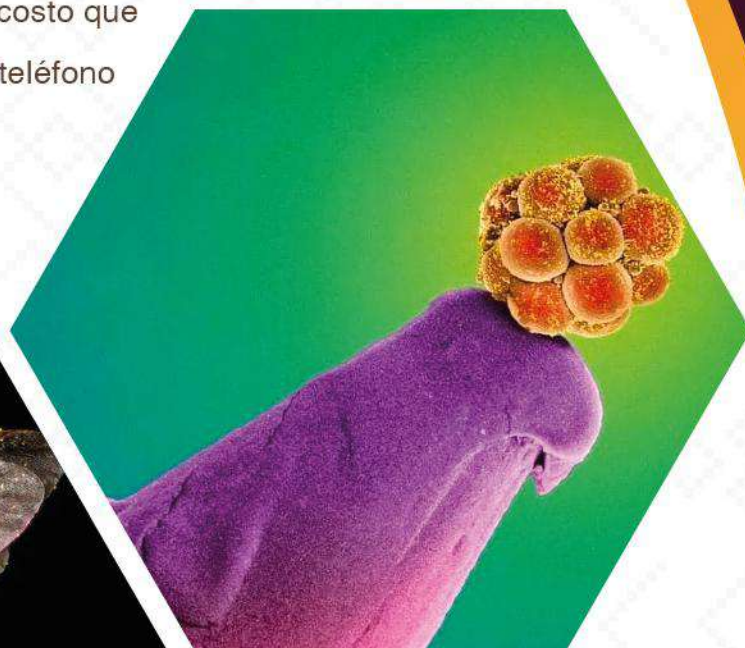
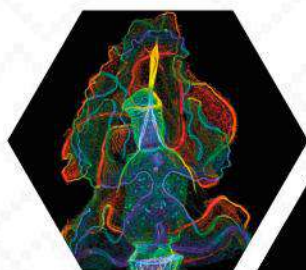


MANUAL DE CONFECCIÓN MICRO - LEEUWENHOEK

Interactuando con la escala microscópica, la realidad imperceptible.

Es un prototipo de microscopio óptico de bajo costo que permite capturar imágenes y grabar videos a microescala utilizando todas las funciones del teléfono inteligente, opción que los microscopios convencionales no pueden realizar.



COLEGIO DE BACHILLERES DEL ESTADO DE SONORA

Dr. Rodrigo Arturo Rosas Burgos
Director General

Dra. Laura Lorenia Yeomans Reyna
Directora Académica

Elaborador
Iván Antonio Cárdenas Muñoz
Coordinador de Fortalecimiento a Laboratorios

Coordinación general
Claudia Yolanda Lugo Peñuñuri

Supervisión académica
Héctor Manuel Acosta García

Coordinación técnica
Rubisela Morales Gispert

Revisión disciplinar
Mtro. Ramón Marcos Peralta Velarde
Mtro. Juan Manuel Osuna Aguilar

Diseño y Edición Gráfica
Joaquín Alfredo Rivas Samaniego

Corrección de texto
Pastora Patricia Mendoza Quintero



ÍNDICE

I. Historia	4
II. Objetivo	6
III. Materiales de desecho electrónico y de bajo costo a utilizar	7
IV. Ensamblado de MICRO-LEEUWENHOEK	11
V. Preparación para la observación con el dispositivo óptico	17
VI. Imágenes digitales obtenidas con Micro-Leeuwenhoek	19
VII. Explicación del comportamiento óptico de una lente delgada	22
VIII. Referencias	27

Este manual para confeccionar un microscopio óptico utilizando un smartphone, desechos electrónicos y materiales de reciclaje será utilizado para la parte experimental en el Concurso Académico y Cultural 2023 de la formación propedéutica de Físico-Matemático del Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora, y quedará como manual para actividades experimentales en el laboratorio.

I. HISTORIA

Antonie van Leeuwenhoek, el primer ser humano en utilizar la óptica en la microbiología. El científico holandés creó sus propias lentes para desentrañar los misterios de los seres vivos.

Antonie van Leeuwenhoek (Delft, 1632-1723) inició en el siglo XVII el camino de la microbiología. Hijo de comerciantes, siguió la tradición familiar hasta que, con poco más de 20 años, descubre un rudimentario microscopio de una sola lente, con capacidad de ampliación de tres aumentos, que era utilizada por los vendedores de telas. Paralela a su actividad comercial, desarrolló una importante labor en la creación de microscopios.



Figura 1. Leeuwenhoek compaginaba el comercio de telas con su pasión: observar todo con las lupas que él mismo fabricaba.

Van Leeuwenhoek diseñó microscopios de lente única para ver más allá de lo que permite el sentido de la vista y desentrañar los secretos de la vida de los seres microscópicos. Fue un visionario de la microbiología. En una carta a la Royal Society de Londres, Antonie Van Leeuwenhoek se maravilló de lo que había visto en una muestra de agua de un lago cercano. Las lentes de aumento le habían permitido descubrir "pequeños animales", que ahora conocemos como bacterias y microbios.

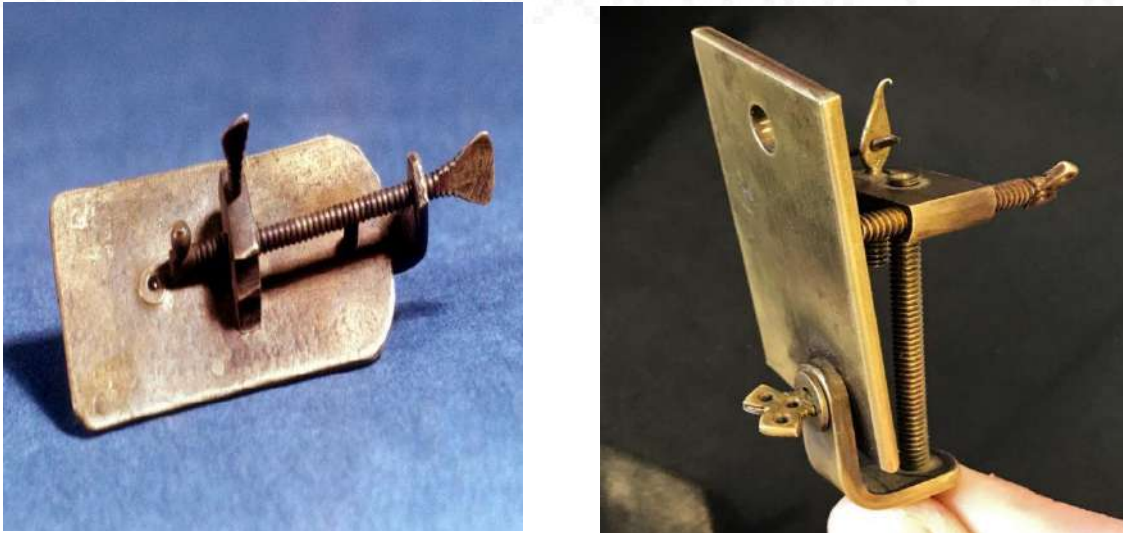


Figura 2. A la izquierda uno de los microscopios originales de Antonie Van Leeuwenhoek, a la derecha una réplica del microscopio de Leeuwenhoek.

Antonie Van Leeuwenhoek, al igual que Galileo, pulía sus propias lentes para los microscopios, en un proceso que quedaba en sus manos desde el principio al final. Algunas de sus lentes llegaron a los 200 aumentos. A lo largo de su vida, fabricó 500 lentes y desarrolló fijaciones, tanto para pequeñas lentes biconvexas montadas sobre platinas de latón que se sostenían muy cerca del ojo, así como estructuras del tipo microscopio en las que se podía fijar tanto la lente como el objeto a observar.

También fue un adelantado en la observación de bacterias y microorganismos. Por ejemplo, Antonie Van Leeuwenhoek descubrió la levadura y fue el primero en mencionar la existencia de los espermatozoides. En una carta que envió a la Royal Society habla de “animáculos” muy numerosos en el espermatozoide. Otra parte fundamental de su trabajo experimental fue su férrea oposición a la teoría de la generación espontánea.

Una vez descubiertos los microorganismos por Leeuwenhoek, se empezó a especular sobre el origen de estos animáculos. Se formaron dos escuelas: una que admitía la existencia de estas estructuras pero que se originaban por generación espontánea. Del otro lado estaba la teoría de la biogénesis. Los animáculos surgían, como ocurre en formas de vida superiores, a partir de animáculos padres. Hasta que se rechazó la idea de la generación espontánea se tuvieron que realizar muchos experimentos que parecen simples hoy en día, pero tardó más de 100 años en resolverse dicha controversia.

Leeuwenhoek se enfrentó a esta polémica y demostró que los gorgojos, las pulgas y las moscas no surgían espontáneamente a partir de granos de trigo y arena, sino que se desarrollaban a partir de huevos diminutos. Describió el ciclo vital de las hormigas y concluyó que las larvas y pupas proceden de huevos. También examinó plantas y tejidos musculares y describió tres tipos de bacterias: bacilos, cocos y espirilos. Con todo, mantuvo en secreto el arte de construir sus lentes, por lo que no se realizaron nuevas observaciones de bacterias hasta que se desarrolló el microscopio compuesto en el siglo XIX.

Durante las siguientes décadas los microscopios crecieron en precisión y complejidad y fueron la base de numerosos adelantos científicos. Solo en el siglo XX llegó el gran cambio con la invención del microscopio electrónico, que sustituyó la luz por electrones y las lentes por campos magnéticos.

El primer microscopio electrónico lo construyó el físico canadiense James Hillier en 1937 y podía ampliar las imágenes hasta 7000 veces. Continuó perfeccionándose hasta llegar a aumentar unos dos millones de veces. En 1981 surgió el microscopio de efecto túnel (MET) que derivó de los estudios y la aplicación de la mecánica cuántica. Logrando atrapar a los electrones que escapan en ese efecto túnel, fue posible captar una imagen ultra detallada de la estructura atómica de la materia con una espectacular resolución en la que cada átomo se puede distinguir de otro y que ha sido esencial para el avance de la microelectrónica moderna.

II. OBJETIVO

Construir una adaptación óptica que se antepone a la cámara del teléfono celular y permite obtener una imagen aumentada del objeto observado, la cual funciona por refracción de la luz. Se tiene la ventaja de fotografiar y videogravar imágenes a la escala microscópica aprovechando las funciones de la cámara del teléfono, usando componentes de desechos electrónicos y materiales de uso común, de bajo costo.

II. MATERIALES DE DESECHO A UTILIZAR

1. La unidad de disco óptico DVD o CD de un dispositivo electrónico de una laptop o PC de desecho (Figura 1 y 2), cuenta con una lente llamada “ojo de láser” (Figura 3 y 4).



Figura 1



Figura 2



Figura 3

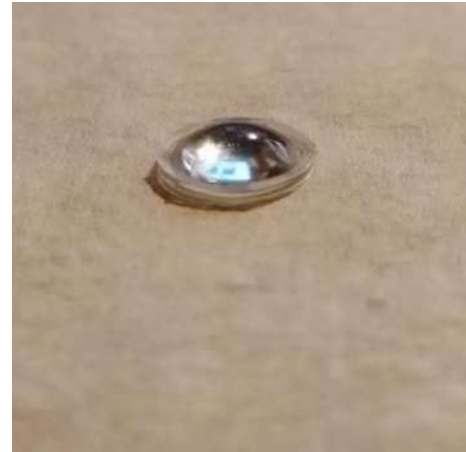


Figura 4

2. Dos tubos de cartón en los que se envuelve el papel higiénico normal (Figura 5).



Figura 5

3. Un pasador tradicional para cabello (o broche) de metal (Figura 6).



Figura 6

4. Una led de luz blanca de 3 voltios (Figura 7).



Figura 7

- Una pila CR2032 de 3 voltios (Figura 8).



Figura 8

- Una liga de hule de alta resistencia se usará para sujetar el pasador al celular - el largo puede variar, según el teléfono inteligente o Smartphone- (Figura 9).



Figura 9

7. Dos portaobjetos para microscopio de vidrio o de plástico 25 × 75 mm (Figura 10).

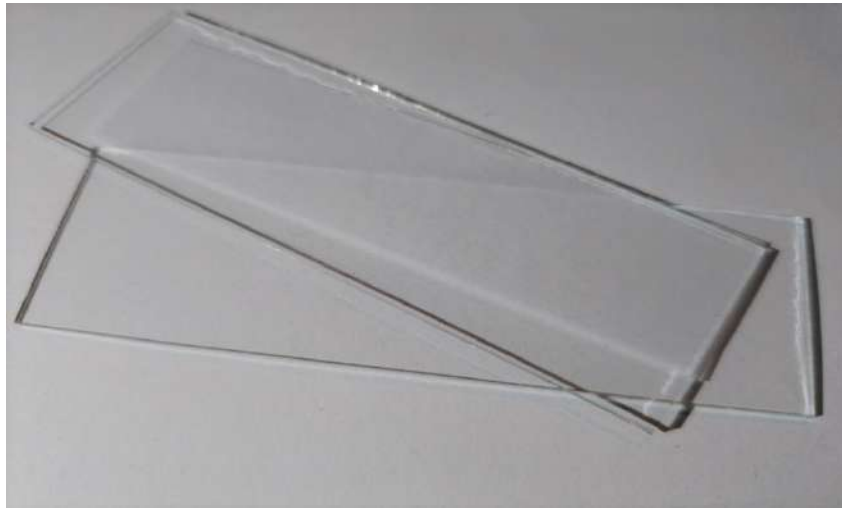


Figura 10

8. Cinta adhesiva de plástico o papel que sea flexible y que solo en una de las caras tenga pegamento -puede ser de cualquier color- (Figura 11).



Figura 11

IV. ENSAMBLADO DE MICRO-LEEUWENHOEK

1. Tomar uno de los tubos de cartón y en la parte superior de uno de sus extremos hacer dos cortes opuestos de 2.5 centímetros de largo, con una profundidad de 1 centímetro (Figura 1).



Figura 1

2. Cortar el otro tubo de cartón a una altura de 5 centímetros (Figura 2), con el fin de generar un tubo más corto en sus dimensiones que figuran como la caja de la luz (Figura 3).



Figura 2



Figura 3

- Para la construcción del soporte de luz con el led de 3 V de luz blanca: Tomar el tubo de 4.5 centímetros recién obtenido y realizar en él un corte longitudinal por su pared (Figura 4). Enrollar sobre sí mismo para construir un tubo de menor diámetro o más delgado, para que pueda desplazarse sin dificultad por el interior del tubo de mayor diámetro o más ancho (Figura 5). Para evitar que el tubo más delgado se ensanche involuntariamente se debe fijar con cinta adhesiva, asegurando que puede entrar por la parte no recortada del tipo más ancho (Figura 6).



Figura 4



Figura 5



Figura 6

- Al tubo que servirá de soporte para la luz led se le deben hacer dos tapas; una en la parte inferior, que debe ser fija y la otra tapa en la parte superior con un agujero en su centro para poder instalar el led de luz blanca. Se sugiere usar cinta adhesiva en ambas tapas, la inferior debe quedar bien sellada (Figura 7) y la tapa superior, debe poder abrir y cerrarse, por lo que se recomienda poner en uno de sus bordes una cinta adhesiva para que funcione como bisagra (Figura 8).



Figura 7



Figura 8

- Instalación del led de luz blanca. Antes de instalar el led debes cortar un trozo de cinta adhesiva y separar los polos de la luz para que no se junten entre sí (Figura 9). Después coloca la luz led en el orificio en la tapa abatible (Figura 10), luego se instala la pila como se muestra en la Figura 11. Se advierte que la pila no queda fija, sino que debe quedar presionada entre el led y la cinta adhesiva.



Figura 9



Figura 10



Figura 11

6. Tomar el pasador metálico y colocarlo en una superficie plana junto con el lente “ojo de láser”, recorrer el lente hasta que se incruste en el pasador y lo sujete la primera de las ondulaciones, entre las patillas del broche - tener mucho cuidado en este paso, es muy fácil que salga volando el lente-. Colocarlo en la primera de las ondulaciones del broche para que quede bien sujetado, de tal manera que quede adaptado a la ondulación y quede firme (Figura 12).

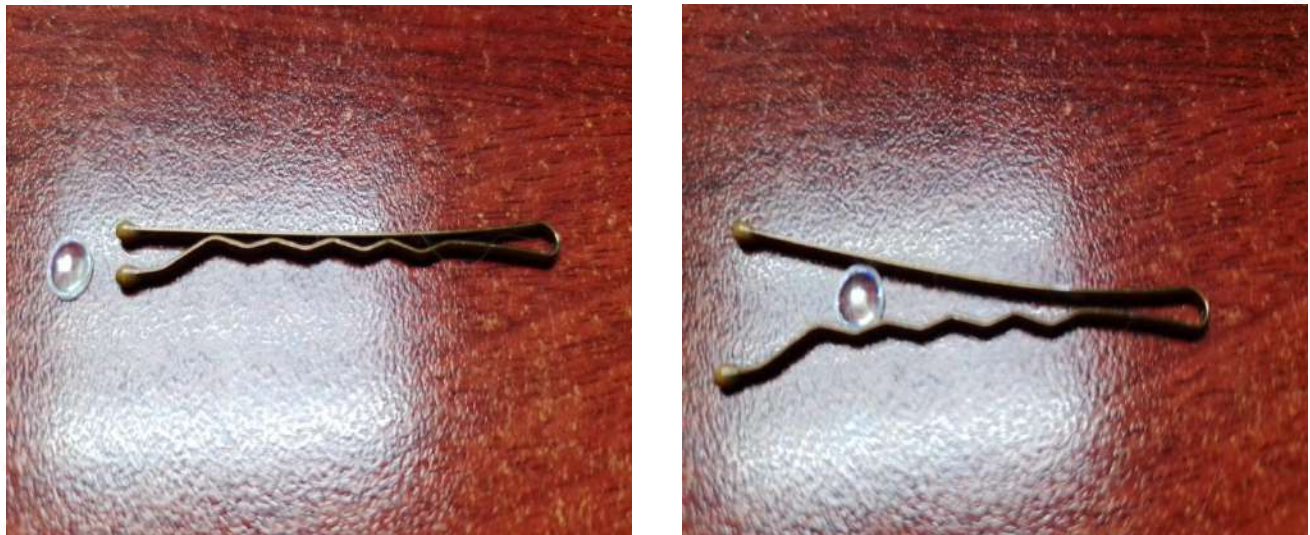


Figura 12

- Primero hay que tomar la liga de hule y colocarla a lo ancho del Smartphone, a la altura donde se encuentra la cámara, hasta que quede con la suficiente tensión para sujetar el pasador con el lente. Para que funcione como soporte en los distintos dispositivos móviles smartphones (Figura 13), debes asegurarte que la lente “ojo de láser” se colocará delante de la lente principal de tu Smartphone, para lo cual necesitas probar con la cámara activada y tapar las diferentes lentes del Smartphone hasta que se oculte la imagen en la pantalla. Posteriormente, colocar el pasador con el lente u ojo de láser a la altura de la cámara del Smartphone a utilizar (Figura 14) y (Figura 15).



Figura 13



Figura 14

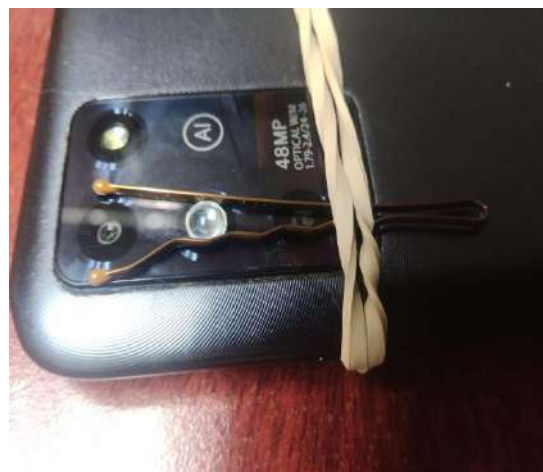


Figura 15

- Colocar el portaobjetos en la cavidad del tubo de papel largo. Después, cortar el excedente de cartón para que queden a nivel de la superficie del portaobjetos Figura 16.



Figura 16

VI. RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN DEL DISPOSITIVO ÓPTICO.

1. Primero encienda el led colocando las patillas entre la pila asegurando la correcta polaridad hasta que encienda, y sujetar la pila con una cinta adhesiva (Figura 1), luego tapar y sujetar con una cinta adhesiva (Figura 2). Instale el portaobjetos con una muestra biológica previamente preparada sobre los calados del cilindro grande como se muestra en la Figura 3. En el fondo de este tubo se encuentra el tubo más delgado (o soporte de led) con la luz encendida.



Figura 1



Figura 2

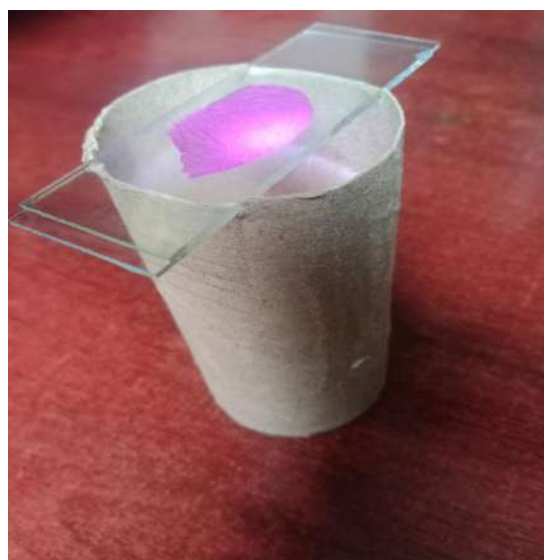


Figura 3

2. Luego acerca el smartphone hasta tocar el borde del cilindro, haz coincidir el lente del MICRO-LEEUWENHOEK con la muestra biológica y observa la muestra, hasta que puedas capturar algunas imágenes microscópicas (Figura 4).



Figura 4

VII. IMAGENES DIGITALES OBTENIDAS CON MICRO-LEEUWENHOEK Y UN SMARTPHONE.

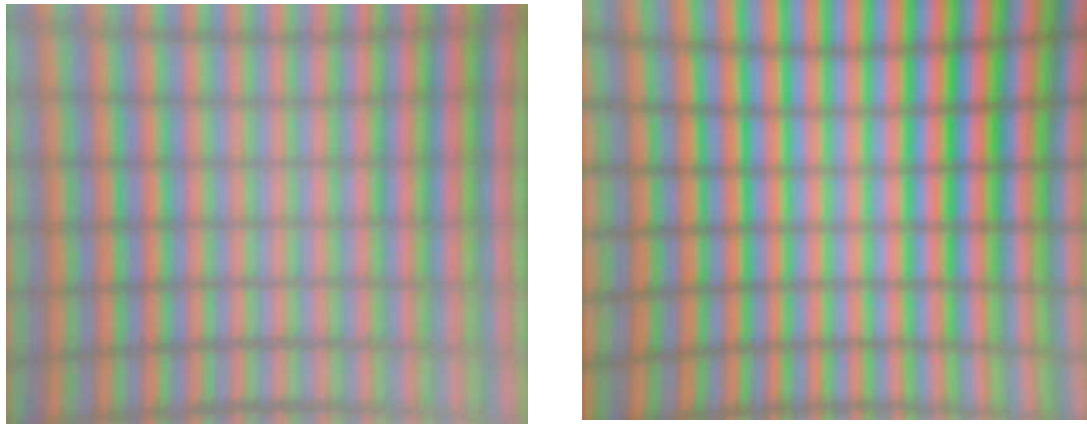


Figura 1. Píxeles de una monitor LCD que muestra la configuración en cuadro de colores RGB (Rojo, verde, azul) que forman una imagen



Figura 2. Hoja de Bugambilia

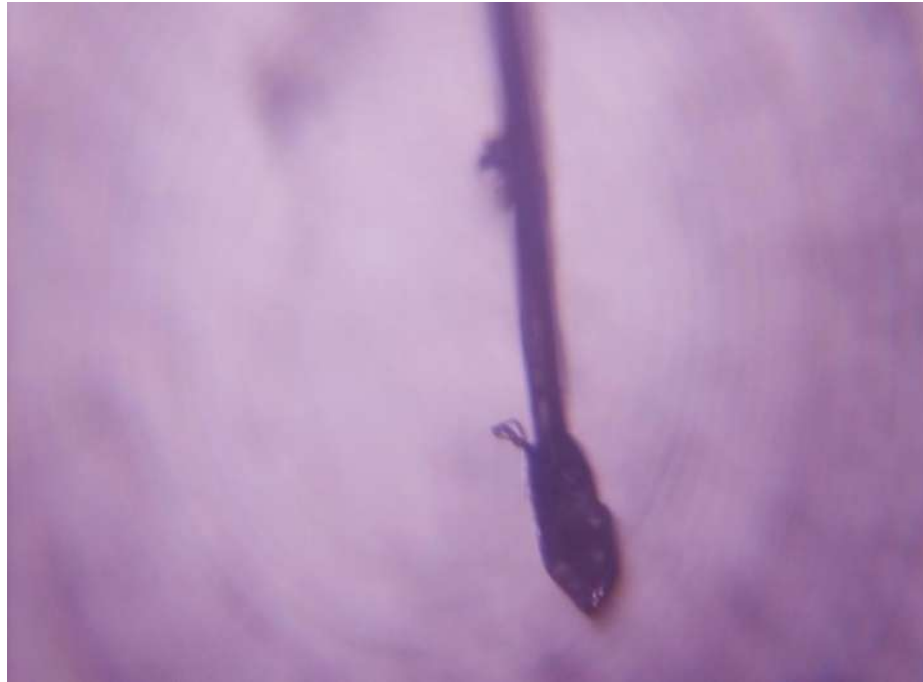


Figura 3. Cabello y su raíz

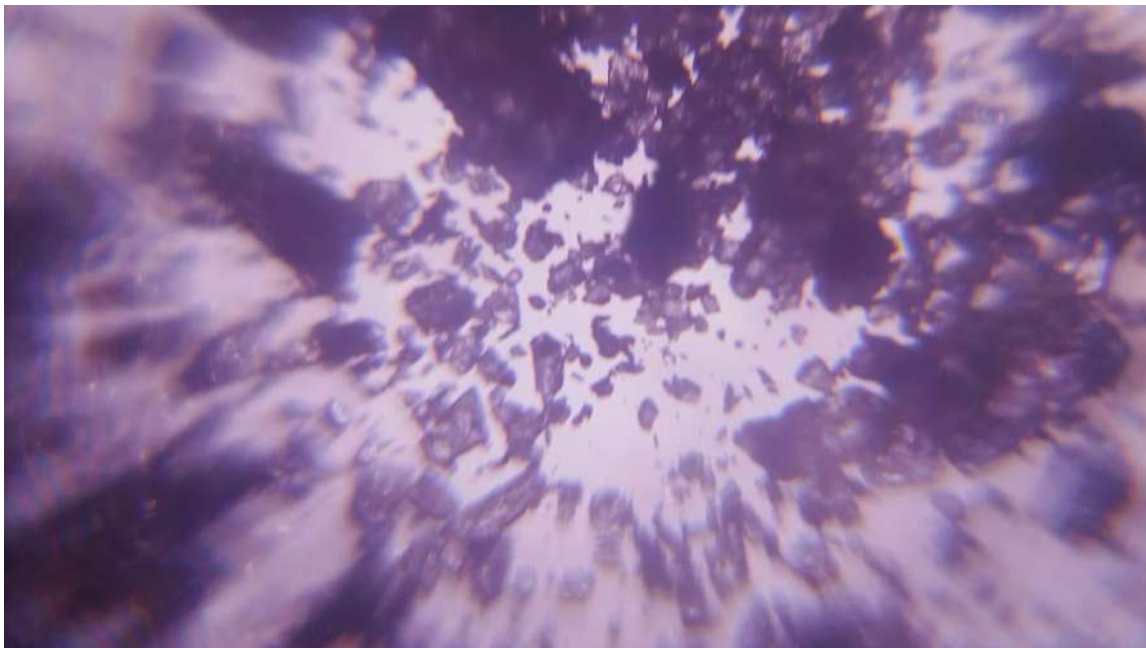


Figura 4. Edulcorante de mesa, extracto de stevia.



Figura 5. Cristales de azúcar standard

V. EXPLICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ÓPTICO DE UNA LENTE DELGADA.

Este capítulo tiene como objetivo estudiar la formación de imágenes por lentes delgadas con aplicaciones a Microscopios y Telescopios.

La figura 1 representa la formación de una imagen por una lente delgada en la aproximación paraxial. La aproximación paraxial se utiliza para el cálculo de sistemas ópticos, suponiendo que las trayectorias de los rayos de luz forman ángulos pequeños con el eje óptico. En la aproximación paraxial de primer orden, el seno y la tangente de un ángulo se aproximan por el ángulo mismo, y el coseno por 1.

En la figura 1, f corresponde a la distancia focal de la lente, d_o la distancia del objeto de tamaño h_o a la lente y d_i la distancia de la imagen de tamaño h_i a la lente. F_o y F_i son los puntos focales de la lente. Si $f > 0$, la lente es convergente o positiva y si $f < 0$, la lente es divergente o negativa.

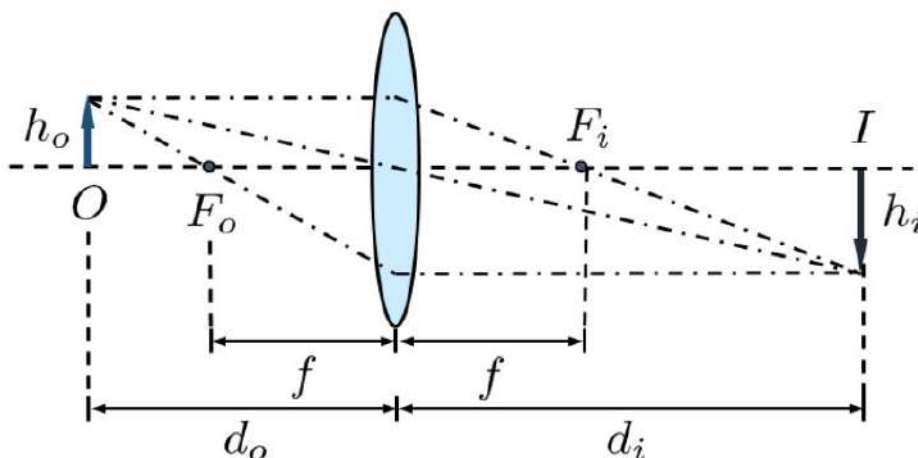


Figura 1. Formación de imagen por una lente delgada

La ecuación que relaciona las distancias focal, objeto e imagen, en la aproximación paraxial es

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

que es conocida también como la “formula de Gauss”.

La relación entre h_0 y h_i define la magnificación de la lente, que está dada por

$$M = -\frac{|h_i|}{h_0} = -\frac{d_i}{d_0}$$

donde $h_i > 0$ donde la imagen tiene la misma orientación.

1. Distancia Focal y Magnificación de una Lente Positiva

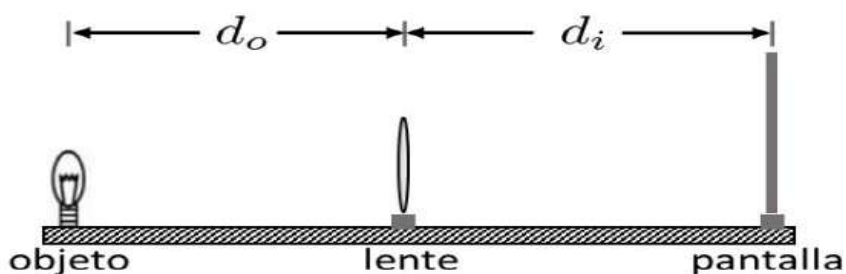


Figura 2. Montaje óptico para medir distancia focal de una lente positiva

Procedimiento para caracterizar una lente positiva o convergente.

- i. Obtener una primera medición de la distancia focal de la lente convergente, partiendo del hecho de que, fijando las posiciones del objeto e imagen en la pantalla, existen dos posiciones de la lente que producen imagen.
- ii. Para una posición fija del objeto ajuste la posición de la pantalla de modo tal que se obtenga la imagen más nítida posible.
- iii. Para la condición anterior medir d_0 , d_i y h_i (altura de la imagen).
- iv. Manteniendo el objeto y pantalla fijas, mover la lente hasta encontrar una nueva posición que produzca una imagen nítida en la pantalla.
- v. Para esa nueva condición medir d_0 , d_i y h_i (altura de la imagen).
- vi. Determinar f a partir de las nuevas mediciones anteriores.
- vii. Obtener una segunda medición de la distancia focal, graficando $1/d_i$ vs $1/d_0$ para la misma lente de la medición anterior.
- viii. Para este conjunto de mediciones determine para cada distancia d_i el rango de distancia en la cual la imagen tiene una calidad aceptable y asocie a este valor el error en la determinación de la posición de la imagen.
- ix. En los gráficos incluir las incertidumbres estimadas para d_i .

- x. Usando los datos d_0 , d_i y h_i , hacer un gráfico de h_i vs d_i/d_0 , para calcular la altura del objeto.

2. Distancia Focal de una Lente negativa

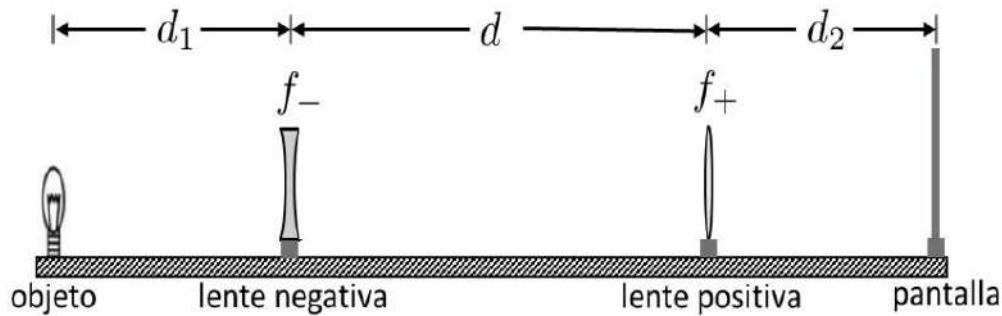


Figura 3. Montaje óptico para medir distancia focal de una lente divergente.

El procedimiento anterior no es útil al momento de determinar la distancia focal de una lente divergente, ya que esta por sí sola no puede formar una imagen real. Sin embargo, la distancia focal de una lente divergente puede ser medida si ella conforma con otra lente convergente un sistema que sea convergente. Para realizar la medición, considere el montaje óptico de la figura 3, donde la lente convergente tiene su distancia focal conocida.

- i. Armar un montaje óptico colocando entre el objeto y la pantalla una lente negativa y una lente positiva de distancia focal conocida, tal como se muestra en la figura 3.
- ii. Mover las lentes hasta ver que se forme una imagen lo más nítida posible en la pantalla.
- iii. Medir las distancias d_1 , d , y d_2 , la distancia focal $f_- = f_{div}$ se puede determinar usando las distancias medidas, d_1 , d , y d_2 y la fórmula de Gauss. En esta forma se podrán calcular posiciones de las imágenes reales y virtuales producidas por las lentes, a partir de las cuales se puede obtener f_{div} .
- iv. Repetir estas mediciones a fin de disminuir su margen de error en la medición de la distancia focal de la lente divergente.

3. Microscopio

Un microscopio sencillo se puede configurar utilizando dos lentes convergentes, usando el montaje que muestra la figura 4.

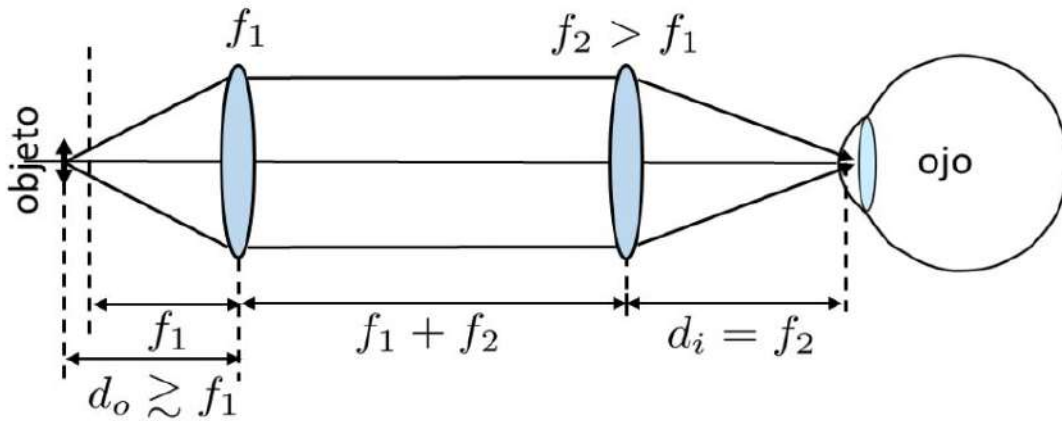


Figura 4. Montaje óptico para un microscopio sencillo.

- i. Usando dos lentes convergentes, con $f_1 < f_2$, armar el montaje óptico que muestra la figura 4.
- ii. El objeto a mirar bajo el sencillo microscopio puede ser un alfiler.
- iii. Previamente disponer papel milimétrico bajo el objeto.
- iv. El lente con menor distancia focal, f_1 , actúa como “objetivo” (en la posición más cercana al objeto).
- v. Colocar su objeto (sobre papel milimétrico) en el plano focal del objeto. A partir de esto, encuentre el plano imagen del sistema.
- vi. Medir la magnificación de su microscopio a partir de las mediciones del papel milimétrico. Compare este valor con lo esperado para esta configuración óptica, en el que la magnificación es $M = -f_2/f_1$.
- vii. Poner el alfiler sobre el papel milimétrico en el plano objeto y observar los puntos en el borde del objeto con su microscopio. A partir de esto, determine la distancia entre estos puntos utilizando el papel milimétrico como referencia.
- viii. Opcionalmente, registrar una imagen usando la cámara de un teléfono celular y determine a partir de ella la magnificación.

4. Telescopio

Un telescopio sencillo está formado por dos lentes delgadas positivas como muestra la figura 5.

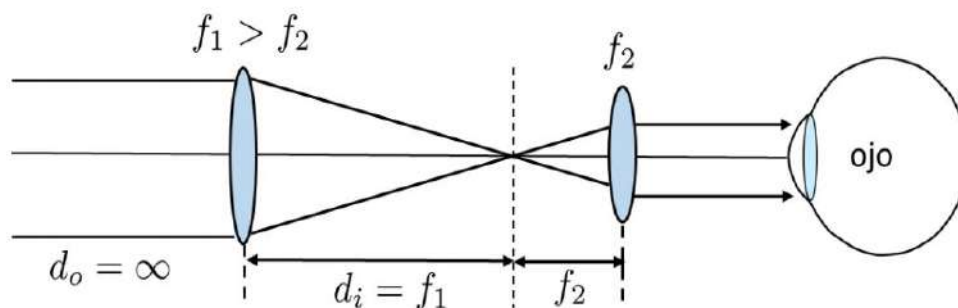
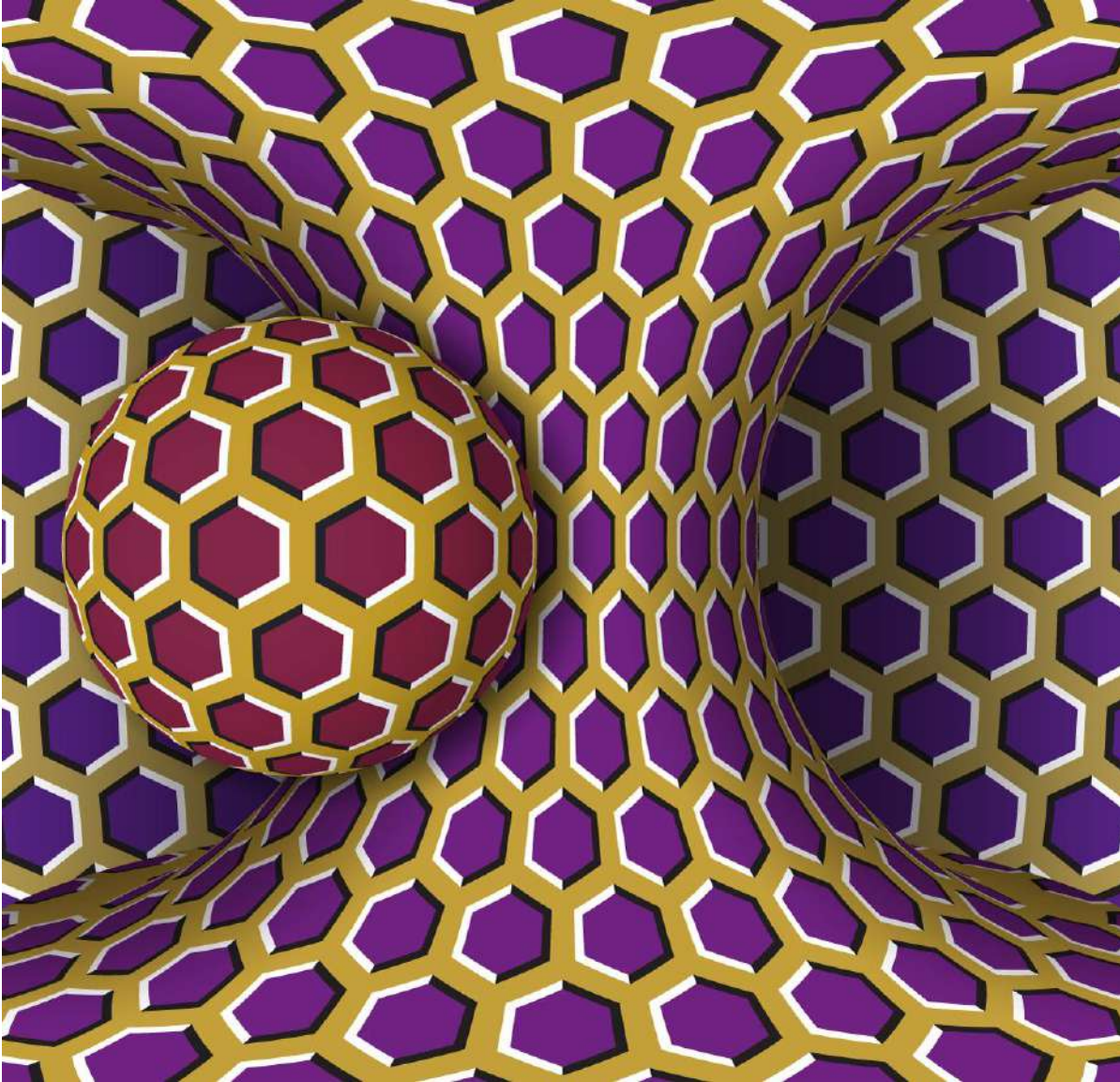


Figura 5. Montaje óptico para un telescopio sencillo

- i. La lente de mayor distancia focal f_1 es el objetivo (la más cercana al objeto). La lente de menor distancia focal f_2 es el ocular (la más cercana al ojo). Poner el montaje de lentes cerca de un extremo del banco óptico y colocar la pantalla en el otro extremo.
- ii. Poner el papel milimétrico sobre la pantalla, usando clips. El papel milimétrico actúa como objeto.
- iii. Enfocar la imagen del objeto, moviendo el lente objetivo. Para mirar la imagen, se debe acercar un ojo al lente ocular.
- iv. Marcar dos líneas en el papel milimétrico separadas por un milimétrico. Determinar la distancia a la cual ya no se puede distinguir que se trata de dos líneas:
 - a) Con sus ojos
 - b) Con su telescopio
- v. Alternativamente, registrar la imagen con la cámara de un teléfono celular.
- vi. A partir de mediciones de tamaño objeto e imagen, determinar la magnificación de su telescopio.
- vii. Compare este valor con lo esperado para esta configuración óptica, en que la magnificación es $M = -f_1/f_2$.

VIII. REFERENCIAS.

1. Edgardo Mundaca Maldona, Mariano Rodríguez Malebrán, Rodomiro Osorio Barahona, Manual de Construcción Micro.Hoek, Micro-Hoek - El mundo microscópico: Una realidad escondida. Primera edición junio 2018, La Serena, Chile.
2. Margarita Rodríguez, La impresionante historia de Anton van Leeuwenhoek, el “descubridor” de los espermatozoides (y su peculiar reacción al conseguirlo), BBC News Mundo, marzo 2019.
3. Giorgio Carboni, A Glass-Sphere Microscope, Fun Science Gallery, January 1996.
4. César Eduardo Montalvo Arenas, Óptica, Facultad de Medicina UNAM, agosto 2010.
5. Dhamar N. Sánchez Lara, Jisé R, Cuéllar González, Pablo A. Hernández Munguía, Sarai Juárez Ruiz, Formación de imágenes con lentes delgadas positivas, Laboratorio de óptica, Facultad de Ciencias UNAM, febrero 2018.
6. José L. Fernández, El microscopio, FISICALAB.
7. Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Laboratorio de Ondas y Óptica.

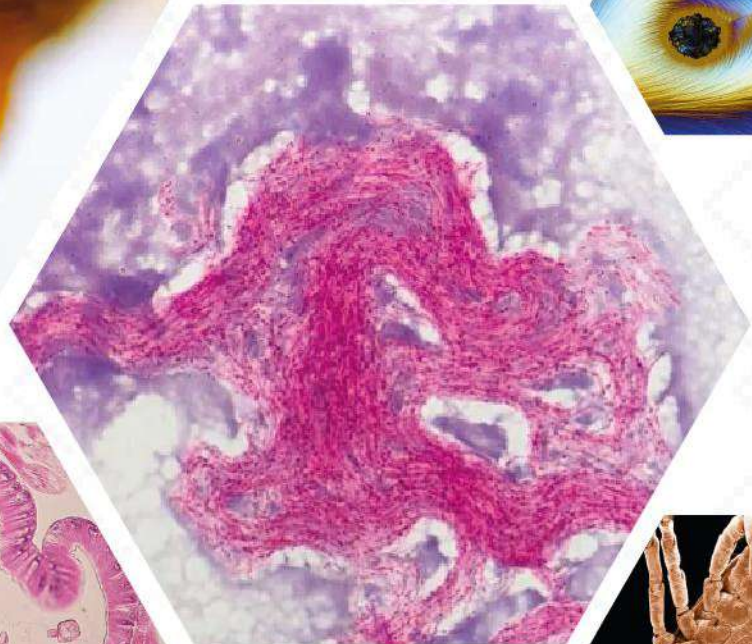
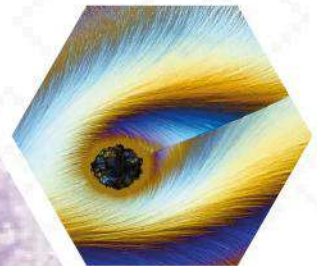


Ilusión óptica de Akiyoshi Kitaoka. Akiyoshi es profesor de psicología en la Facultad de Letras de la Universidad Ritsumeikan de Kioto, Japón.

En 1984, recibió una licenciatura del Departamento de Biología de la Universidad de Tsukuba, Tsukuba, Japón, donde estudió psicología animal y en el Instituto Metropolitano de Neurociencia de Tokio actividad neuronal de la corteza inferotemporal en monos macacos, después se especializó en percepción visual e ilusiones visuales de formas geométricas, brillo, color, ilusiones en movimiento y otros fenómenos visuales.

Para mayor información, dudas, comentarios o propuestas comunicarse al Departamento de Innovación Educativa en Dirección Académica.

ivan.cardenasm@bachilleresdesonora.edu.mx



 /COBACHSON

 @COBACH_SONORA

 @COBACHSONORA

 /SONORACOBACH

WWW.COBACHSONORA.EDU.MX

