

# REFLEXION Y ESPEJOS

OBJETIVOS *Después de completar el estudio de este tema podrá usted:*

1. *Demostrar, mediante definiciones e ilustraciones, que ha comprendido los siguientes términos: imágenes virtuales, imágenes reales, espejo convergente, espejo divergente, amplificación, longitud focal y aberración esférica.*
2. *Usar técnicas de trazado de rayos para construir imágenes formadas por espejos esféricos.*
3. *Predecir matemáticamente la naturaleza, el tamaño y la ubicación de imágenes formadas por espejos esféricos.*
4. *Determinar la amplificación y/o la longitud focal de espejos esféricos mediante métodos matemáticos y experimentales.*

El ojo responde a la luz. Es posible ver todos los objetos gracias a la luz, ya sea por la luz que emite el objeto o por luz que se refleja en él. Ahora tenemos una comprensión general de la naturaleza de la luz y hemos estudiado objetos luminosos y métodos para medir la luz emitida por ellos.

Aun cuando todo tipo de luz se origina en una fuente de energía, por ejemplo el Sol, una lámpara eléctrica, o una vela encendida, la mayor parte de la luz que vemos en el mundo físico es el resultado de luz reflejada. Nos ocuparemos de las leyes que describen cómo regresa la luz a su medio original como resultado de incidir sobre una superficie. Aunque este fenómeno, llamado *reflexión*, puede interpretarse en términos de la teoría ondulatoria electromagnética de Maxwell, es más sencillo describirla mediante el trazo de *rayos*.

El tratamiento en forma de rayos, que se conoce generalmente como *óptica geométrica*, se basa en la aplicación del principio de Huygens. Recuerde que los rayos de luz son líneas imaginarias trazadas en forma perpendicular a los frentes de onda que avanzan en la dirección de la propagación de la luz.

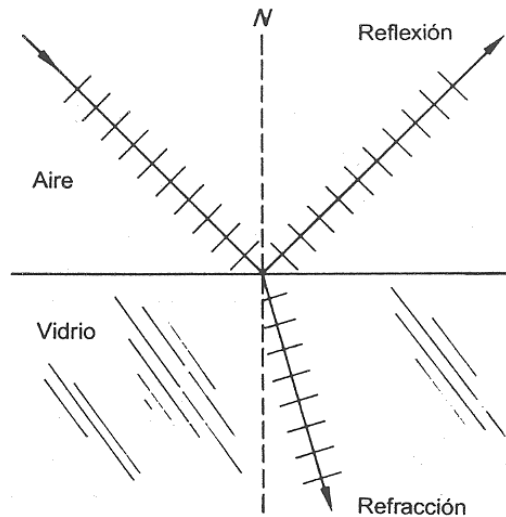
## LAS LEYES DE LA REFLEXION

Cuando la luz incide en la frontera o límite entre dos medios, por ejemplo aire y el vidrio, se pueden presentar una o varias de estas tres situaciones. Como se muestra en la figura 22, una parte de la luz que incide sobre una superficie de vidrio se refleja, y otra parte penetra en el vidrio. La luz que entra al vidrio es absorbida parcialmente y la parte restante se transmite. La luz transmitida en general sufre un cambio de dirección, lo cual se conoce como *refracción*. En este tema nos ocuparemos únicamente del fenómeno conocido como reflexión.

La reflexión de la luz obedece a la misma ley general de la mecánica que rige otros fenómenos de rebote; es decir, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Por ejemplo, consideremos la mesa de billar de la figura 23. Para golpear la pelota negra hacia la derecha es necesario localizar un punto sobre el borde de la mesa, de tal modo que el ángulo de incidencia  $\theta_i$  sea igual que el ángulo de reflexión  $\theta_r$ . En forma análoga, la luz reflejada de una superficie lisa, como en la figura 24(a), tiene sus ángulos de incidencia y

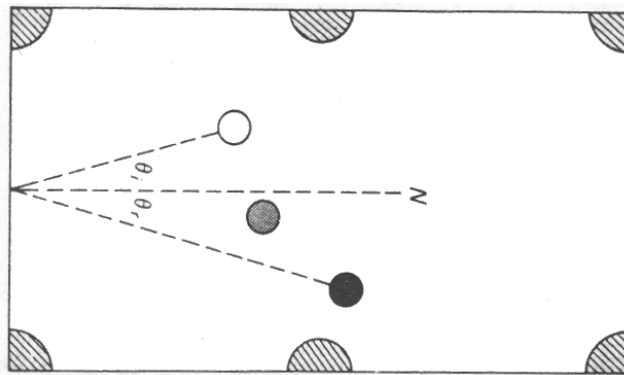
de reflexión iguales. Los ángulos  $\theta_i$  y  $\theta_r$ , se miden Con respecto a la normal a la superficie. Se pueden enunciar dos leyes básicas de la reflexión:

- *El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión*
- *El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano.*

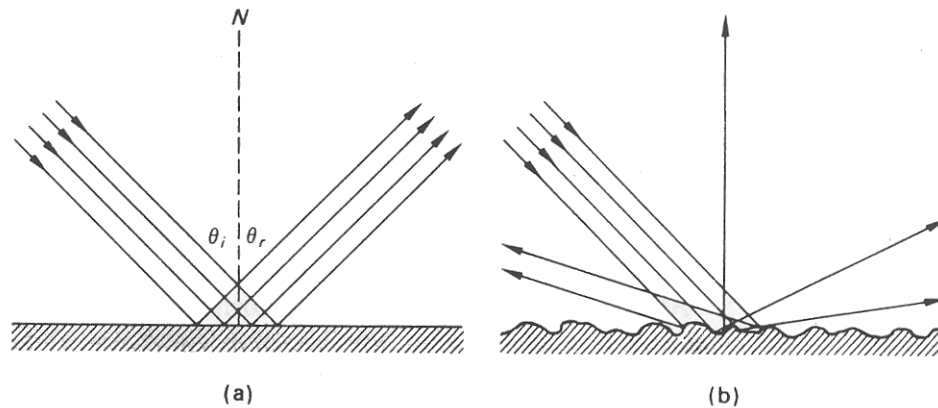


**Figura 22. Cuando la luz incide en la zona limítrofe o frontera entre dos medios, puede reflejarse, refractarse o absorberse.**

La reflexión de la luz que proviene de una superficie pulida, en la figura 25-3(a), se llama reflexión *regular* o *especular*. La luz que incide sobre la superficie de un espejo o vidrio se refleja especularmente. Si toda la luz incidente que golpea una superficie se reflejara de esta manera, no podríamos ver la superficie. Únicamente seríamos capaces de ver imágenes de otros objetos. Es la reflexión *difusa* (figura 25-3(b)) la que nos permite ver una superficie. Una superficie irregular o áspera esparce y dispersa la luz incidente, lo que da por resultado que se ilumine la superficie. La luz reflejada por ladrillos, concreto o periódicos son ejemplos de la reflexión difusa.



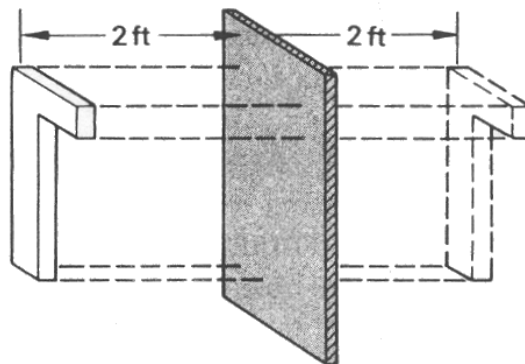
**Figura 23. La reflexión de la luz sigue la misma trayectoria que cabría esperar en el caso de una bola de billar que rebota. El ángulo de incidencia es igual que el ángulo de reflexión.**



**Figura 24. (a) Reflexión especular, (b) reflexión difusa.**

### ESPEJOS PLANOS

Una superficie muy pulida que forma imágenes a causa de la reflexión especular de la luz se llama *espejo*. Los espejos que cuelgan de las paredes de nuestras casas son en general extendidos o *planos*, y tenemos bastante familiaridad con el tipo de imágenes que se forman en ellos. En todos los casos, la imagen parece estar a la misma distancia, detrás del espejo. Que la distancia a la cual se encuentra colocado el objeto real delante del espejo. Como se muestra en la figura 25, las imágenes también aparecen invertidas en el sentido derecha-izquierda. Cualquier persona que haya aprendido a anudarse la corbata o a aplicarse maquillaje mirándose en un espejo está muy consciente de estos efectos.



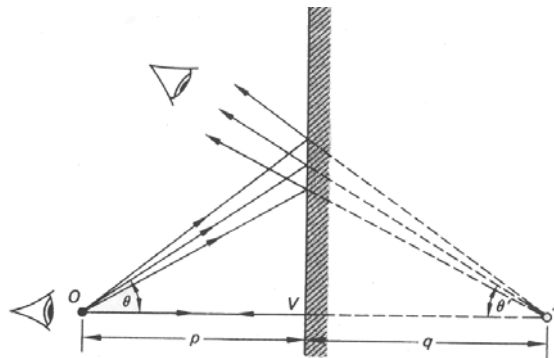
**Figura 25. Las imágenes que se forman en los espejos planos aparecen invertidas en el sentido lateral, es decir, a derecha e izquierda.**

Para comprender el proceso de la formación de imágenes en un espejo plano, consideremos primero la imagen  $I$  formada por los rayos emitidos desde el punto  $O$  en la figura 26. Vemos que se han trazado cuatro rayos luminosos que parten de la fuente puntual de luz. El rayo luminoso  $OV$  es reflejado sobre sí mismo por el espejo. Puesto que la luz reflejada parece haber recorrido la misma distancia que la luz incidente, la imagen se forma

a una distancia igual, detrás del espejo, cuando se observa a lo largo de la normal a la superficie de reflexión. Cuando la luz reflejada se ve en el espejo desde cierto ángulo, la conclusión es la misma: la distancia de la imagen  $q$  es igual a la distancia del objeto  $p$ . Esto es cierto porque el ángulo  $\theta$  es igual al ángulo  $\theta'$  en la figura. Por lo anterior, se puede decir que:

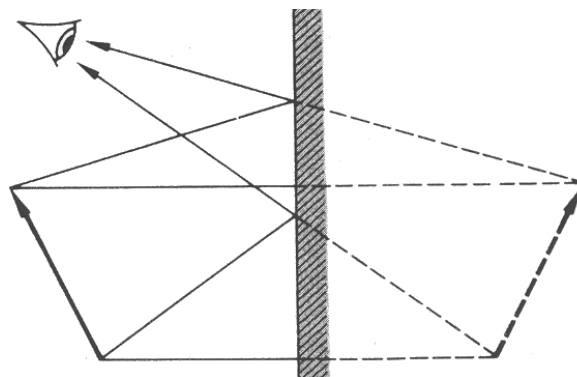
*Para un espejo plano, la distancia al objeto es igual en magnitud a la distancia a la imagen.*

$$p = q$$



**Figura 26. Construcción de la imagen de un objeto puntual formada por un espejo plano.**

Ahora consideremos la imagen formada por un objeto extendido, como se muestra en la figura 27. En el caso de un objeto extendido, se puede imaginar que está formado por muchos objetos puntuales distribuidos de acuerdo a la forma y el tamaño del objeto. Cada punto del objeto tendrá una imagen puntual localizada a igual distancia atrás del espejo. Se deduce que la imagen tendrá el mismo tamaño y forma que el objeto. Sin embargo, la derecha y la izquierda estarán invertidas, como ya se dijo.



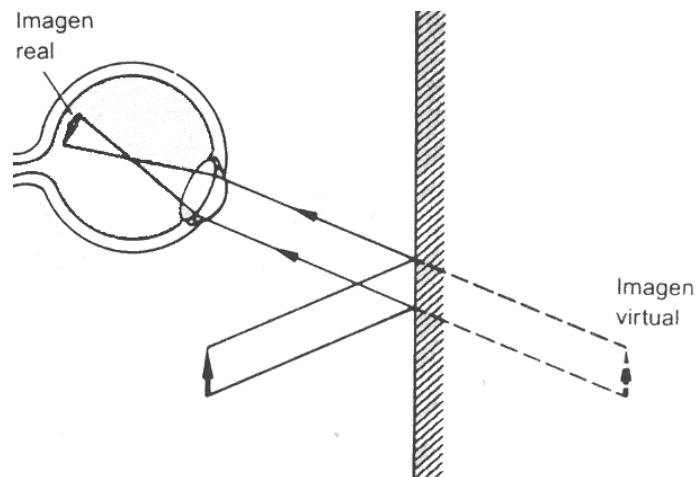
**Figura 27. Imagen de un objeto extendido.**

Observe que las imágenes formadas por el espejo plano son, en realidad, producto de la reflexión de objetos reales. Las imágenes en sí mismas no son reales porque la luz no pasa a través de ellas. A las imágenes que ante nuestros ojos *parecen* estar formadas por rayos de luz, pero que en realidad no existen, se les denominan imágenes *virtuales*. En cambio, una imagen *real* es una imagen formada por rayos de luz verdaderos.

- Una **imagen virtual** es la que parece estar formada por luz que proviene de la imagen, pero que en realidad no es atravesada por ningún rayo de luz.
- Una **imagen real** está formada por rayos de luz reales que la atraviesan. Las imágenes reales se pueden proyectar en una pantalla.

Puesto que las imágenes virtuales no se forman por rayos de luz reales, no se pueden proyectar en una pantalla.

Las imágenes reales no pueden formarse por un espejo plano debido a que la luz reflejada en una superficie plana diverge. Pero, si un espejo plano forma imágenes virtuales que no existen físicamente, ¿cómo es que podemos verlas? La respuesta completa a esta cuestión debe esperar hasta que se estudie la refracción y las lentes. Una respuesta preliminar se ilustra en la figura 28, que sirve también para demostrar los dos tipos de imágenes. El ojo aprovecha el principio de refracción para lograr que converja la luz reflejada que *parece* provenir de la imagen virtual. Una imagen *real*, por la tanto, se proyecta sobre la retina del ojo. Esta imagen, que está formada por rayos de luz reflejados, reales, es interpretada por el cerebro como si se hubiera originado a partir de un punto situado atrás del espejo. El cerebro está condicionado para la propagación rectilínea de la luz. Se confunde cuando la luz por alguna razón cambia de direcciones. Las personas que dudan que el cerebro puede estar condicionado para interpretar imágenes deberían intentar anudarle a alguien la corbata sin mirar al espejo. En este caso, el objeto real parece menos natural que su imagen virtual.



**Figura 28. La imagen formada por un espejo plano es virtual. Esas imágenes aparecen ante nuestros ojos como si estuvieran colocadas detrás del espejo.**