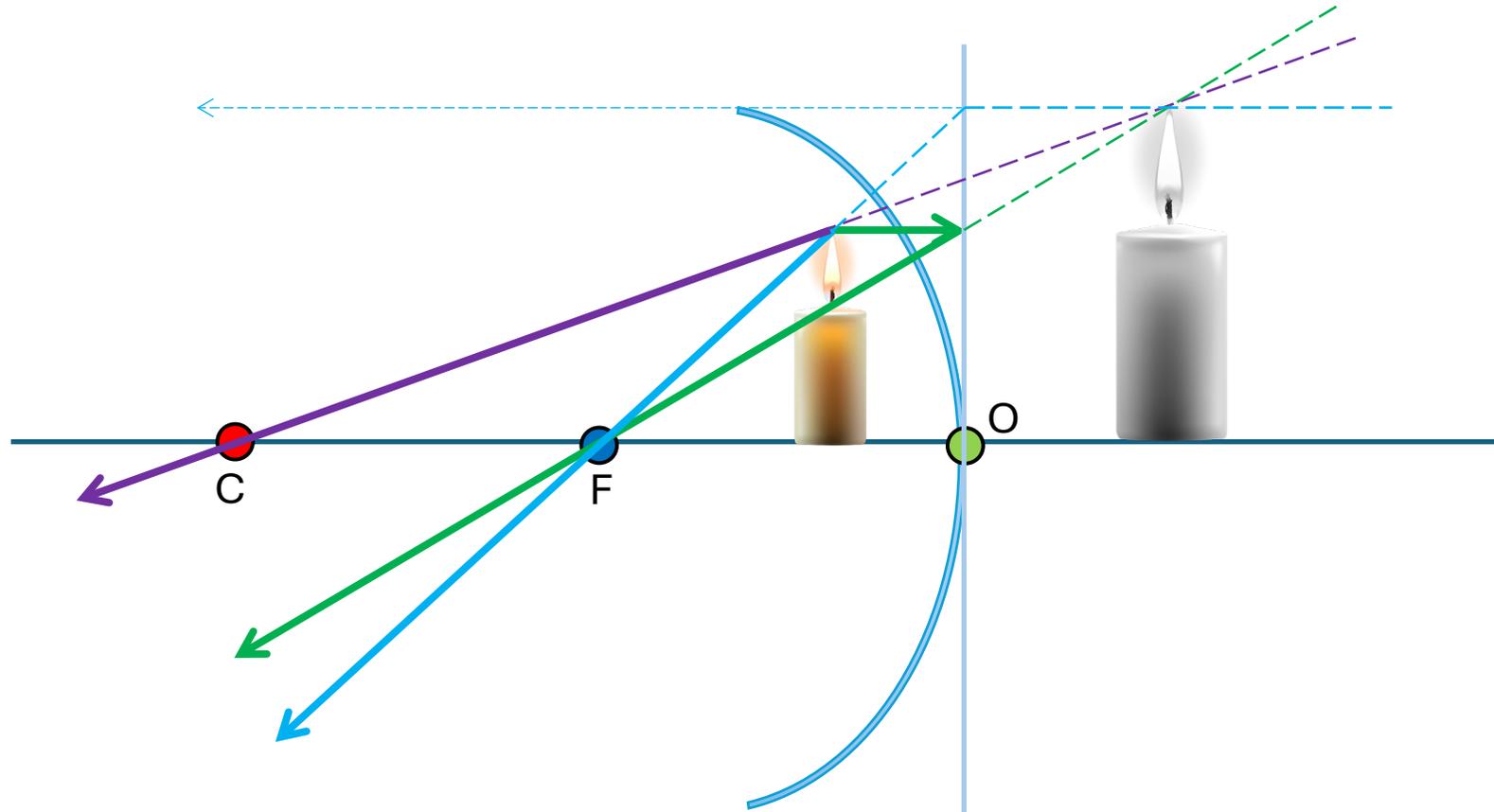
Note que en este trazo, no se suele tomar en cuenta el rayo que va al centro de curvatura debido a que va al infinito.

**Caso 3:** Si el objeto puntual se coloca entre el centro de curvatura y el foco, la imagen será real, invertida y de mayor tamaño.



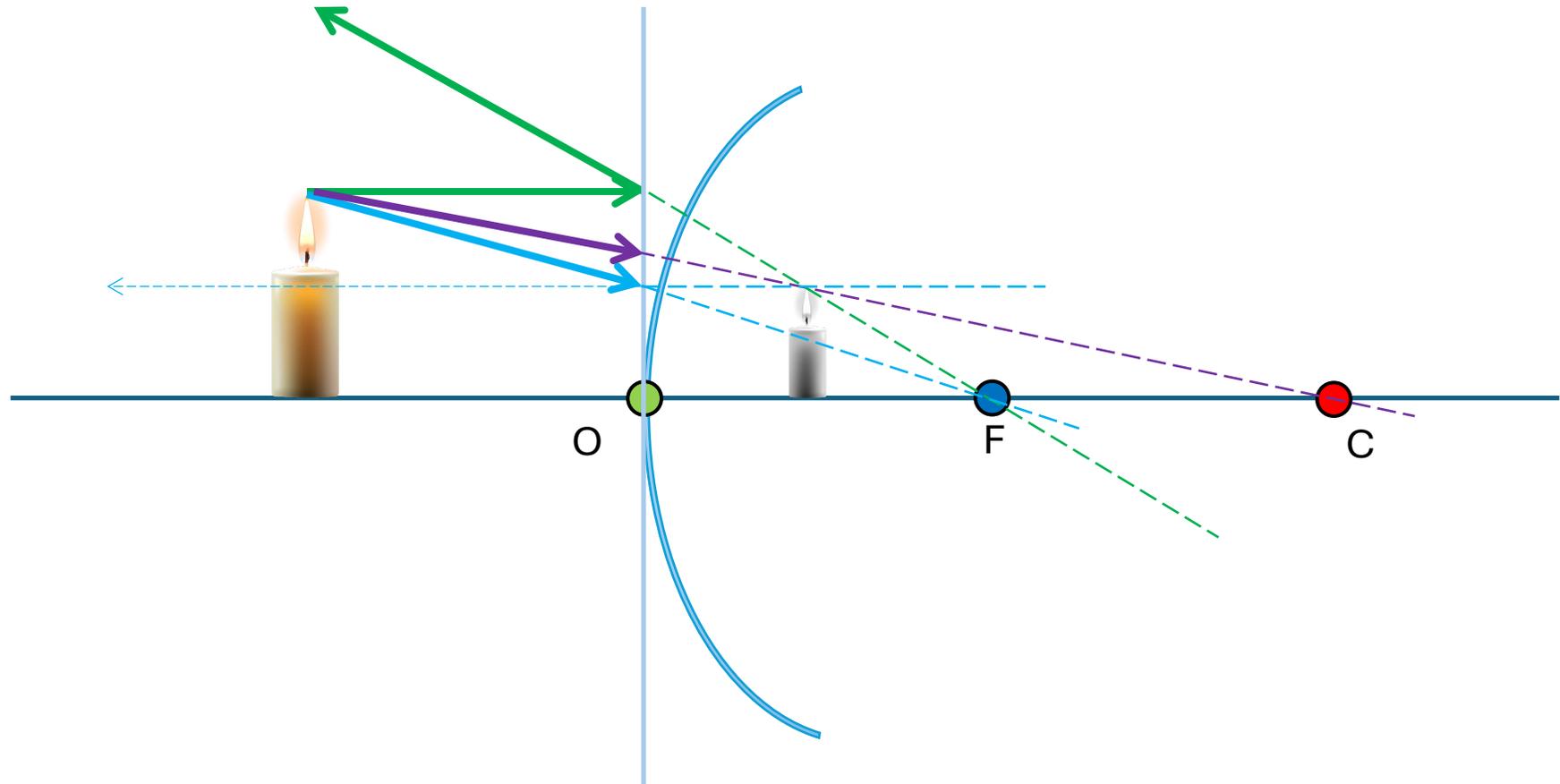
**Caso 4:** Si el objeto puntual se coloca entre el foco y el eje óptico, *la imagen es virtual, derecha y de mayor tamaño.*

En este caso, así como en todos los casos que trabajen con imágenes virtuales, los rayos se deben prolongar al otro lado del espejo para poder formar la imagen.



Por otro lado, para los espejos convexos, todos los elementos ópticos se ubican a la izquierda del espejo. De esta manera, se deduce que:

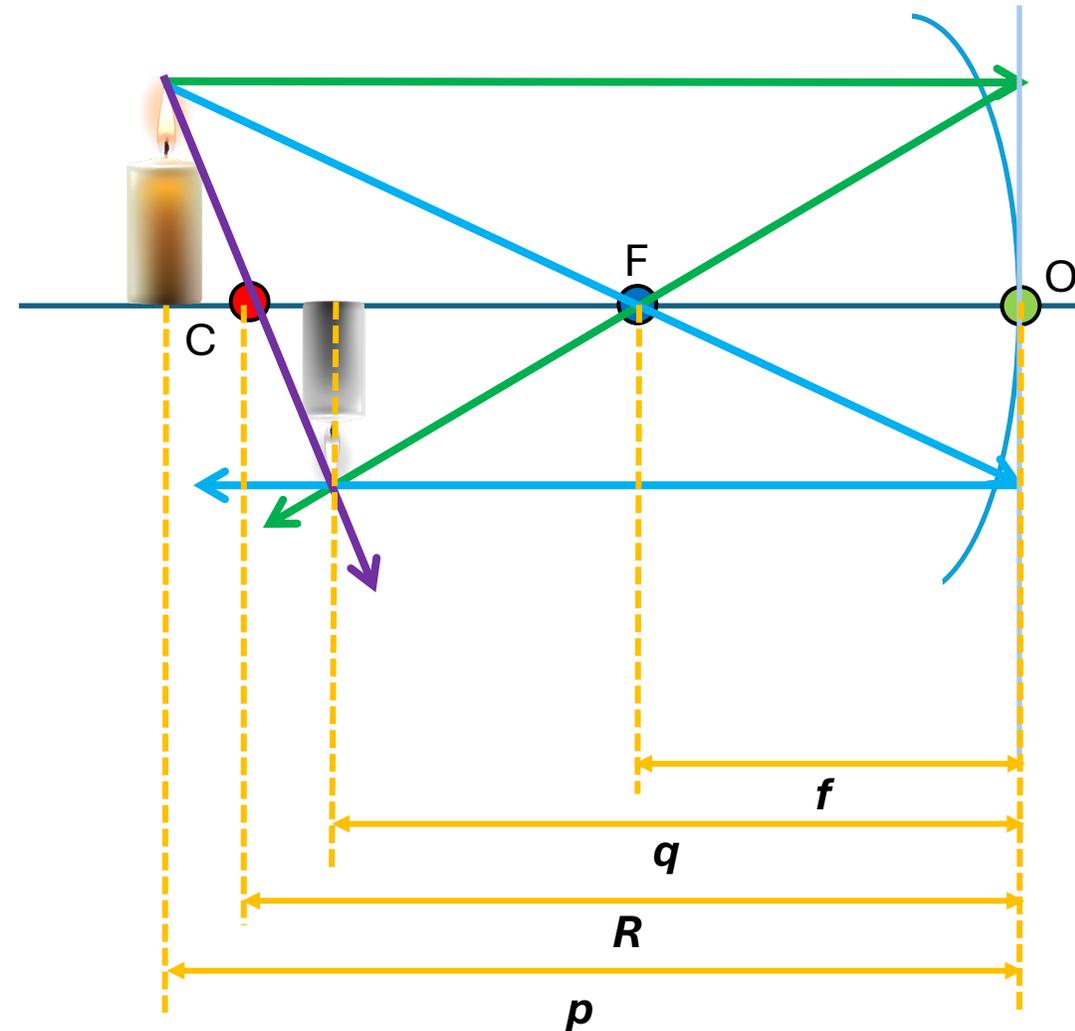
Las imágenes formadas por espejos convexos *siempre son virtuales, derechas y de menor tamaño.*



# La ecuación del espejo

Antes de analizar la ecuación del espejo, hay que considerar algunas longitudes importantes:

- $p$  es la longitud desde la posición del objeto, hasta el centro óptico.
- $q$  es la longitud desde la posición de la imagen, hasta el centro óptico.
- $R$  es la longitud desde el centro de curvatura hasta el centro óptico.
- $f$  es la longitud desde el foco hasta el centro óptico. A veces también se le llama *eje focal*.



La **ecuación de espejo** es un método analítico para encontrar la distancia del objeto y/o de la imagen a través de espejos tanto cóncavos como convexos. Esta sigue la siguiente estructura:

**Ecuación del espejo:**

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

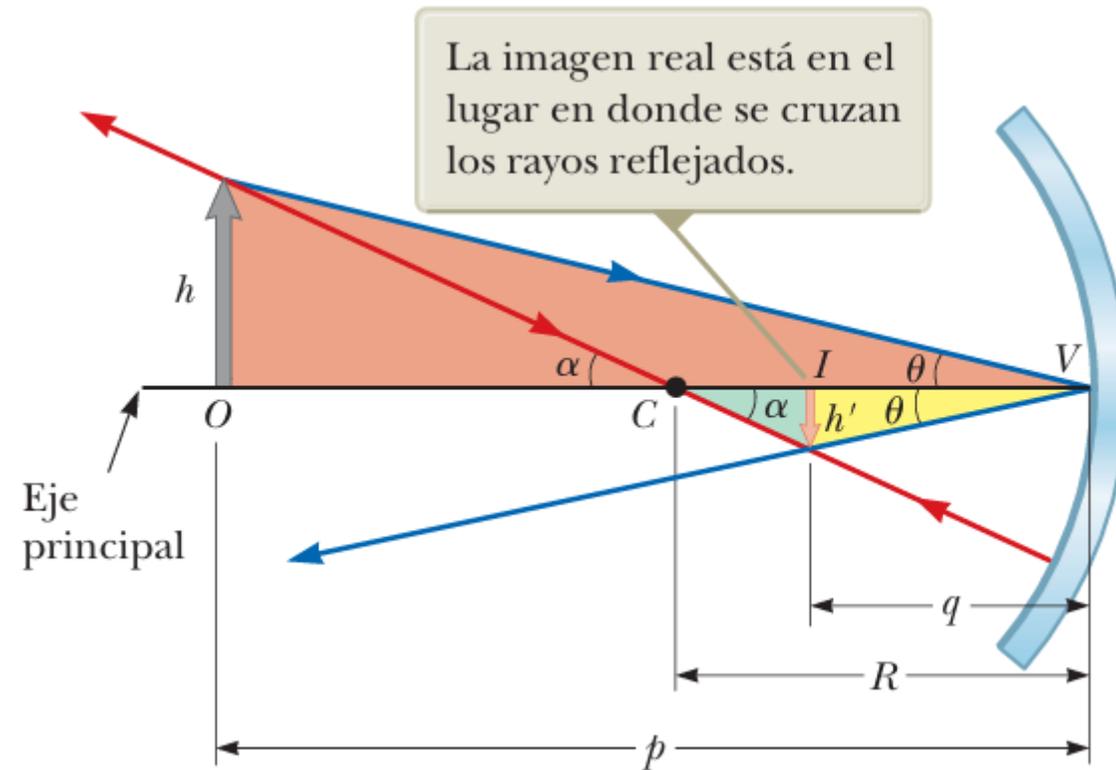
Diagrama de la ecuación del espejo con etiquetas:

- $\frac{1}{p}$ : Distancia objeto
- $\frac{1}{q}$ : Distancia imagen
- $\frac{1}{f}$ : Eje focal
- $\frac{2}{R}$ : Radio de curvatura

En esta ecuación, se deben considerar ciertas convenciones de signos:

Cantidad	Positivo cuando...	Negativo cuando...
p	el objeto está delante del espejo (objeto real).	el objeto está detrás del espejo (objeto virtual).
q	la imagen está delante del espejo (imagen real).	la imagen está detrás del objeto (imagen virtual).
f y R	el espejo es cóncavo.	el espejo es convexo.

Observe la construcción geométrica de la imagen formada por un espejo esférico cóncavo cuando el objeto  $O$  yace fuera del centro de curvatura  $C$ .



Del triángulo rectángulo grande de color rojo de la figura puede ver que  $\tan \theta = h/p$ , y del triángulo rectángulo amarillo se ve que  $\tan \theta = -h'/q$ . Se introduce el signo negativo porque la imagen está invertida, por lo que  $h'$  se considera negativa.

El **aumento lineal** en espejos esféricos está dado por la expresión:

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{q}{p}$$

Diagrama de la fórmula de aumento lineal  $M$ . El numerador  $h'$  está etiquetado como "Altura de la imagen" y el denominador  $h$  como "Altura del objeto". El signo menos delante de  $q$  indica inversión.  $q$  está etiquetado como "Distancia imagen" y  $p$  como "Distancia objeto". El término "Aumento lineal"  $M$  está etiquetado con una flecha que apunta a la fórmula.

Si  $M$  es positiva, la imagen es derecha en comparación con el objeto; si  $M$  es negativa, la imagen está invertida con respecto al objeto

**PUNTO DE CONTROL:**

En las figuras, ¿qué tipo de espejo y qué tipo de imagen se ve?



### **Ejemplo 11.1**

Un espejo cóncavo tiene un radio de curvatura de 8 cm. Si un objeto de 4 cm se coloca a 12 cm de él, ¿qué tamaño tendrá la imagen? ¿A qué distancia está? ¿Qué características posee?

### **Ejemplo 11.2**

Un espejo convexo tiene un radio de curvatura de 10 cm. Un objeto de 6 cm se coloca a 5 cm de él. ¿A qué distancia estará la imagen del espejo? ¿Qué altura tiene? ¿Qué características posee?

### **Ejemplo 11.3**

Demuestre qué ocurre con los rayos en un espejo cóncavo cuando un objeto se coloca encima del foco.

### **Ejemplo 11.4**

Un espejo cóncavo forma una imagen del filamento de una lámpara de reflector que está a 10 cm delante del espejo, sobre una pared situada a 3 m del espejo. (a) ¿Cuáles son el radio de curvatura y la distancia focal del espejo? (b) ¿Cuál es el aumento lateral? ¿Cuál es la altura de la imagen, si la altura del objeto es de 5 mm?

### Ejemplo 11.5

Santa Claus mira su reflejo en el bombillo de un árbol de Navidad que está a 0,75 m de distancia. El diámetro de la esfera es de 7,2 cm. Si se estima que su estatura es 1,6 m. ¿En dónde aparece, y cuál es la altura de la imagen de Santa Claus que forma el bombillo? ¿La imagen es derecha o invertida?



## Actividades en clase

**Realizar los siguientes ejercicios utilizando métodos gráficos y analíticos:**

**1.** Un objeto se coloca a 50 cm de un espejo esférico cóncavo con distancia focal de magnitud 20 cm. (a) Encuentre la ubicación de la imagen. (b) ¿Cuál es el aumento de la imagen?  
**R.: (a) +33,3 cm; (b) -0,666**

**2.** Un objeto se coloca a 20 cm de un espejo esférico cóncavo que tiene una longitud focal de magnitud 40 cm. (a) Determine la ubicación de la imagen. (b) ¿Cuál es el aumento de la imagen?  
**R.: (a) -40 cm; (b) 2,00**

**3.** Un dentista usa un espejo para examinar un diente. El diente está 1 cm enfrente del espejo y la imagen se forma 10 cm detrás del espejo. (a) ¿Qué tipo de espejo está usando? (b) Calcule el radio de curvatura del espejo. (c) Determine el aumento lateral de la imagen.  
**R.: (b) +2,22 cm; (c) +10,0**

**4.** Un espejo esférico convexo tiene un radio de curvatura de 40 cm. Determine la posición de la imagen virtual, así como el aumento para distancias objeto de (a) 30 cm y (b) 60 cm.  
**R.: (a) -12 cm; +0,400; (b) -15 cm; +0,250**