

IV Congreso de Ciencia y Tecnología

CURSO DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Por M. En R. Karen Flores, M. En TA. Sandra de la Fuente, e Ing. Ángel Hernández.



INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN

Proyectos de valor agregado
en el IPN CICATA Unidad Querétaro

WWW.CICATAQRO.IPN.MX



LÍNEAS DE
INVESTIGACIÓN

CONTENIDO

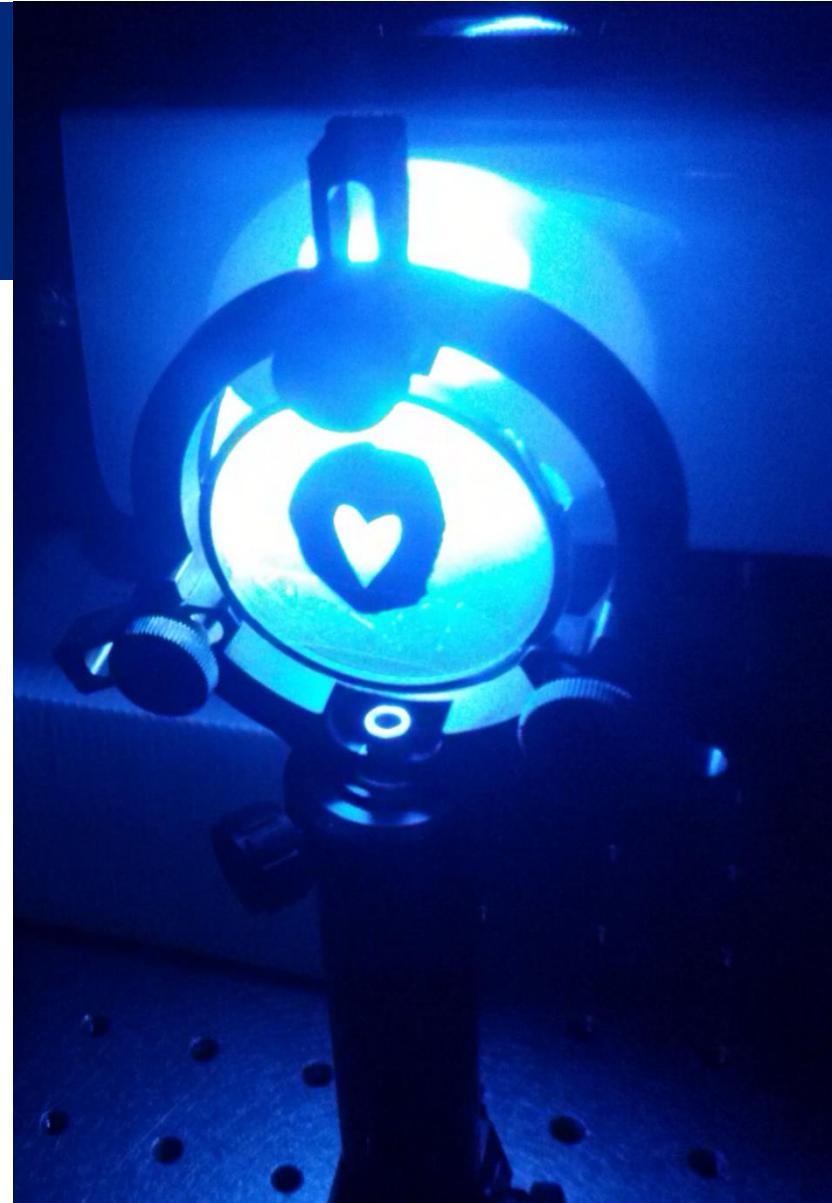
Introducción

Sistemas ópticos

Calibración de cámara

Introducción a las imágenes digitales

Procesamiento digital de imágenes



Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018









Para la formación de una imagen se necesita:

Objeto

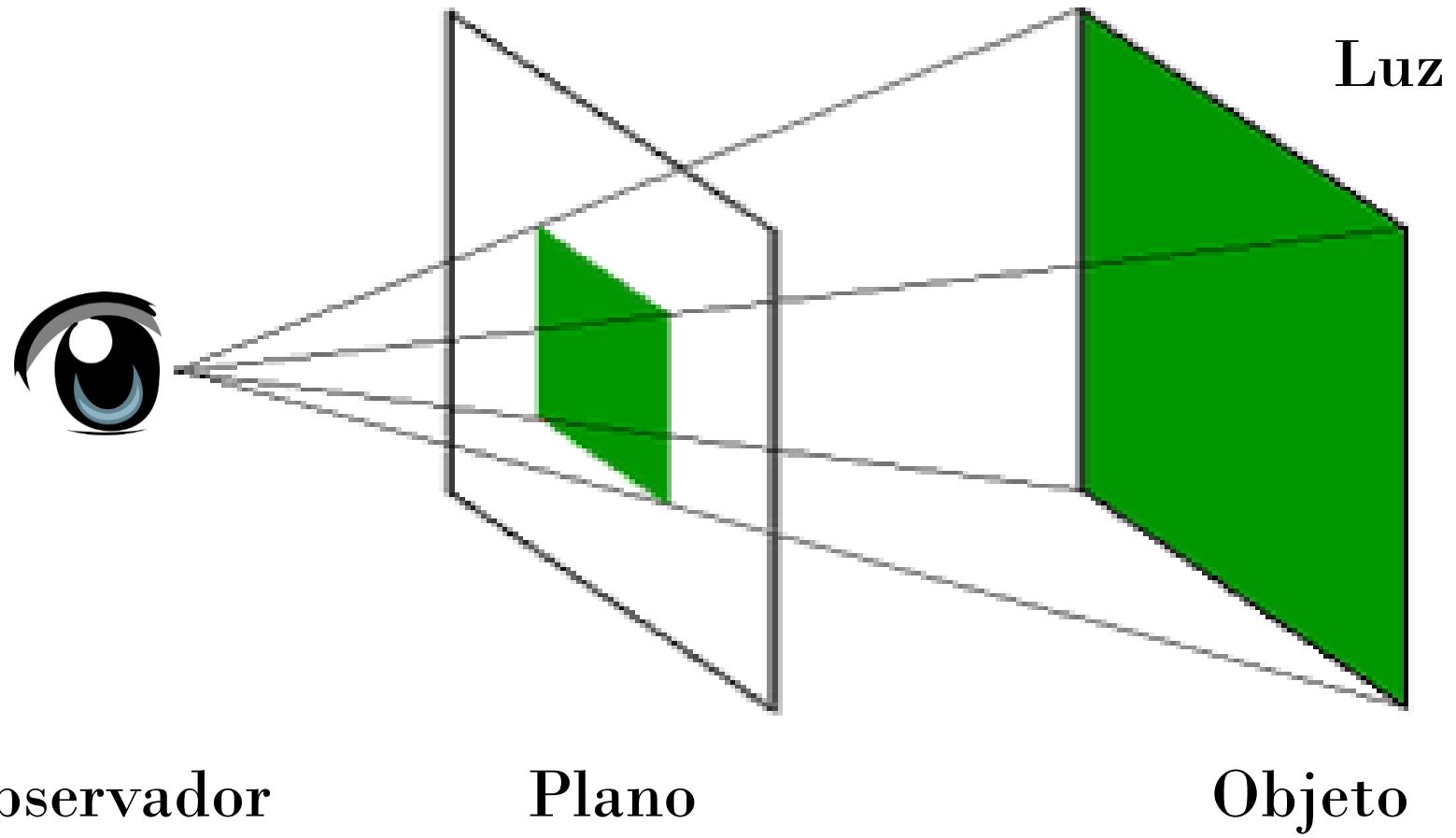
Objeto del cual se generará la imagen.

Fuente de luz

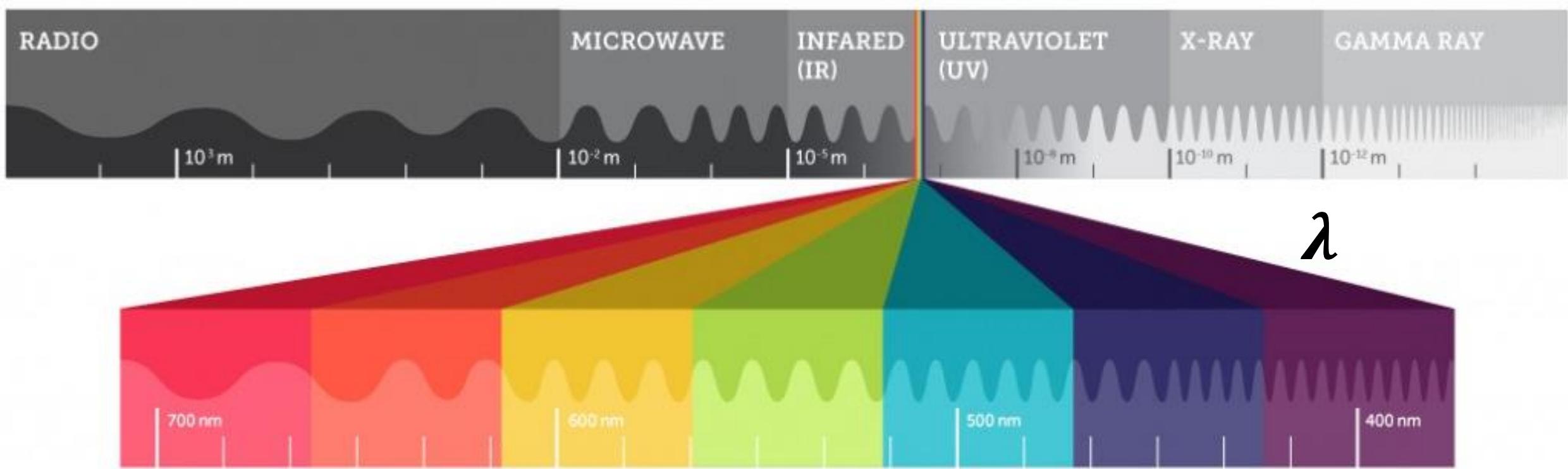
Para iluminar la superficie del objeto en el medio.

Plano

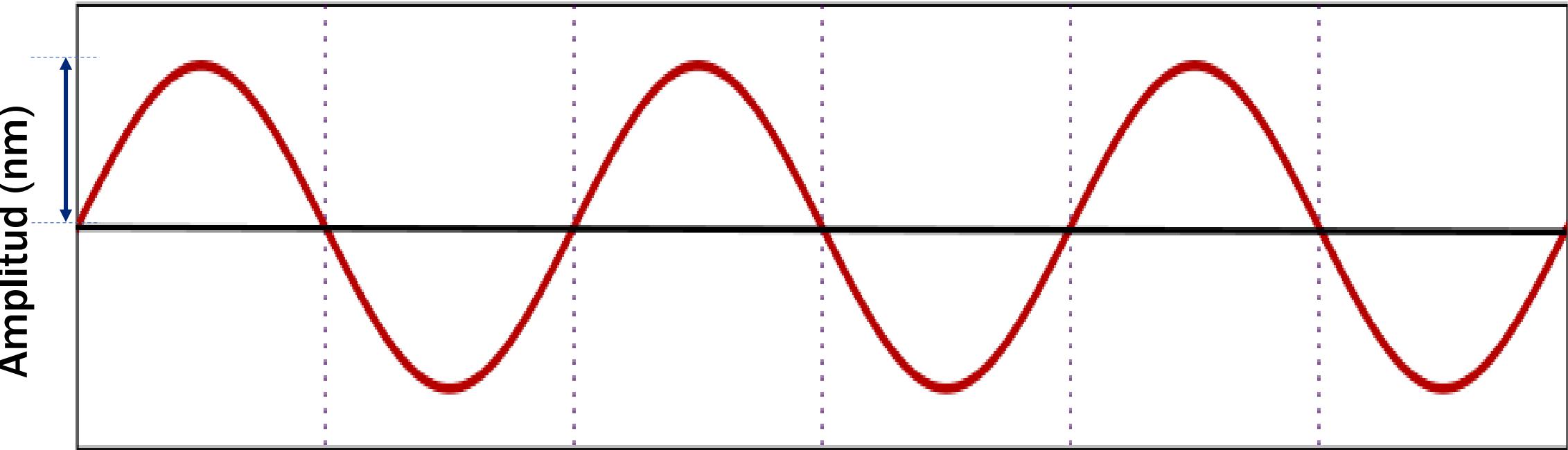
Plano de proyección de la imagen.



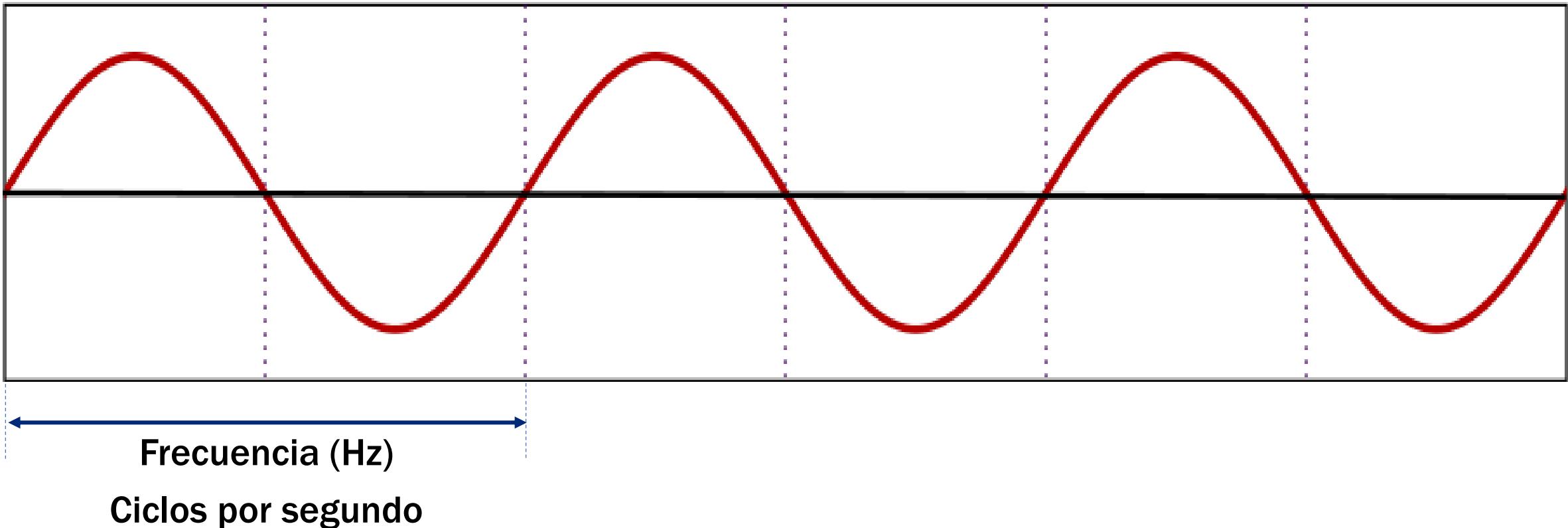
FUENTE DE LUZ



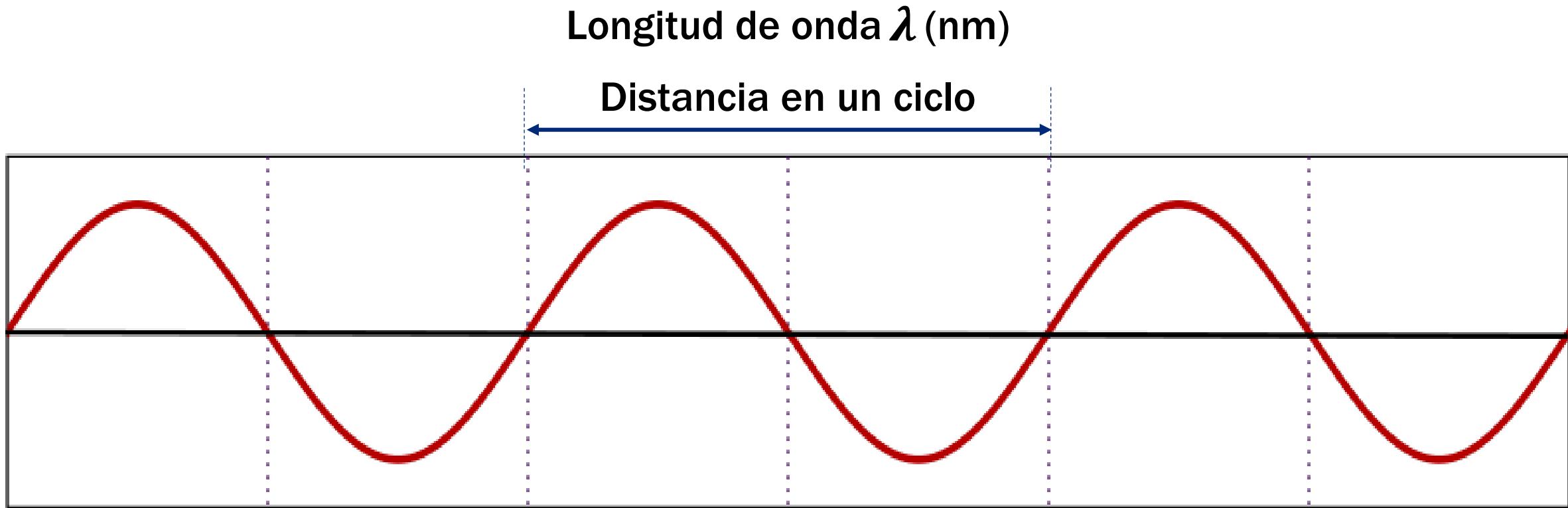
COMPONENTES DE UNA SEÑAL



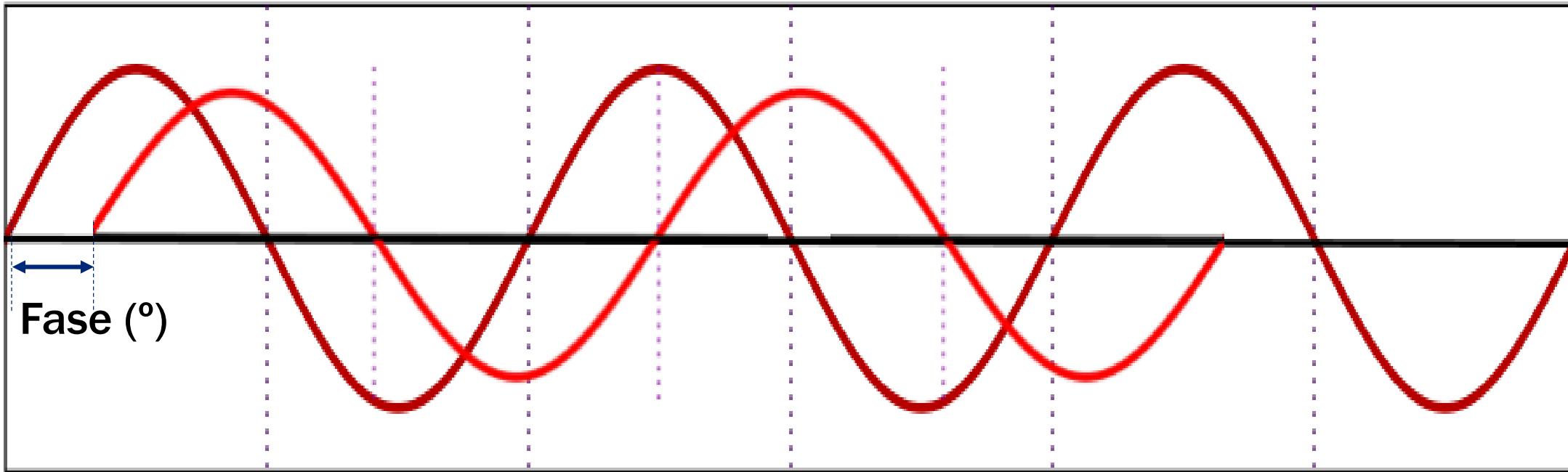
COMPONENTES DE UNA SEÑAL



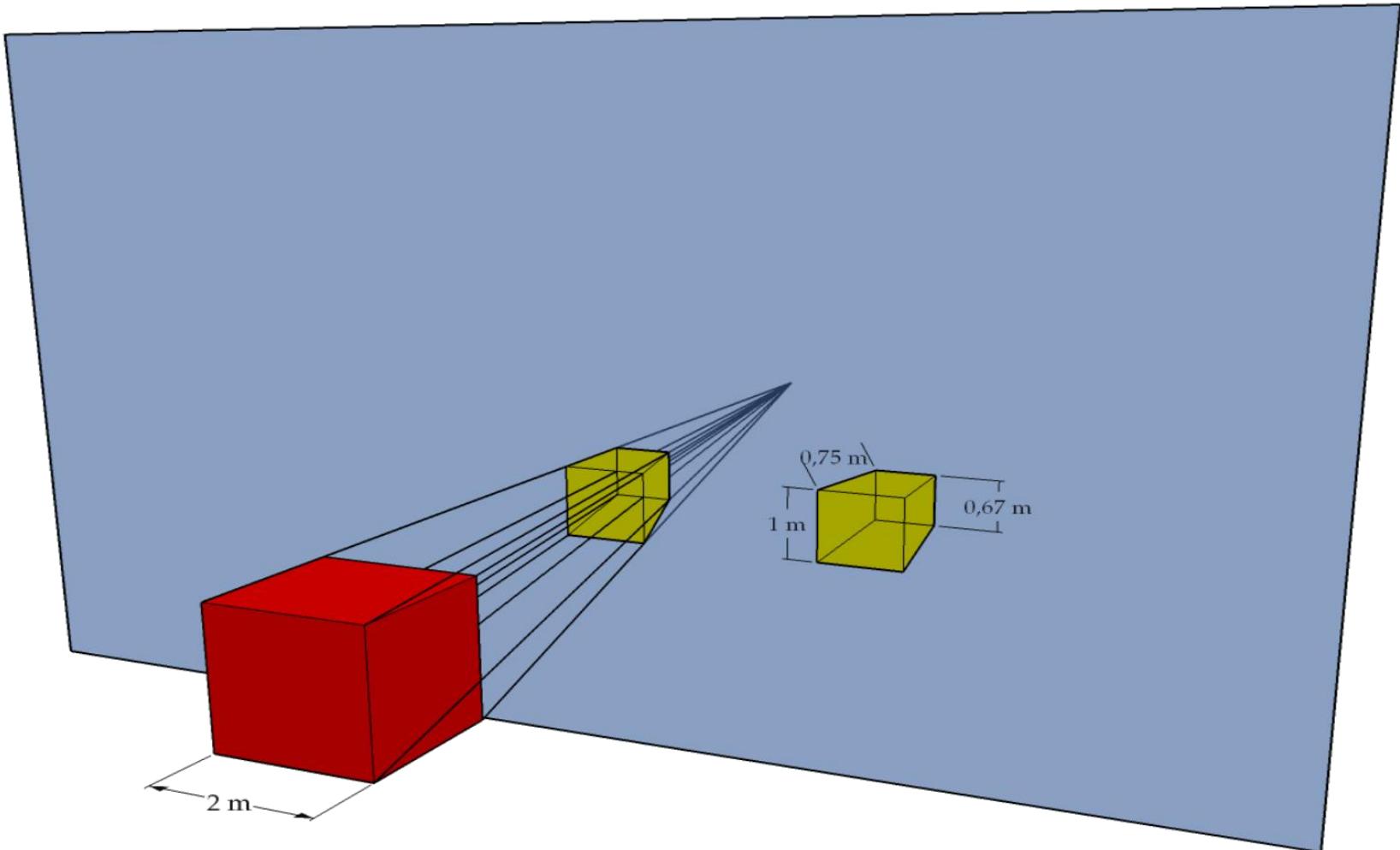
COMPONENTES DE UNA SEÑAL

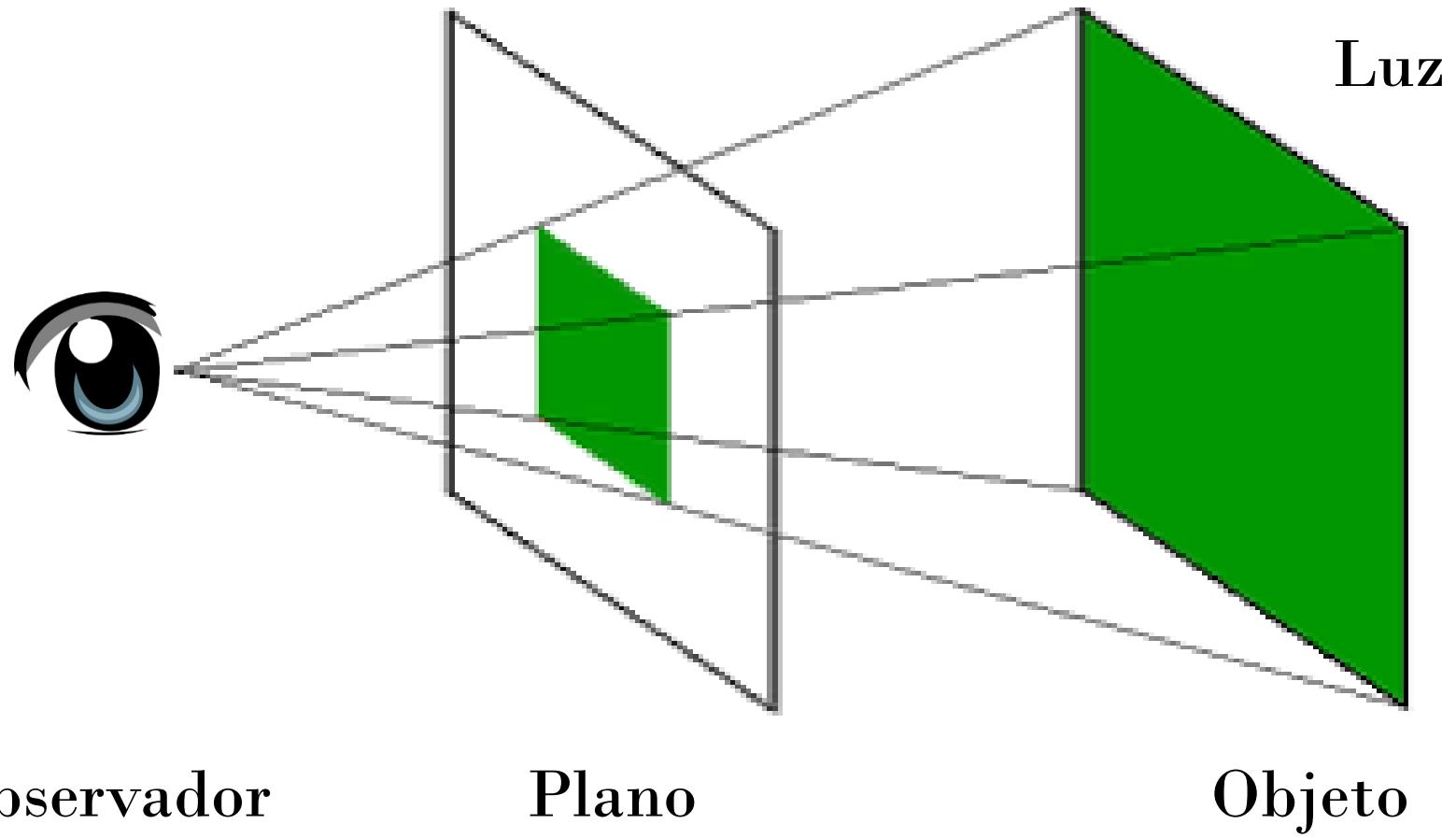


COMPONENTES DE UNA SEÑAL

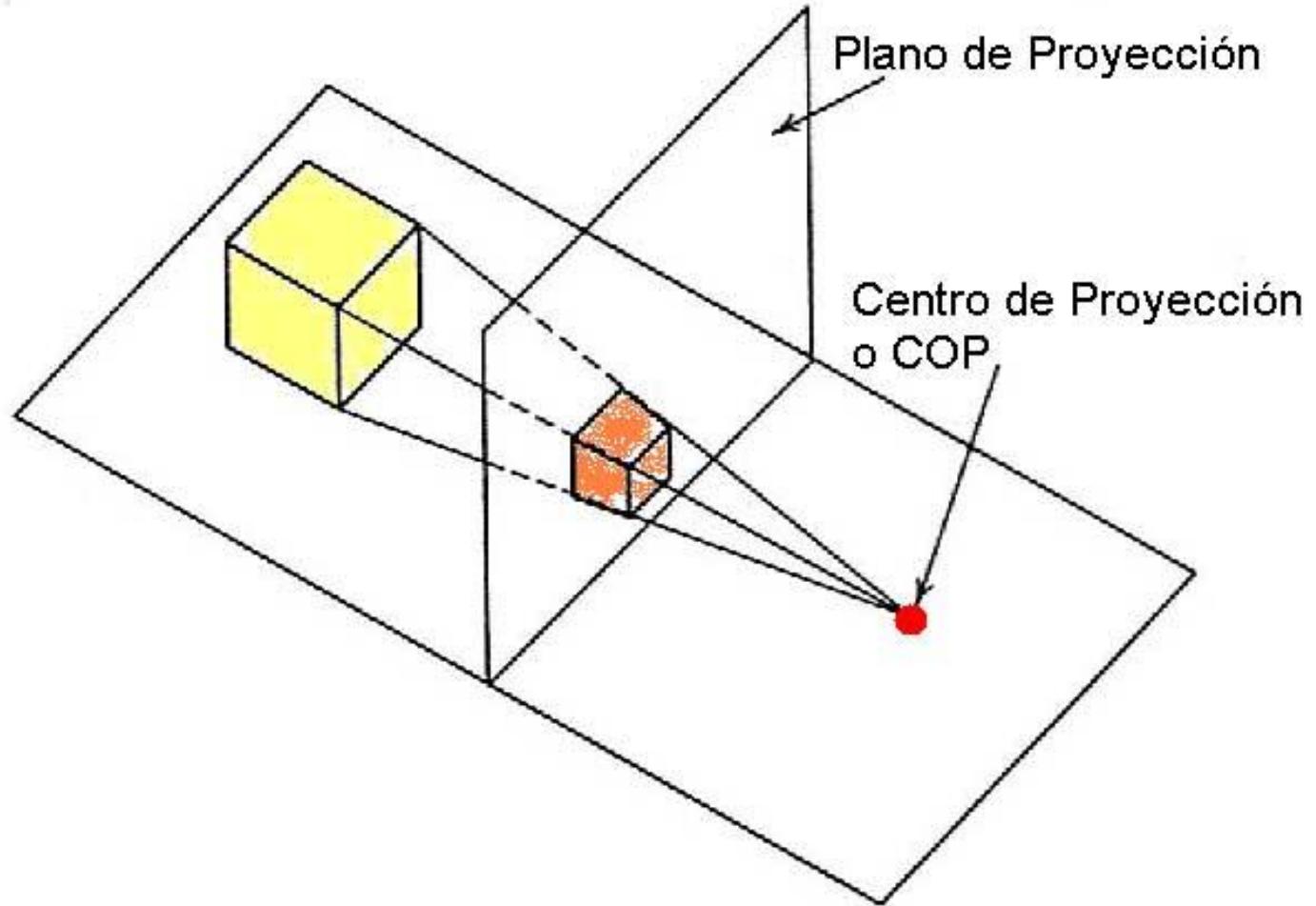


PLANO

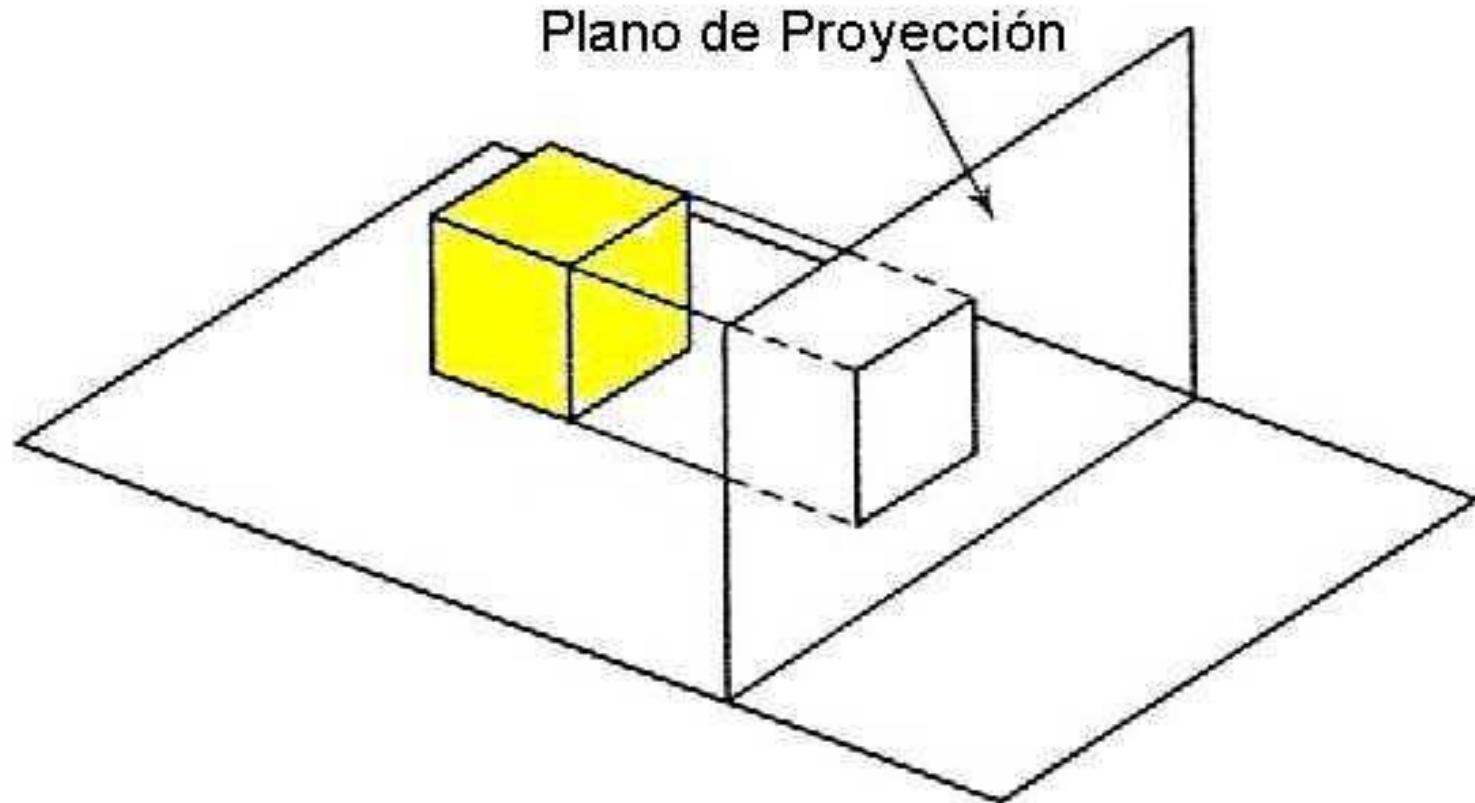




PROYECCIÓN PERSPECTIVA



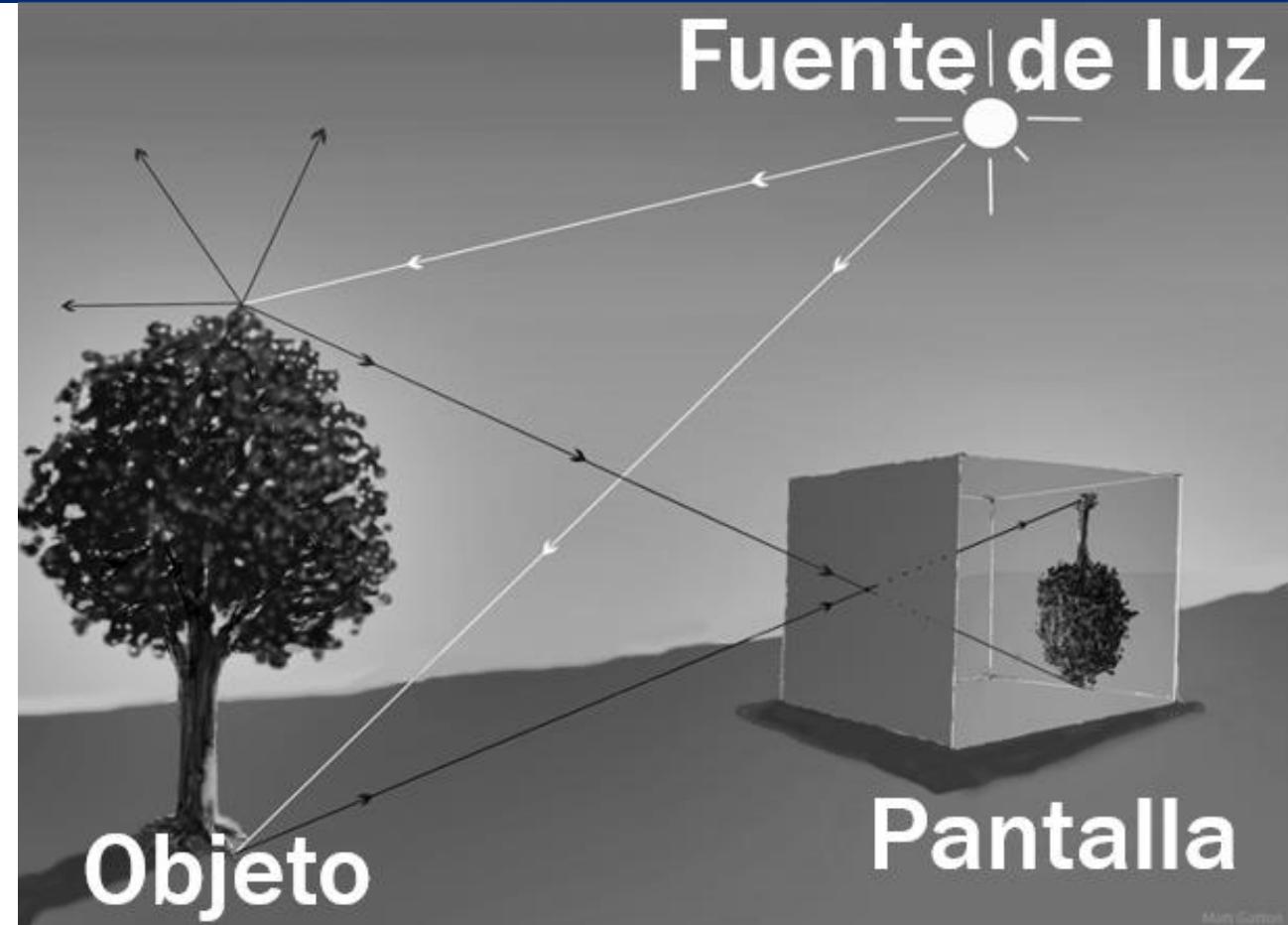
PROYECCIÓN ORTOGRÁFICA



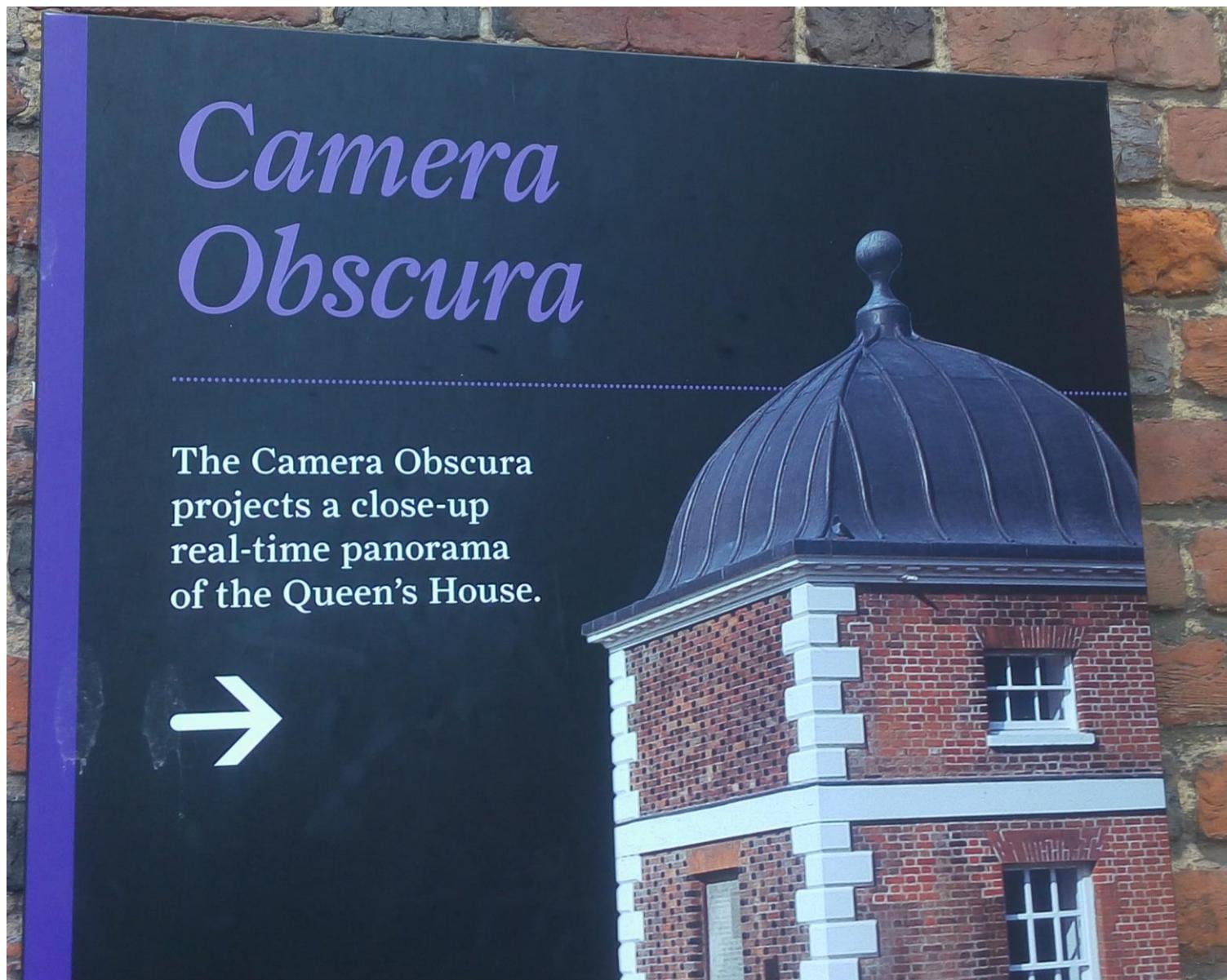
EJEMPLO 1 CÁMARA OSCURA

¿Qué es una cámara oscura?

En una habitación oscura con un pin hole en la pared, se proyecta una imagen del mundo en la pared opuesta. Los avances tecnológicos han permitido convertir una cámara oscura de una habitación a un instrumento portable.



John Flamsteed, el primer Astrónomo Real, observó el sol utilizando una cámara oscura que proyecta la imagen en una pantalla. En esta habitación usted puede utilizar esta cámara oscura para ver la casa de la Reyna (the Queen's House) en Greenwich, UK y el río Támesis.





PIN HOLE

PANTALLA



IMAGEN DEL MUNDO

EJEMPLO 2

ARREGLO DE LENTES

Óptica geométrica paraxial

Se asume que todos los rayos de luz pasan a través de los lentes y la normal a las superficies refractivas y esféricas de los lentes es pequeña. También se asume que los lentes son rotacionalmente simétricos con respecto al eje óptico.



CONTENIDO

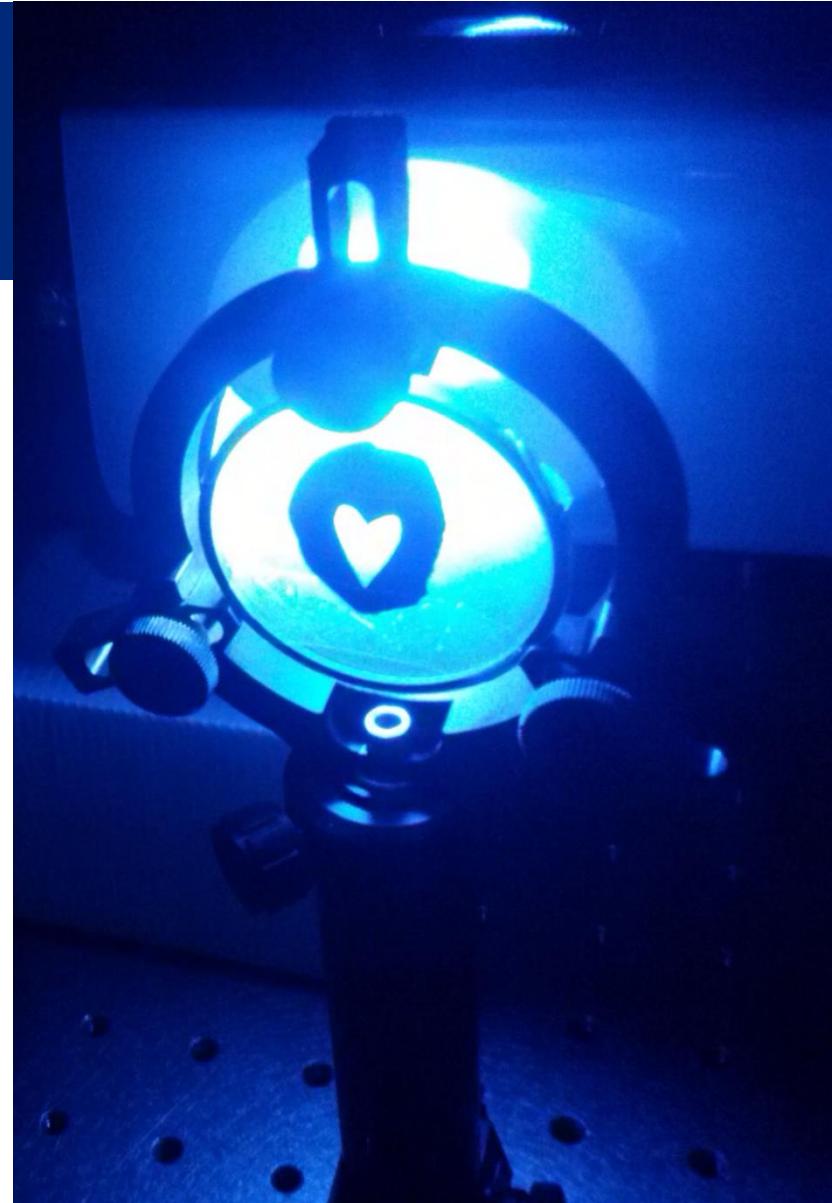
Introducción

Sistemas ópticos

Calibración de cámara

Introducción a las imágenes digitales

Procesamiento digital de imágenes

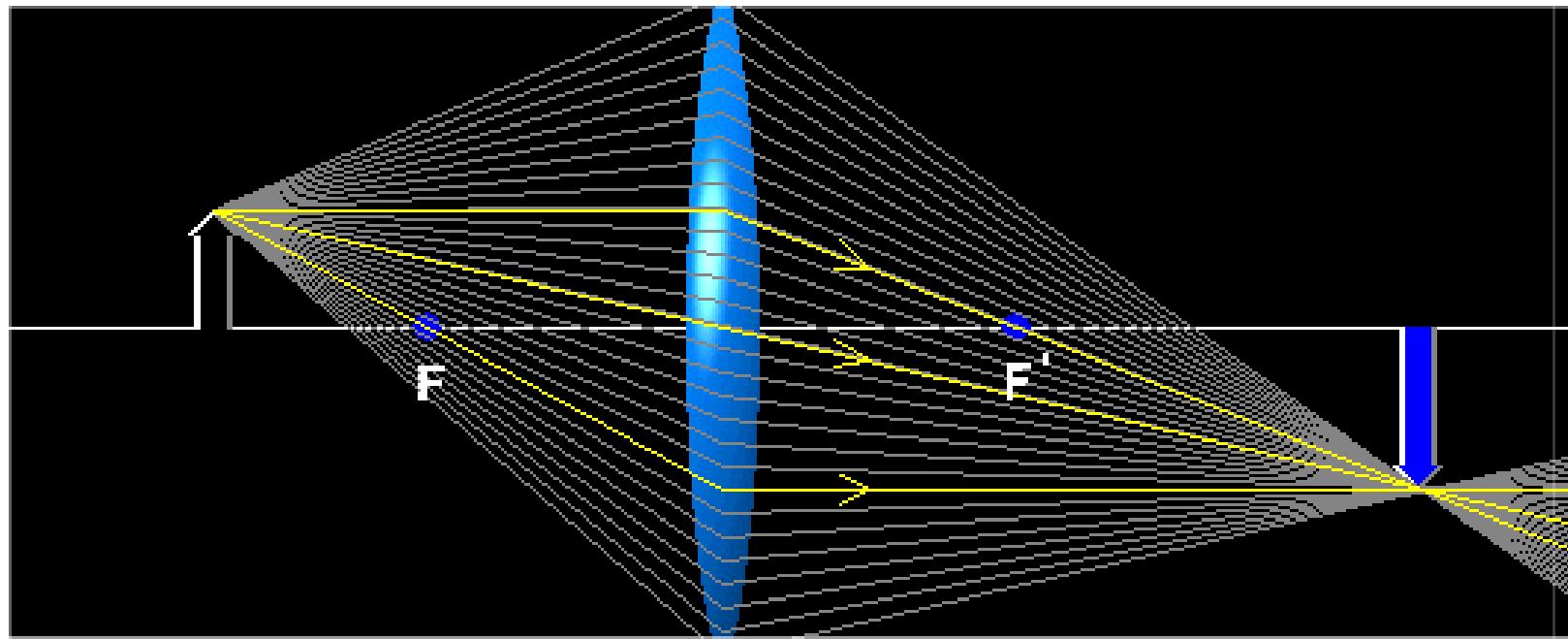


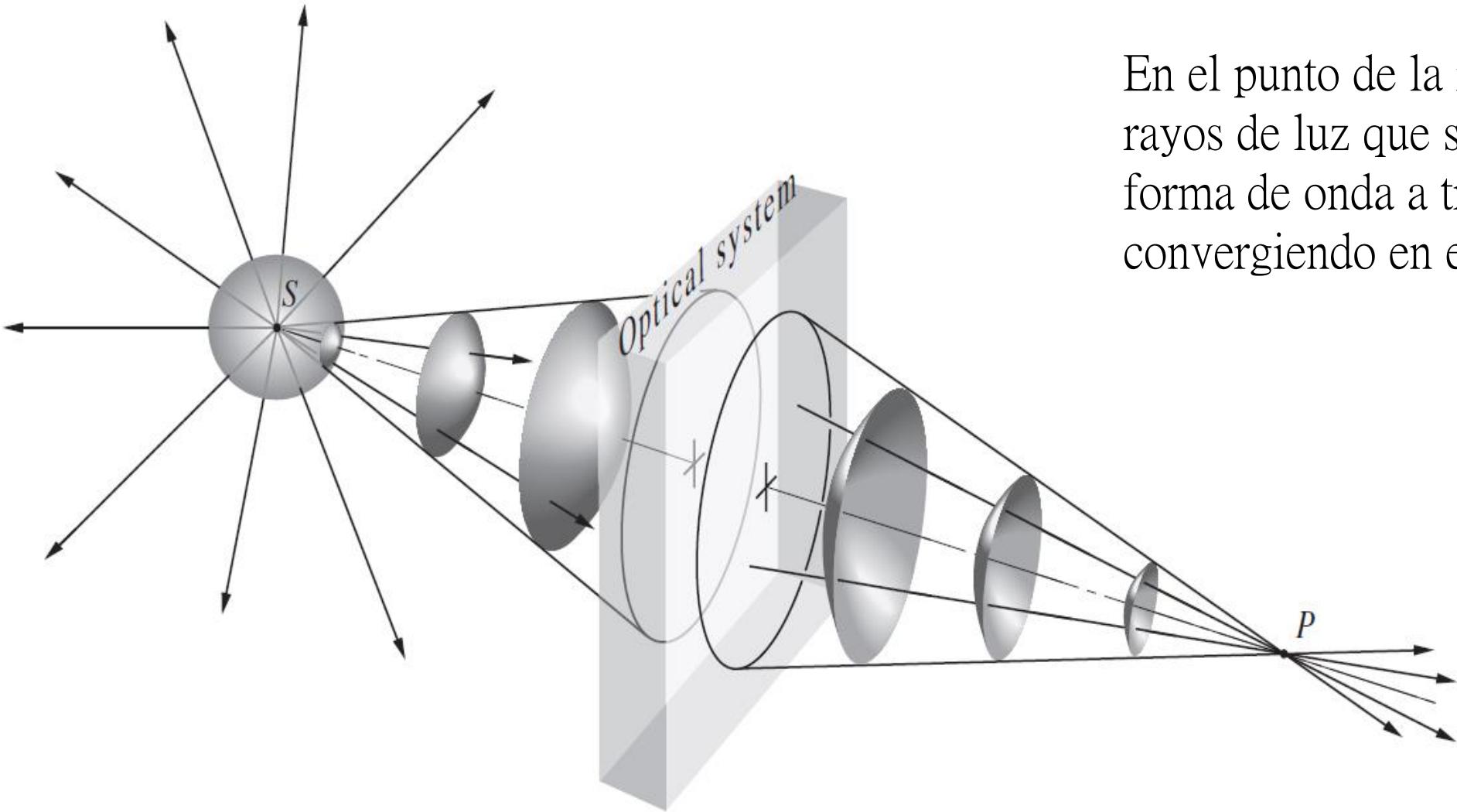
Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018

LENTES

Una lente concentra los rayos de luz provenientes de los objetos a visualizar, en un plano donde se formará su imagen para ser capturada por un sensor.



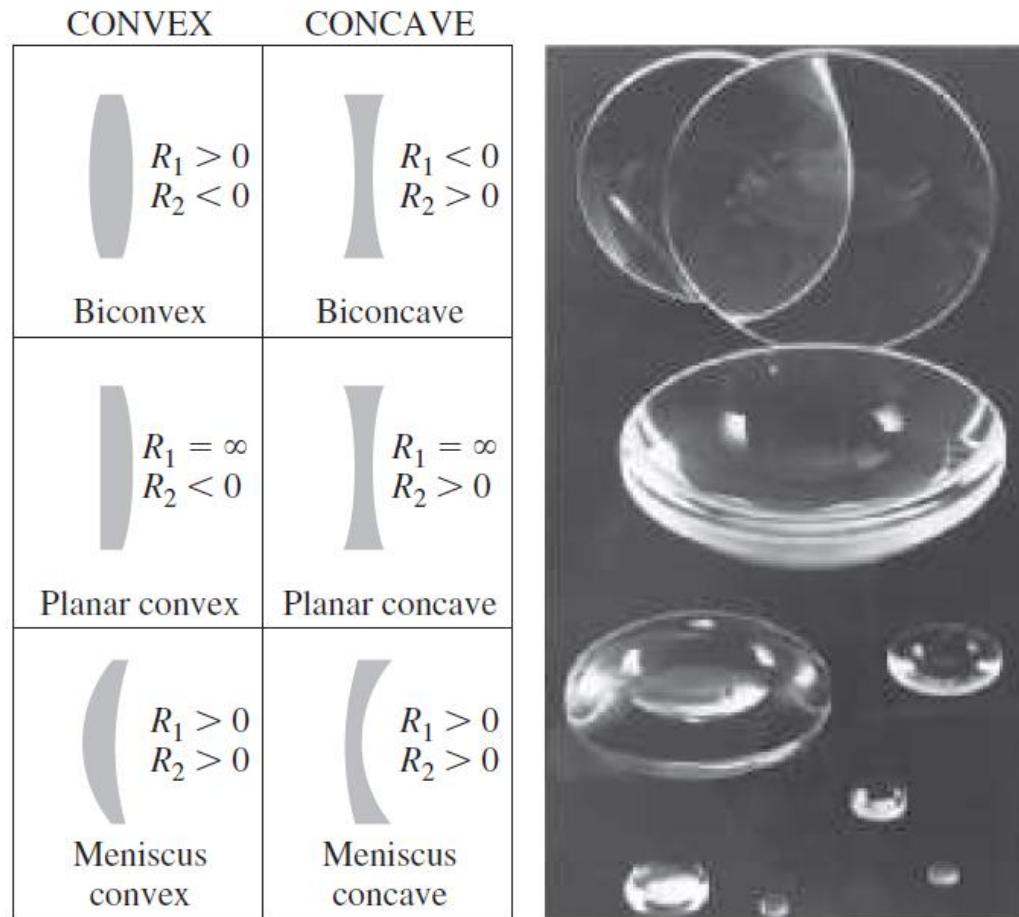


En el punto de la imagen S refleja rayos de luz que se transmiten en forma de onda a través de una lente convergiendo en el punto P .

CLASES DE LENTES

LENTES SIMPLES

Distancias focales variables

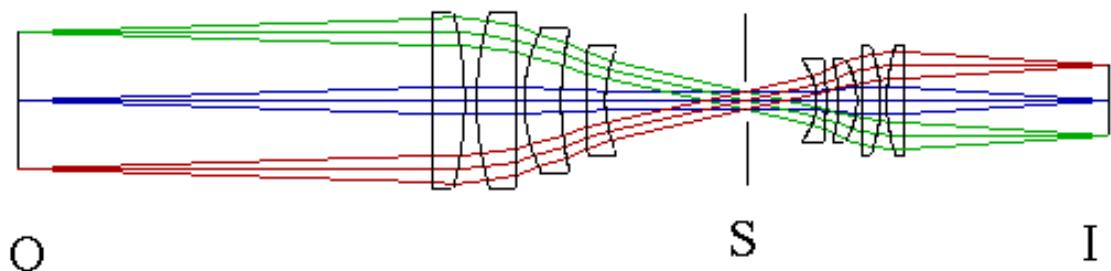


CLASES DE LENTES

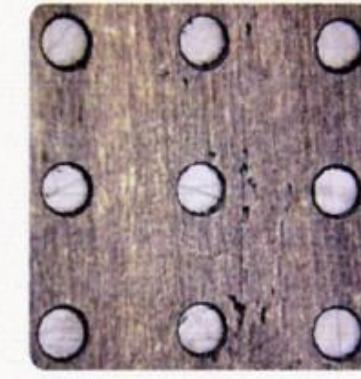
LENTES TELECÉNTRICAS

Distancias focales de 55 mm

Utilidad: Tienen una amplificación constante en todo el campo de visión de la lente



•Optica estandar



•Optica telecéntrica

CLASES DE LENTES

LENTE ZOOM

Distancias focales de 13 a 130 mm

Utilidad: Enfocar objetos a gran distancia.



CLASES DE LENTES

LENTES GRAN ANGULAR

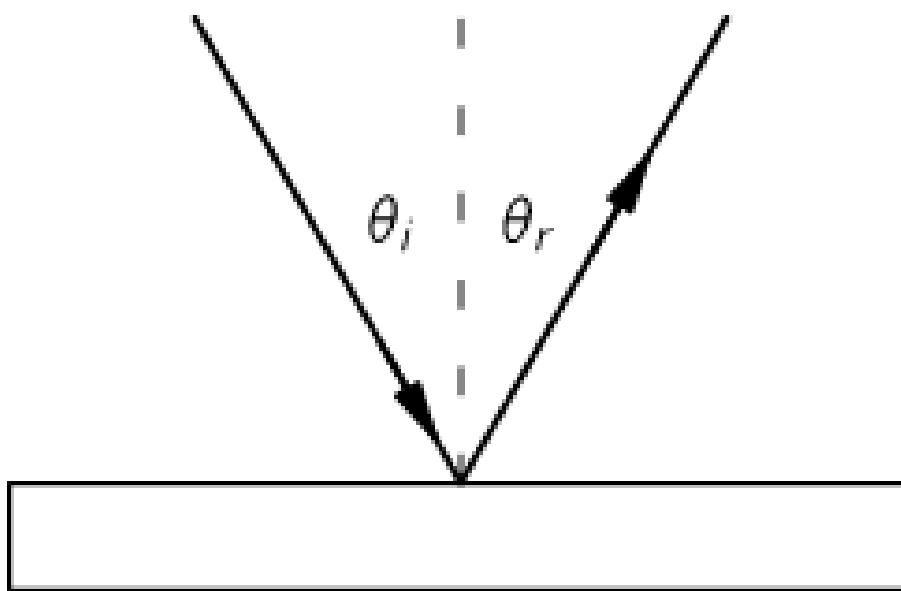
Distancias focales entre 18 y 35 mm

Utilidad: Tienen un ángulo de visión entre 60 y 180 grados se usa para vistas panorámicas.



REFLEXIÓN

Cuando un haz de luz golpea un espejo, este rebota en forma de un nuevo haz de luz.



REFLEXIÓN

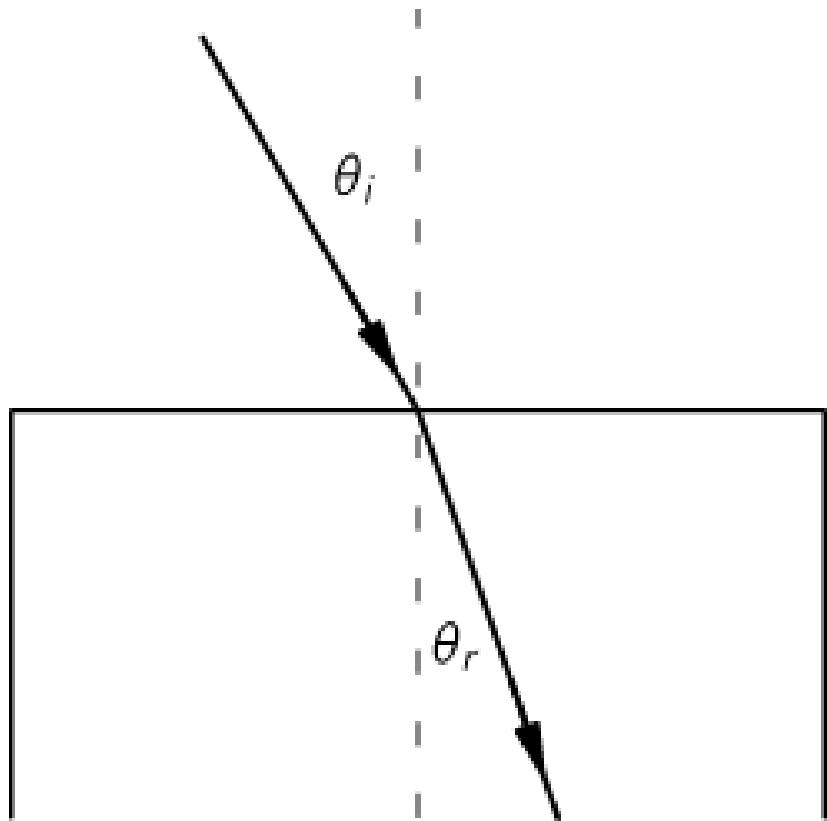
¿Cuál es la relación entre los dos ángulos involucrados?

$$\theta_i = \theta_T.$$

REFRACCIÓN

Cuando un haz de luz atraviesa dos medios de distintas densidades, con un ángulo de incidencia diferente a la normal de la superficie del medio 2, existirá un ángulo de desviación en el haz propagado en el medio 2.

REFRACCIÓN



El experimento de Claudio Ptolomeo (140 A.C.) dió lugar a la Ley de Snell (1621).

El índice de refracción siempre es mayor que 1.

http://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_26.html

REFRACCIÓN

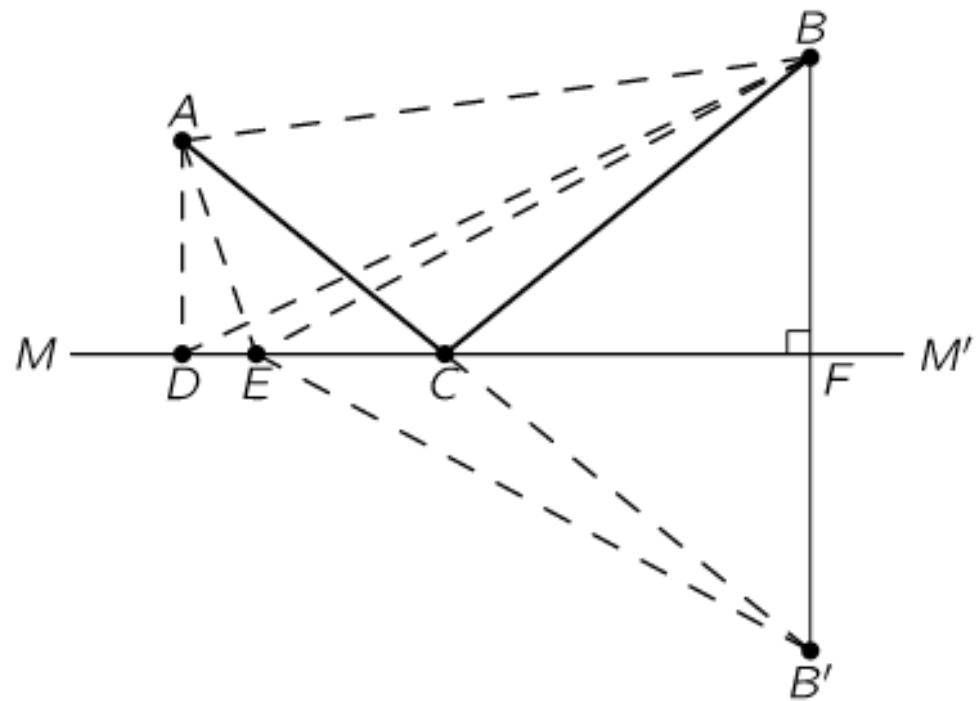
¿Cuál es la relación entre los dos ángulos involucrados?

$$\sin \theta_i = n \sin \theta_r.$$

PRINCIPIO DE FERMAT

“Fuera de cualquier camino que pueda tomar un haz de luz para viajar de un punto a otro, tomará el camino que requiera menor tiempo.”

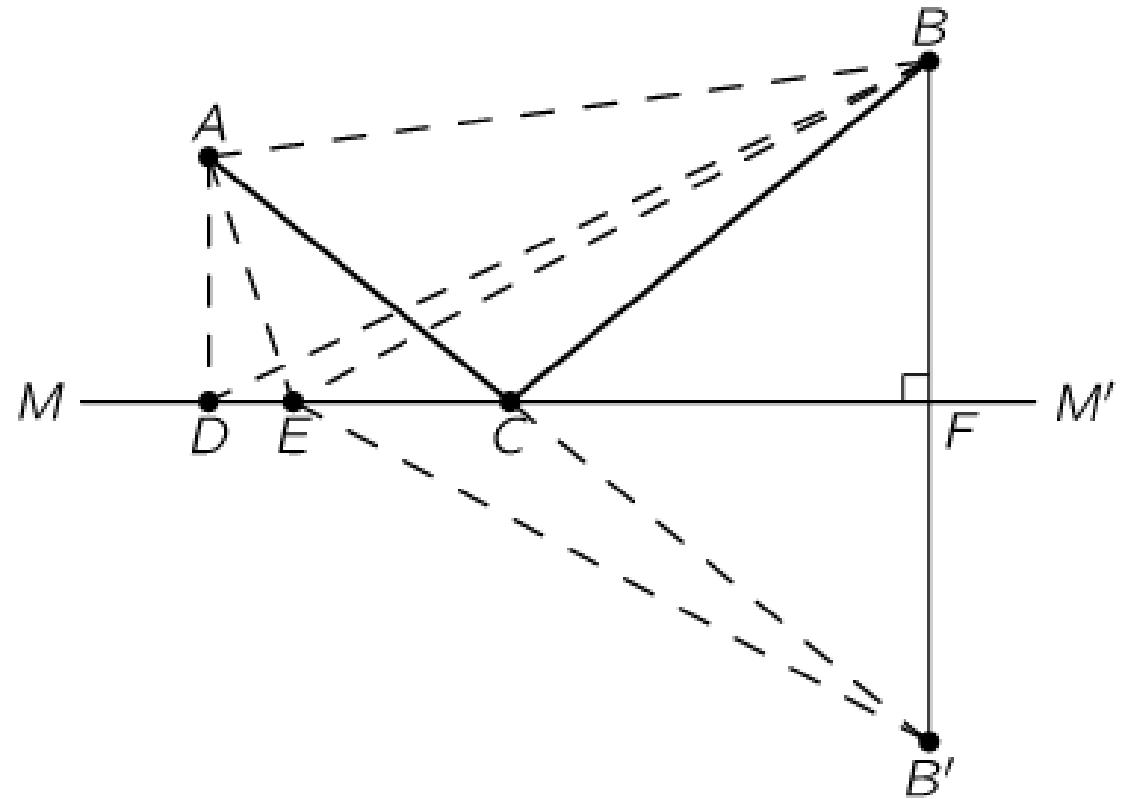
PRINCIPIO DE FERMAT



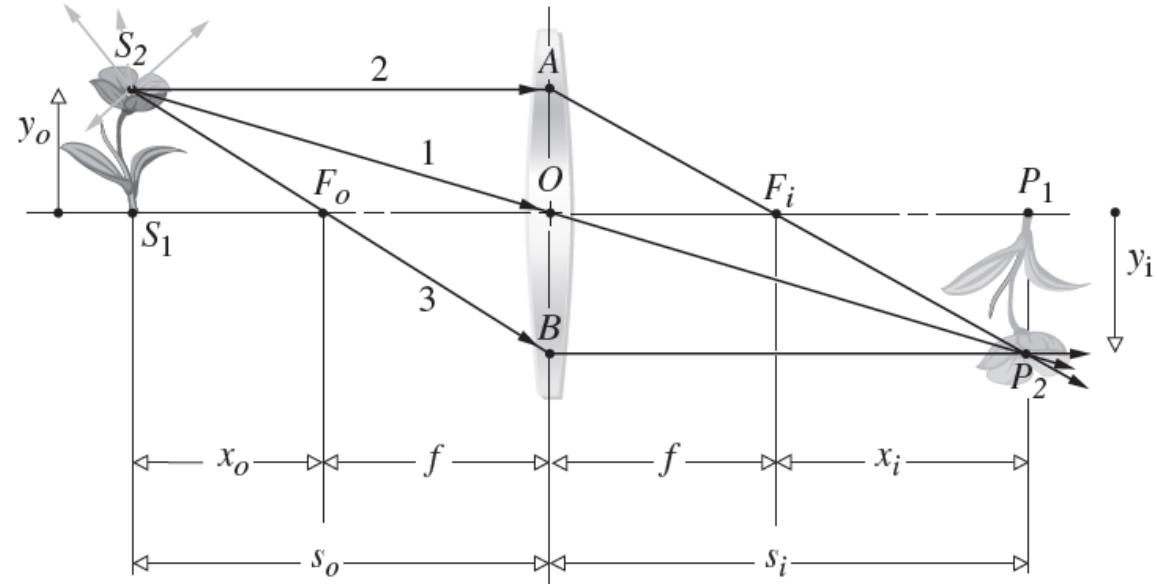
Considerando los puntos A y B, y el espejo plano MM'

¿Cuál es la trayectoria más corta de A a B?

Si existiera una Fuente de luz en el punto B y se dirigiera al espejo, la luz que va del punto A al B viaja en la misma dirección que si fuera del punto A a B'.



Ejercicios

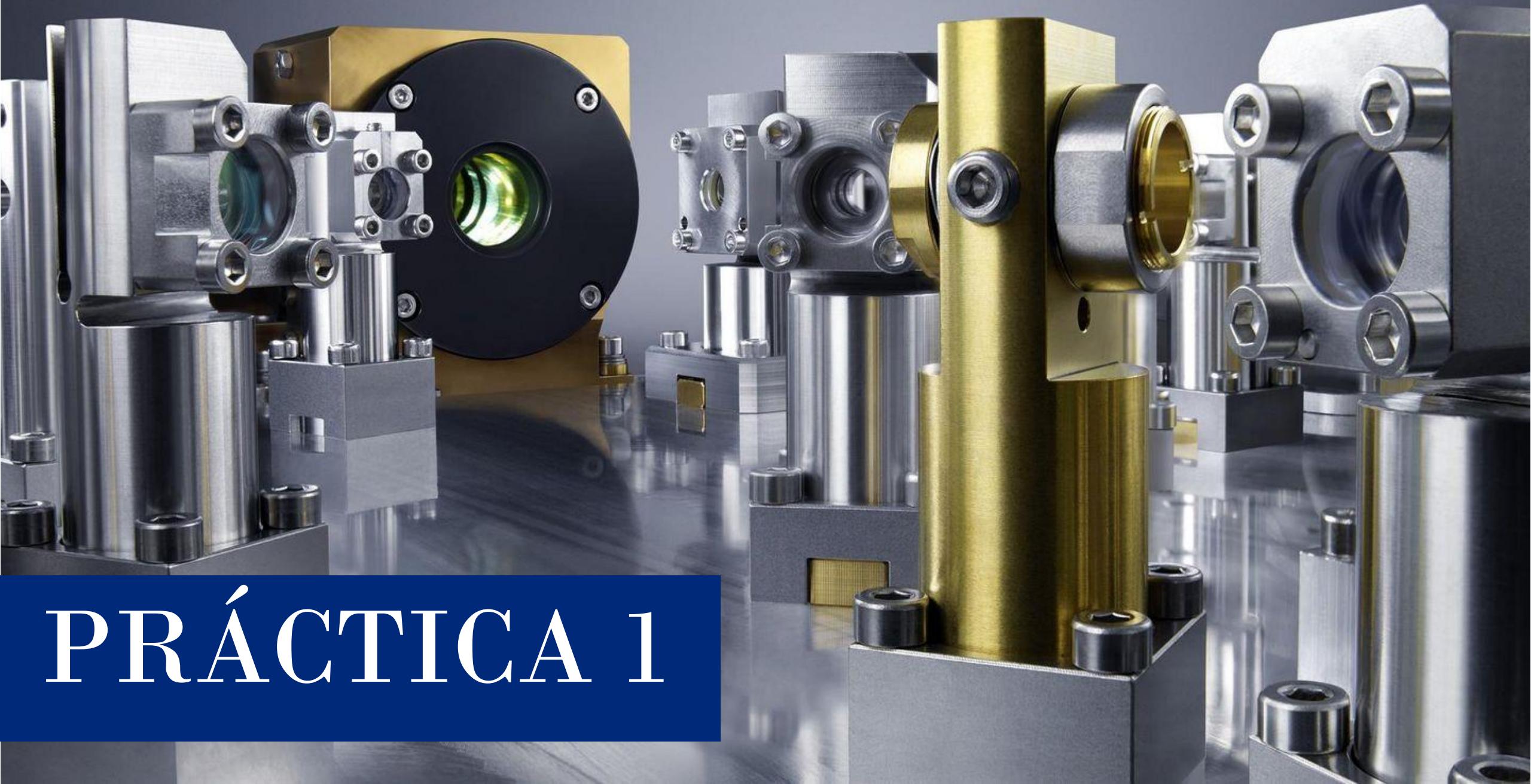


$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$$

Partiendo de la formula Gaussiana de lentes, estima a que distancia de la lente se formará la imagen.

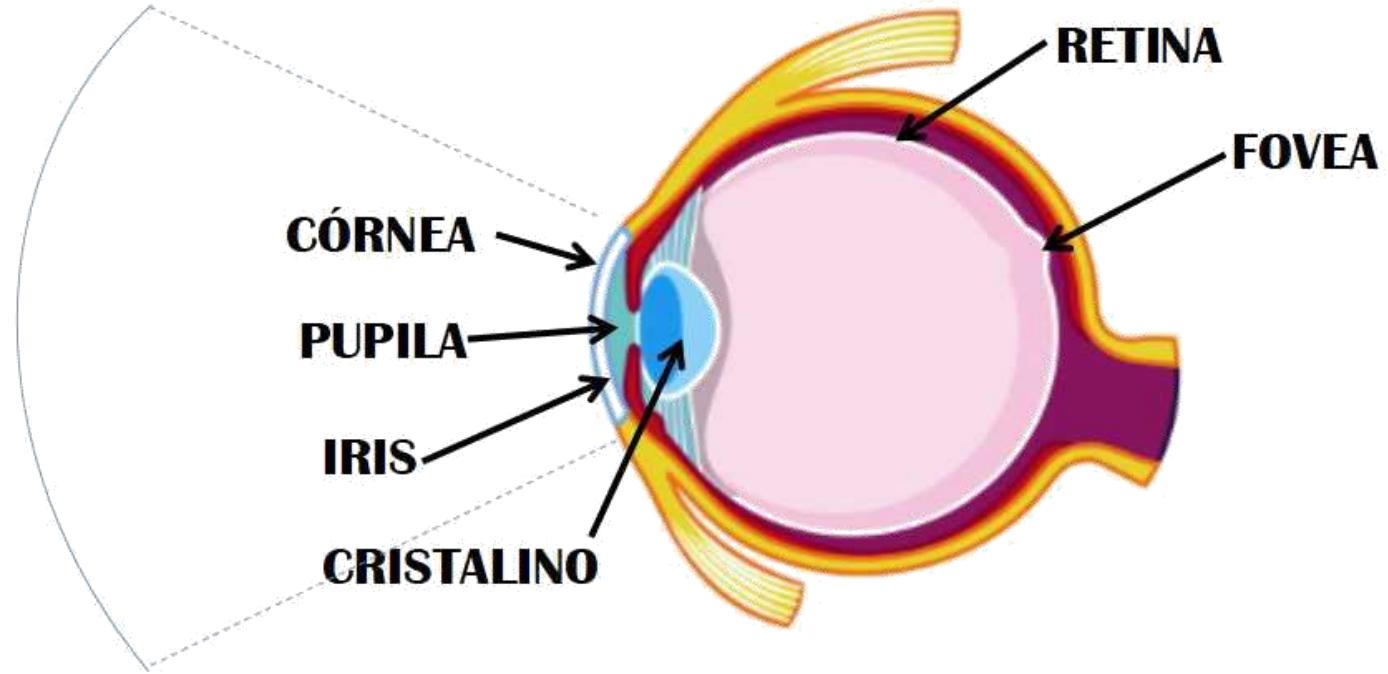
Realiza un arreglo de lentes para la formación de una imagen invertida.

PRÁCTICA 1

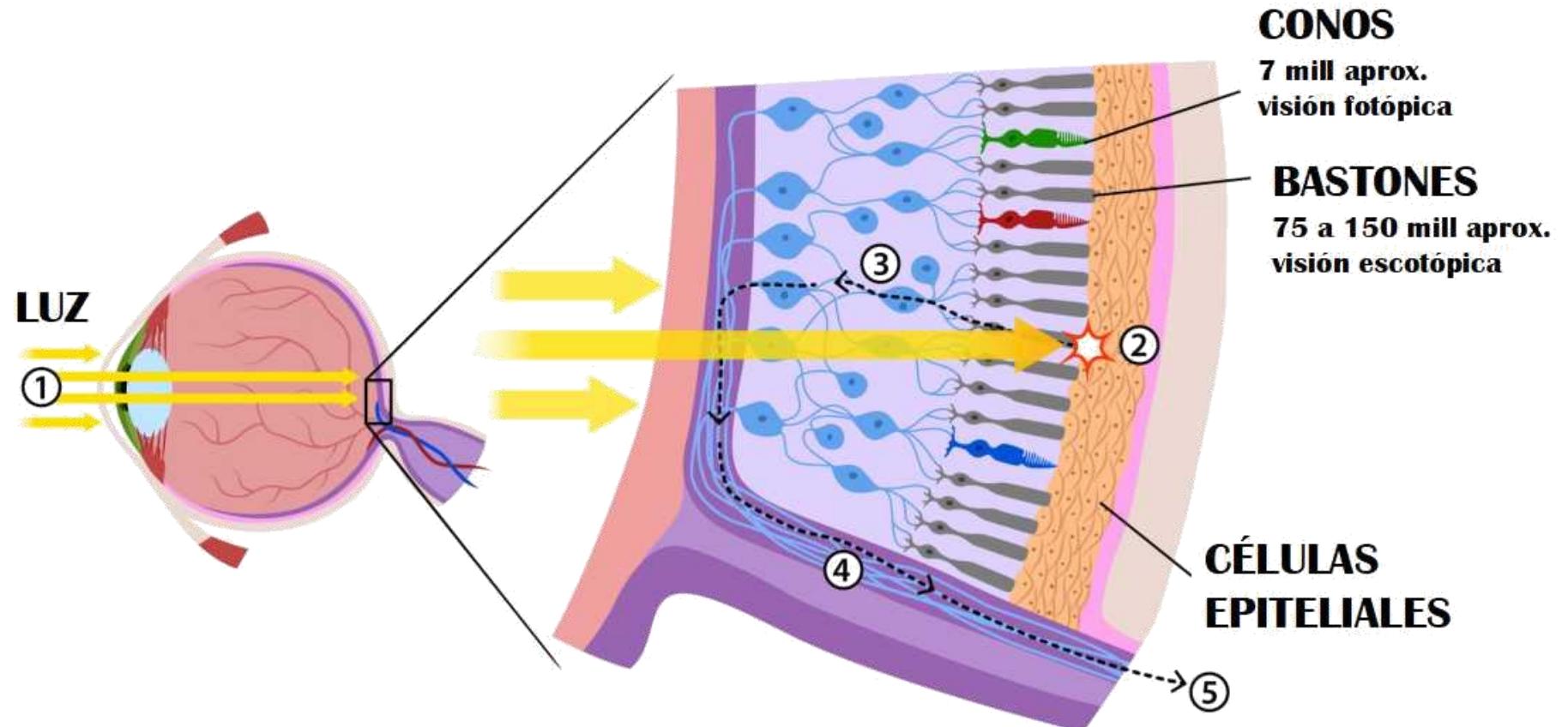


ANATOMÍA OJO

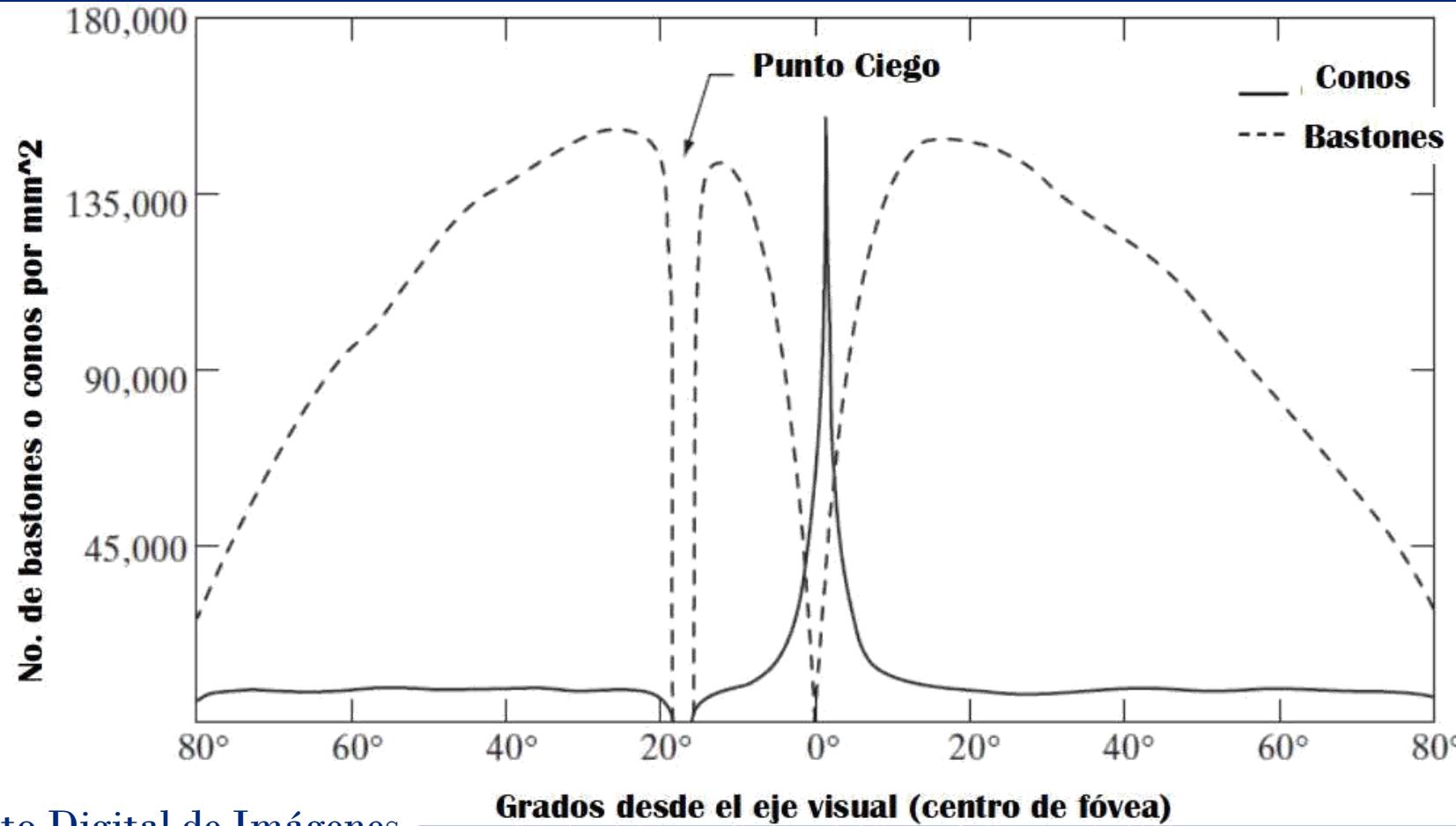
**135° ALTO
160° ANCHO**



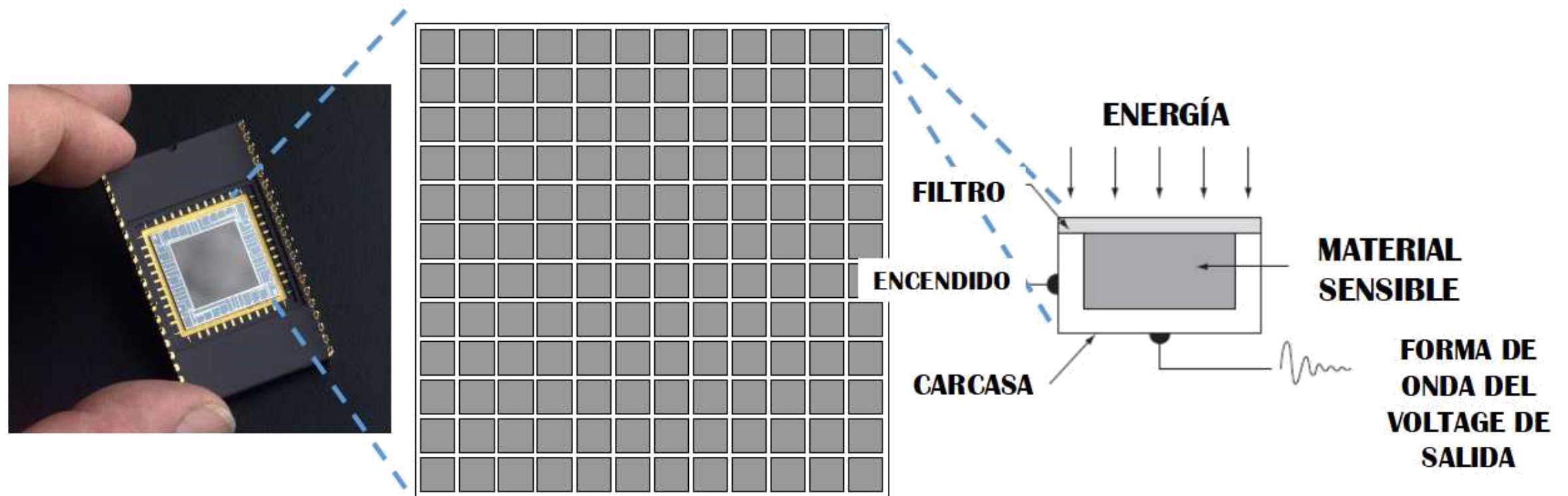
ANATOMÍA OJO



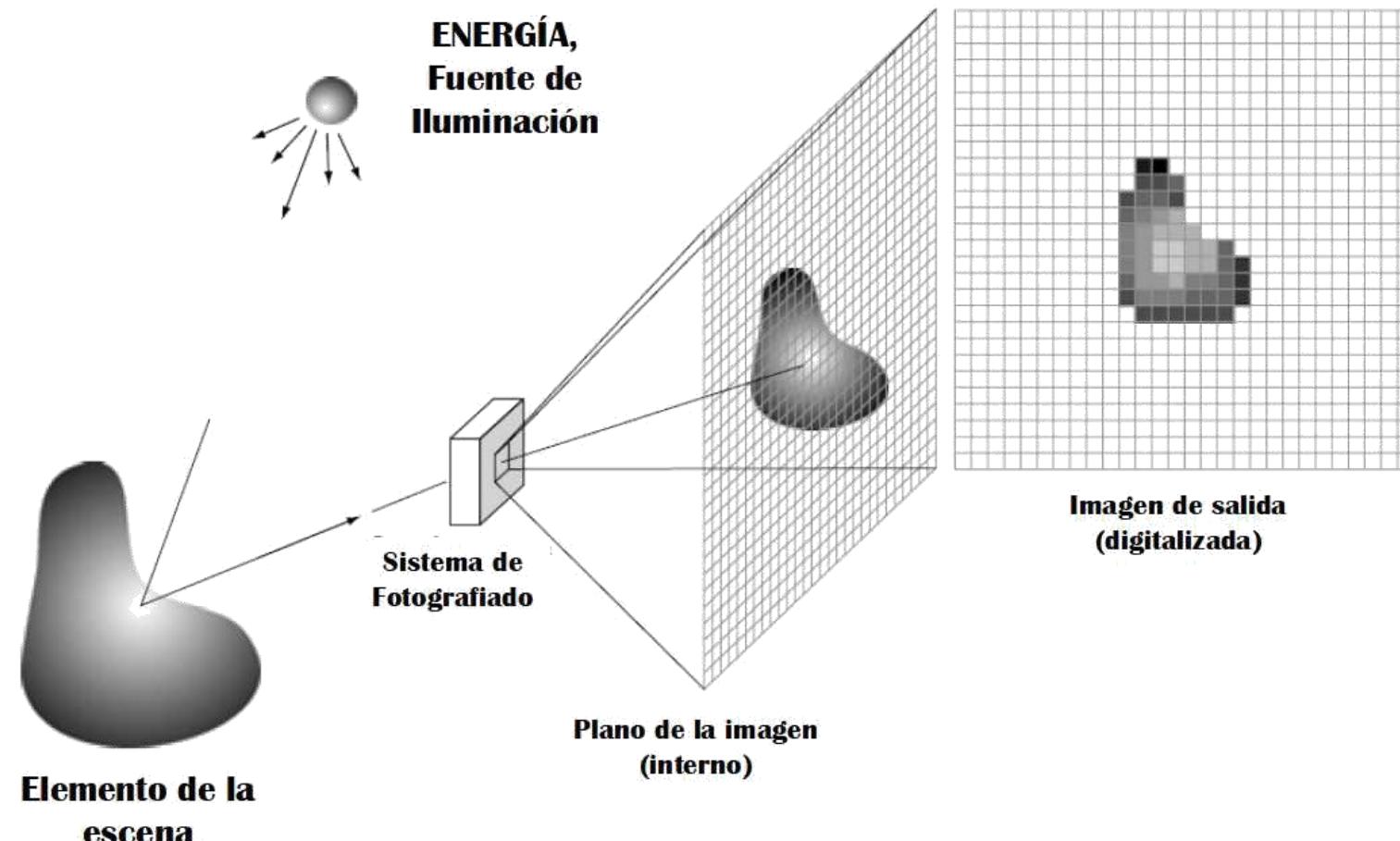
ANATOMÍA OJO



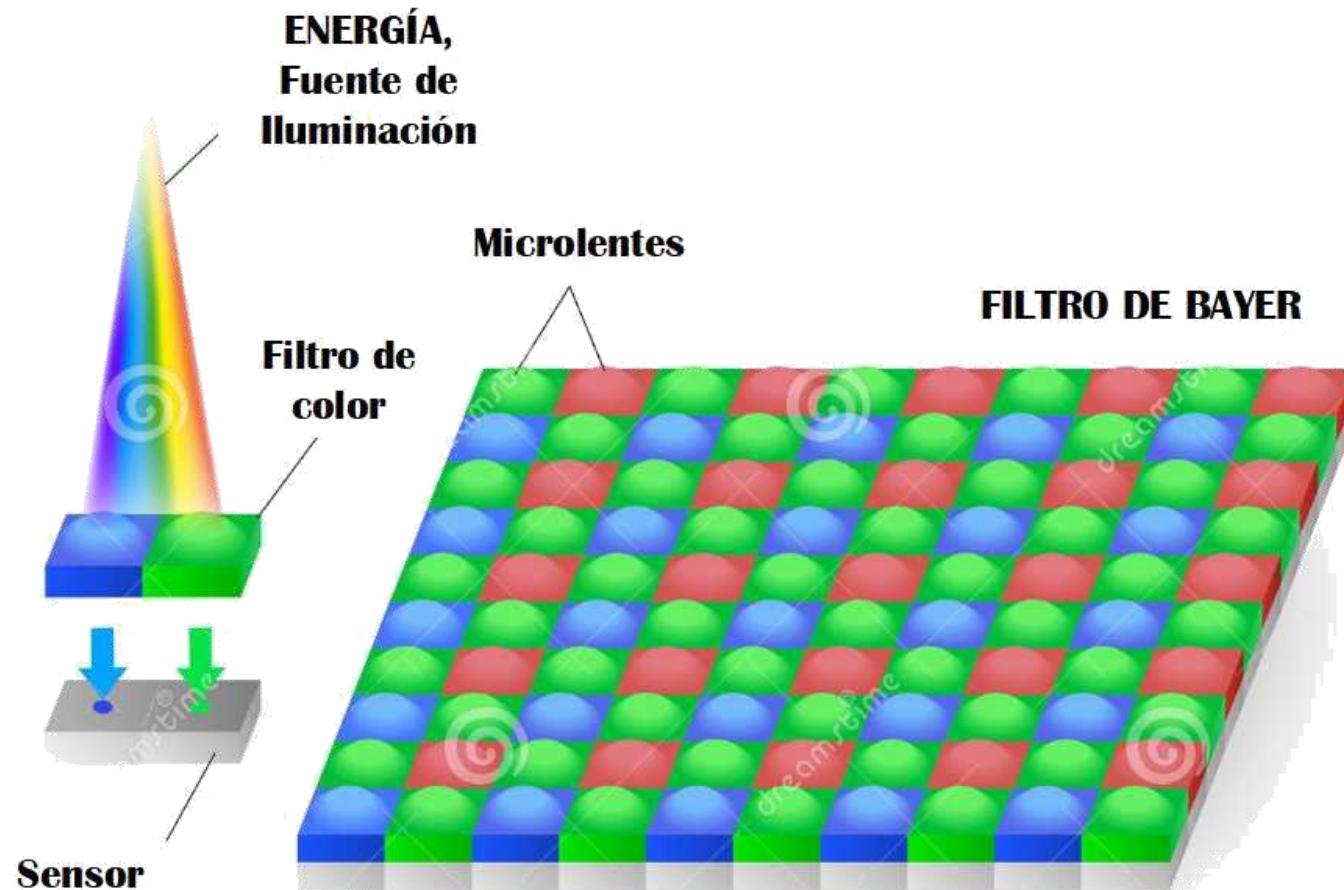
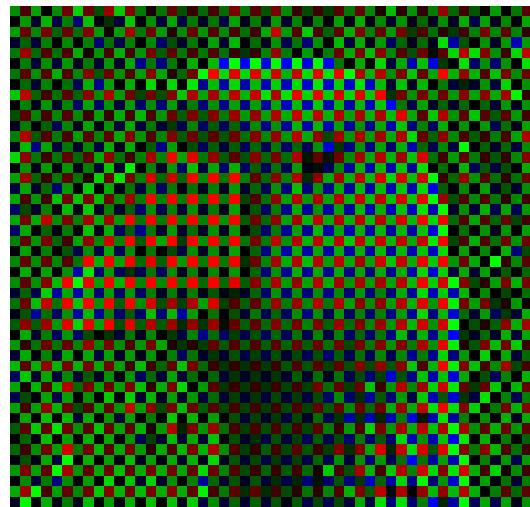
CCD CHARGED COUPLED DEVICE



CCD CHARGED COUPLED DEVICE



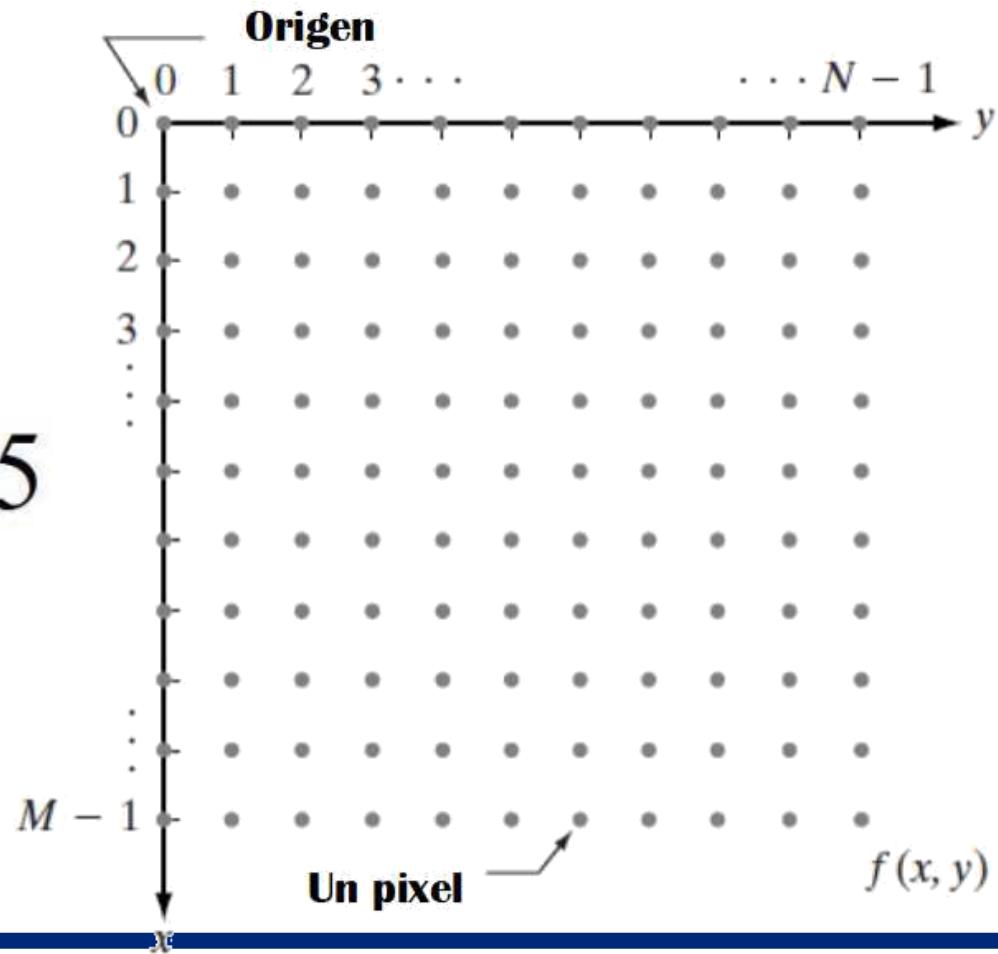
CCD CHARGED COUPLED DEVICE



Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

CCD CHARGED COUPLED DEVICE

$$0 < f(x, y) < 255$$



CCD CHARGED COUPLED DEVICE

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \cdots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \cdots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \cdots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix}.$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \cdots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix}.$$

HERRAMIENTAS OPEN SOURCE

Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018

49





- *The mission: ... to promote, protect, and advance the Python programming language, and to support and facilitate the growth of a diverse and international community of Python programmers.*
- —from the *Mission Statement* page

Función factorial en C (indentación opcional)

```
int factorial(int x)
{
    if (x < 0 || x % 1 != 0) {
        printf("x debe ser un numero entero mayor o igual a 0");
        return -1; //Error
    }
    if (x == 0) {
        return 1;
    }
    return x * factorial(x - 1);
}
```

Función factorial en Python (indentación obligatoria)

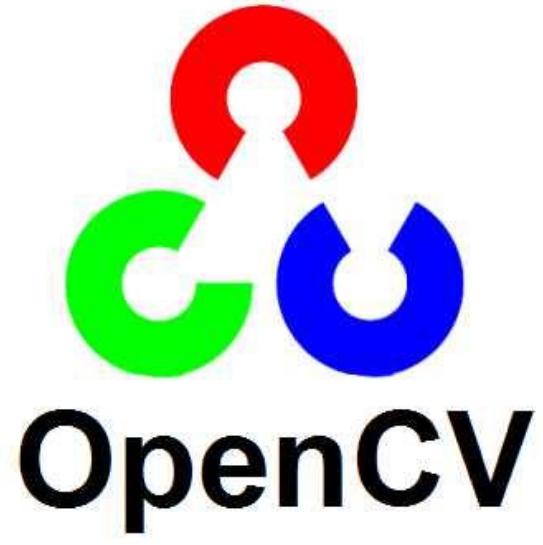
```
def factorial(x):
    assert x >= 0 and x % 1 == 0, "x debe ser un entero mayor o
    igual a 0."
    if x == 0:
        return 1
    else:
        return x * factorial(x - 1)
```



With over 6 million users, the open source Anaconda Distribution is the fastest and easiest way to do Python and R data science and machine learning on Linux, Windows, and Mac OS X. It's the industry standard for developing, testing, and training on a single machine.



Project Jupyter exists to develop open-source software, open-standards, and services for interactive computing across dozens of programming languages.



OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

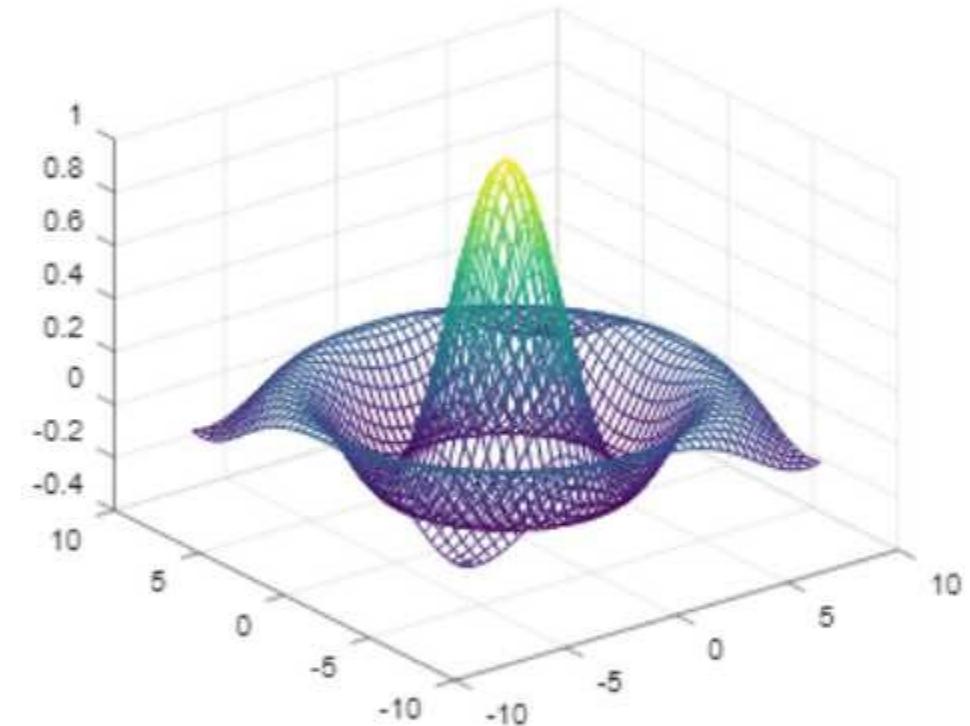
It has C++, Python and Java interfaces and supports Windows, Linux, Mac OS, iOS and Android.

OpenCV was designed for computational efficiency and with a strong focus on real-time applications.



Scientific Programming Language

- Powerful mathematics-oriented syntax with built-in plotting and visualization tools
- Free software, runs on GNU/Linux, macOS, BSD, and Windows
- Drop-in compatible with many Matlab scripts



CONTENIDO

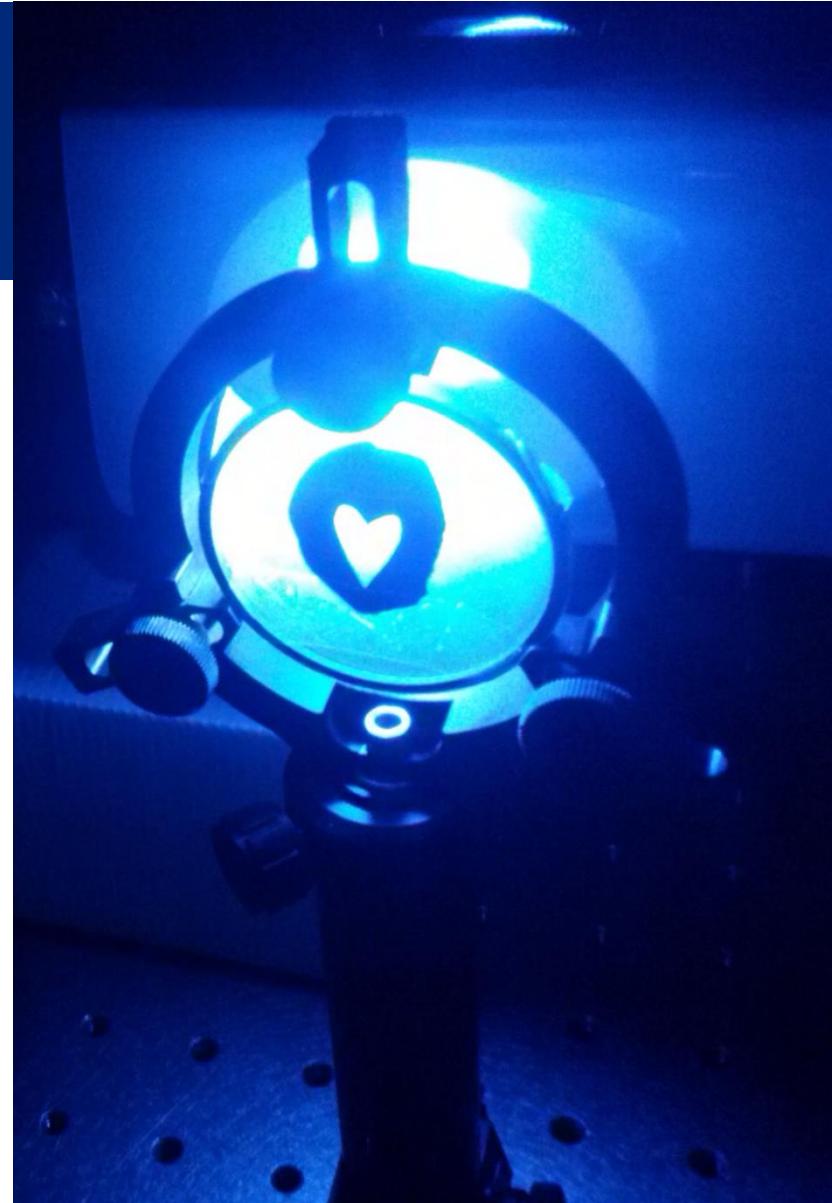
Introducción

Sistemas ópticos

Calibración de cámara

Introducción a las imágenes digitales

Procesamiento digital de imágenes



Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

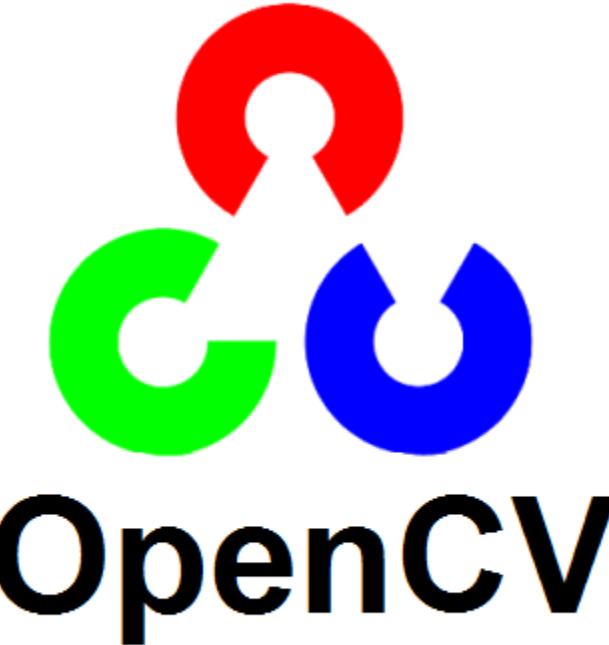
13 de Octubre de 2018

PRÁCTICA

```
mirror_object to mirror_mod.mirror_object
operation == "MIRROR_X":
    mirror_mod.use_x = True
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Y":
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = True
    mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Z":
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = True

#selection at the end - add line
    _ob.select= 1
    mirr_ob.select=1
    context.scene.objects.active = eval(
        ("Selected" + str(modifier)))
    mirror_ob.select = 0
    bpy.context.selected_objects = []
    data.objects[one.name].select = 1
    print("please select exactly one object")
    print("press enter to continue")
    input()

OPERATOR CLASSES
```



Abre la práctica
camera_calibration.ipynb

CONTENIDO

Introducción

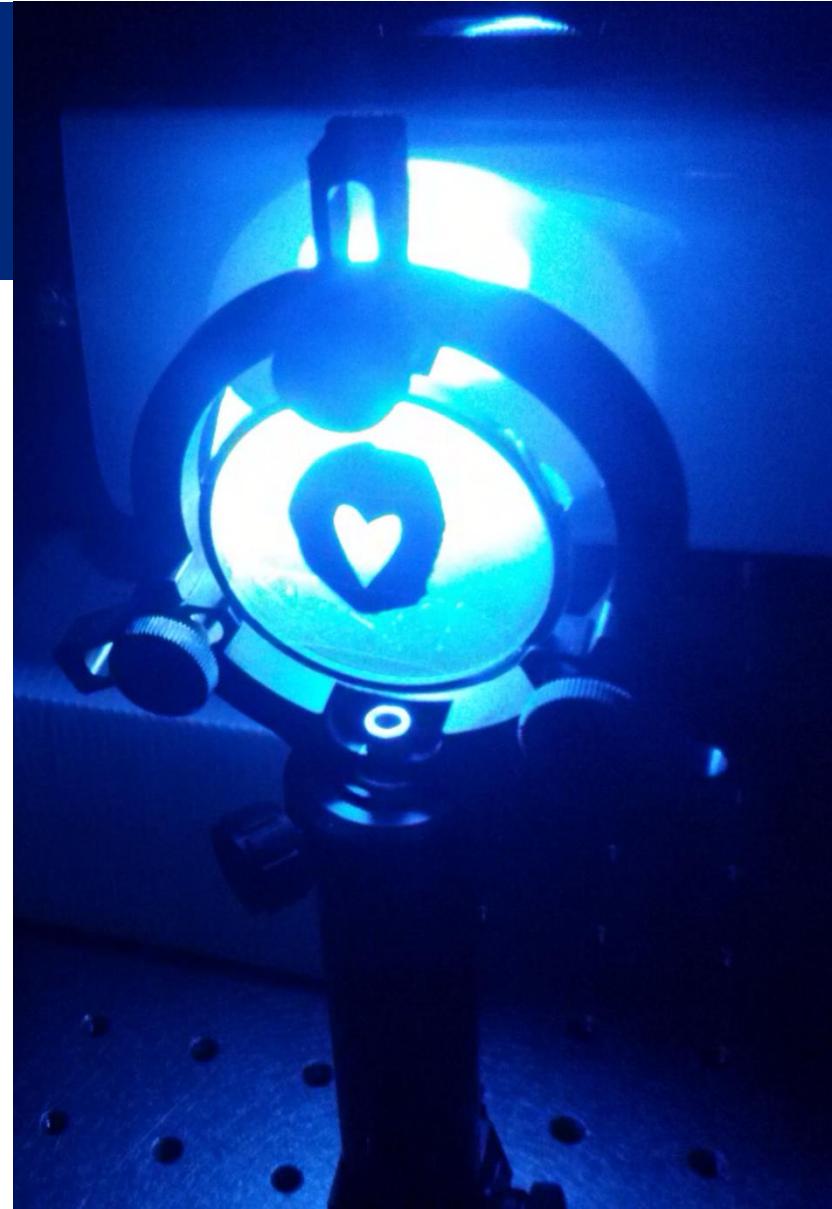
Sistemas ópticos

Calibración de cámara

Introducción a las imágenes digitales

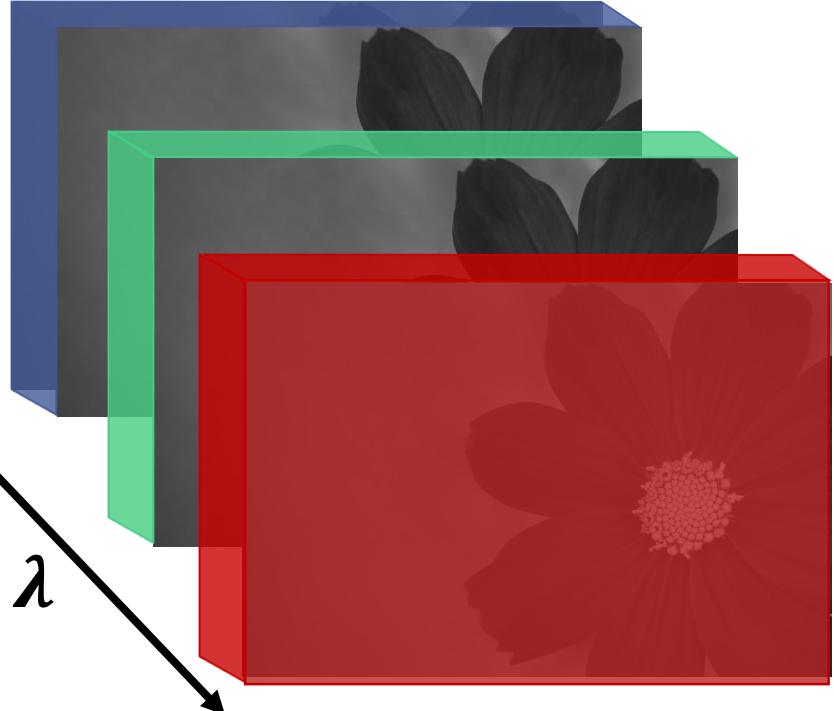
Procesamiento digital de imágenes

Curso de Procesamiento Digital de Imágenes



COLOR

RGB

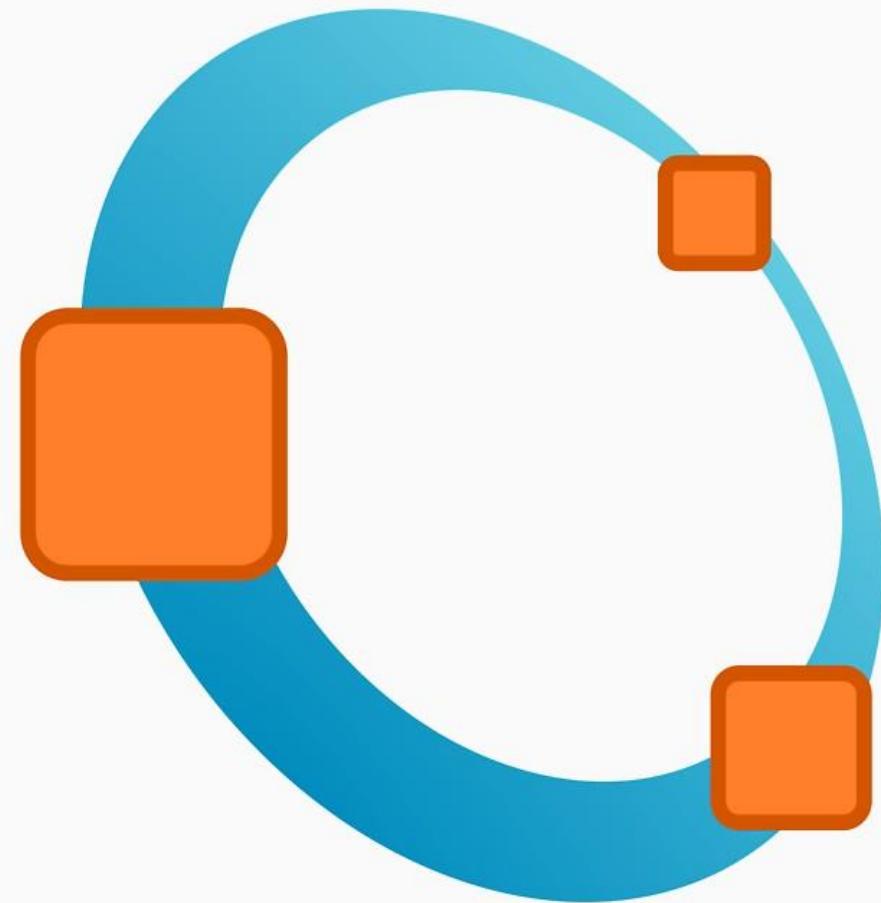


PRÁCTICA

```
mirror object to mirror
mirror_mod.mirror_object =
operation == "MIRROR_X":
mirror_mod.use_x = True
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Y":
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = True
mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Z":
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = True

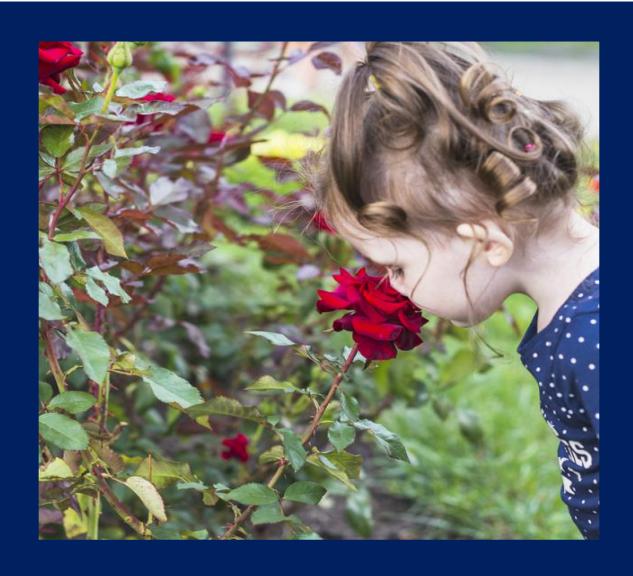
#selection at the end - add last
ob.select= 1
mirr_ob.select=1
context.scene.objects.active = 
("Selected" + str(modifier))
mirr_ob.select = 0
bpy.context.selected_objects = 
data.objects[one.name].select
int("please select exactly one
OPERATOR CLASSES -----
```

pkg load image



Ejecuta la práctica
ImageRGB.m

TAMAÑO



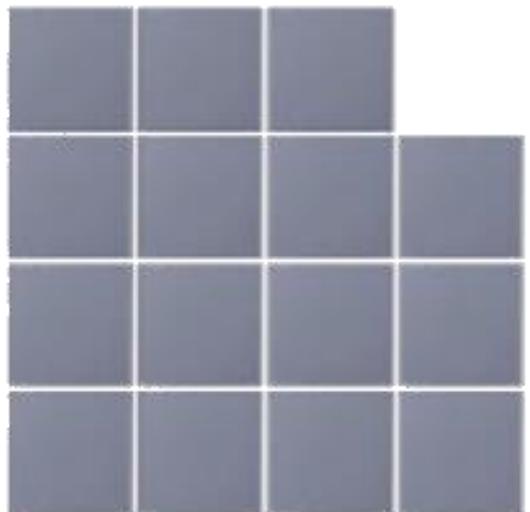
Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018

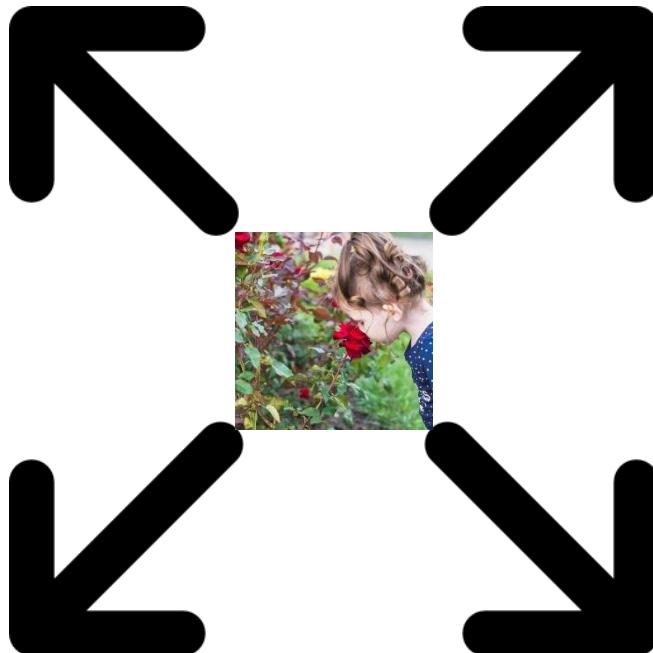
61

TAMAÑO

2D



$m \times n$ pixeles



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 16 | 45 | 36 | 39 | 32 | 33 | 39 | 34 | 51 | 51 | 76 | 97 | 100 | 121 | 126 | 147 | 149 | 150 | 146 | 146 | 145 | 153 |
| 10 | 39 | 41 | 48 | 52 | 56 | 74 | 81 | 102 | 106 | 163 | 194 | 201 | 210 | 221 | 199 | 199 | 152 | 152 | 91 | 95 | 61 |
| 36 | 32 | 42 | 42 | 54 | 54 | 77 | 74 | 104 | 102 | 163 | 198 | 192 | 211 | 211 | 205 | 203 | 150 | 155 | 92 | 94 | 60 |
| 93 | 95 | 117 | 118 | 140 | 140 | 166 | 166 | 186 | 195 | 213 | 220 | 226 | 210 | 217 | 176 | 166 | 117 | 108 | 55 | 45 | 21 |
| 37 | 91 | 116 | 117 | 142 | 142 | 164 | 166 | 189 | 181 | 216 | 223 | 221 | 215 | 213 | 178 | 177 | 111 | 118 | 44 | 53 | 18 |
| 71 | 172 | 188 | 184 | 203 | 200 | 216 | 211 | 215 | 215 | 191 | 186 | 180 | 167 | 166 | 143 | 141 | 112 | 105 | 81 | 75 | 72 |
| 70 | 172 | 187 | 185 | 201 | 199 | 213 | 214 | 215 | 214 | 195 | 183 | 180 | 168 | 168 | 143 | 143 | 110 | 109 | 78 | 80 | 65 |
| 73 | 166 | 164 | 158 | 166 | 166 | 177 | 176 | 182 | 188 | 195 | 205 | 207 | 214 | 218 | 204 | 207 | 179 | 184 | 144 | 148 | 115 |
| 71 | 167 | 163 | 161 | 164 | 166 | 172 | 178 | 185 | 185 | 197 | 209 | 203 | 214 | 212 | 212 | 210 | 183 | 182 | 144 | 150 | 115 |
| 70 | 165 | 162 | 159 | 164 | 167 | 174 | 174 | 184 | 185 | 194 | 208 | 206 | 219 | 214 | 204 | 202 | 184 | 179 | 152 | 146 | 117 |
| 36 | 137 | 148 | 150 | 167 | 171 | 185 | 188 | 194 | 195 | 196 | 202 | 201 | 206 | 204 | 211 | 212 | 197 | 198 | 186 | 183 | 172 |
| 37 | 136 | 153 | 151 | 167 | 165 | 183 | 186 | 190 | 195 | 200 | 202 | 203 | 204 | 211 | 202 | 209 | 197 | 203 | 192 | 186 | 2X75 |

TAMAÑO



Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018

64

TAMAÑO



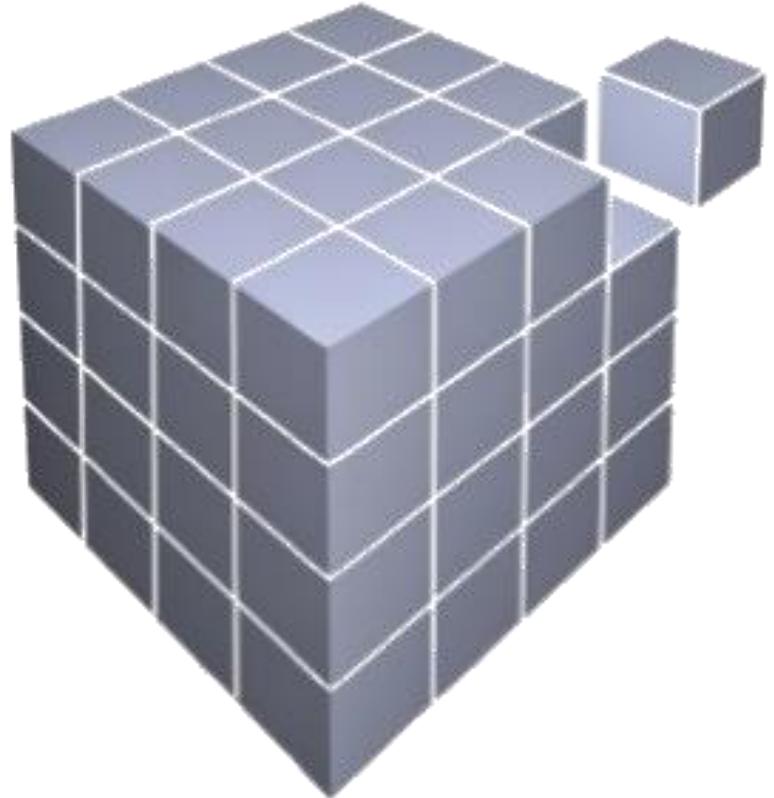
Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018

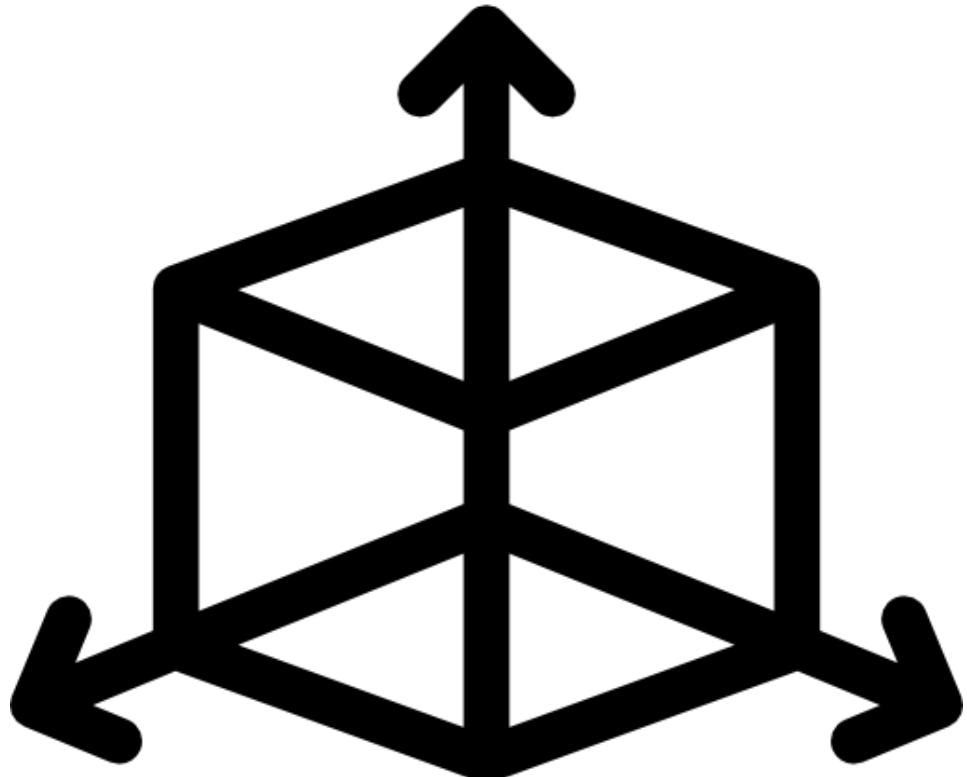
65

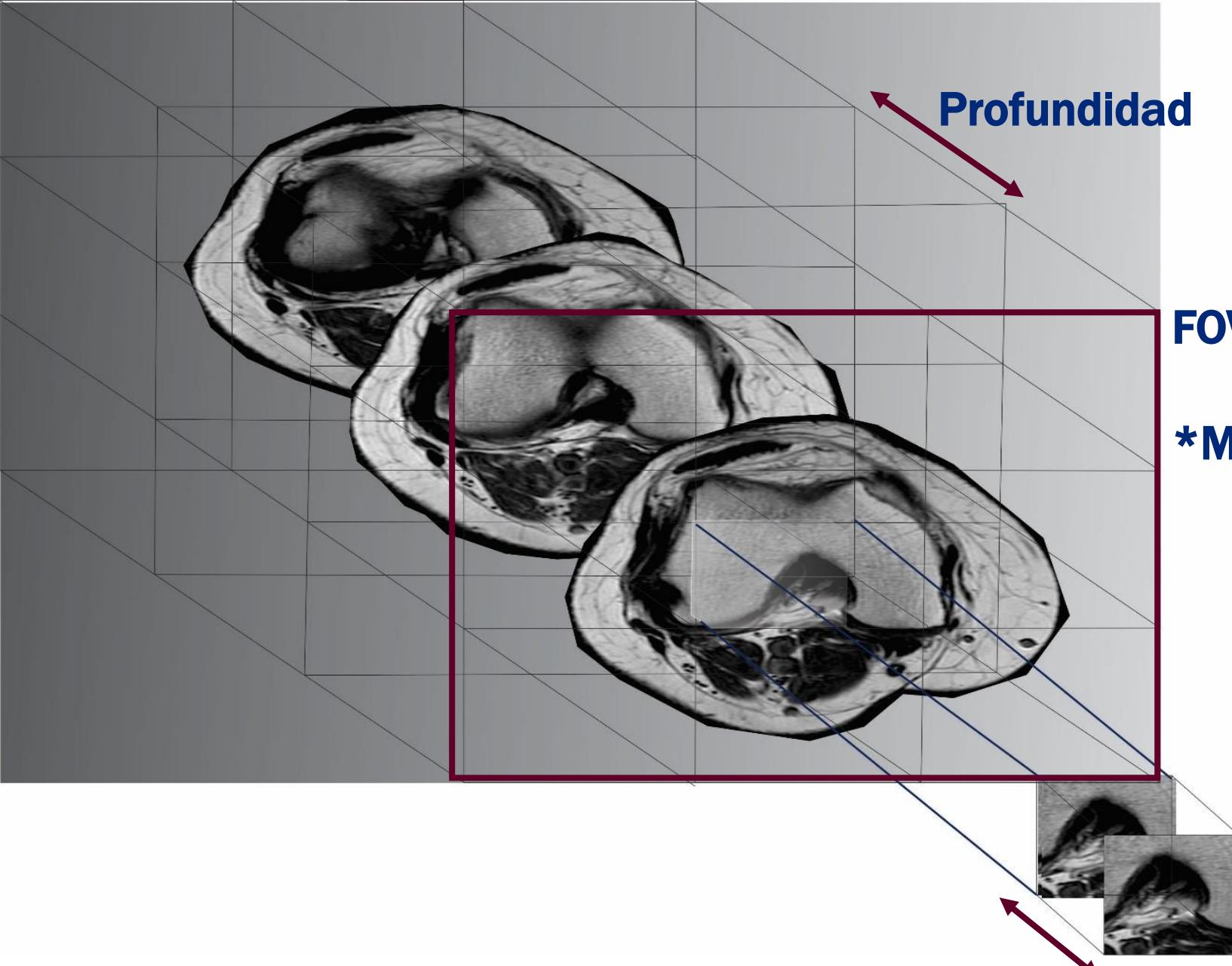
TAMAÑO

3D



$m \times n \times q$ voxels



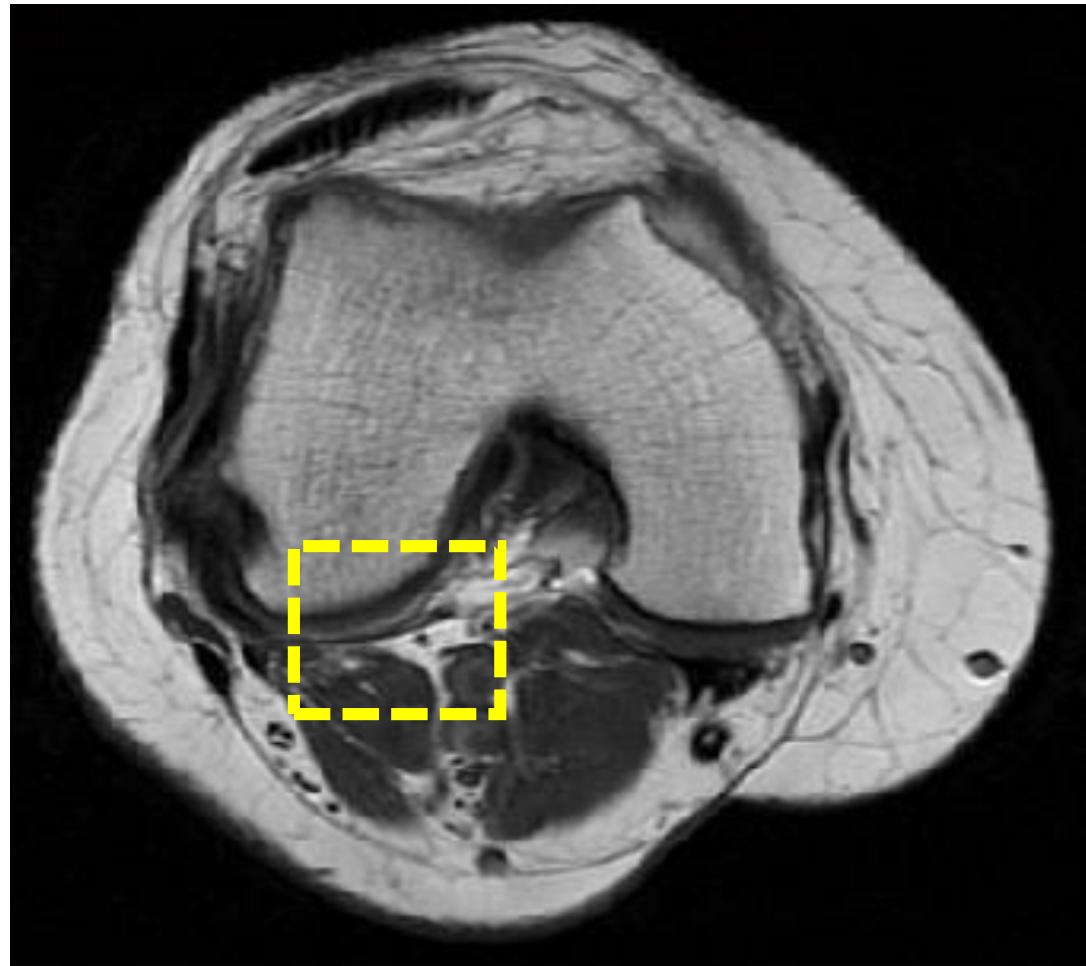


RESOLUCIÓN

La resolución de una imagen indica la cantidad de detalles que puede observarse en esta.



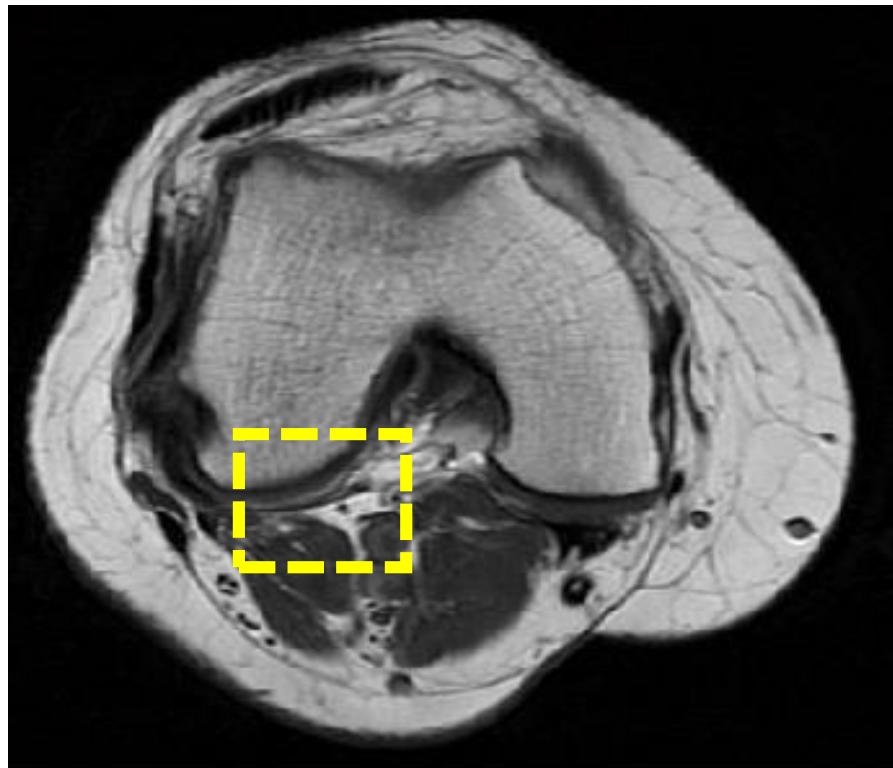
RESOLUCIÓN



Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

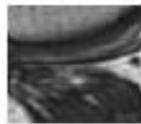
13 de Octubre de 2018

RESOLUCIÓN

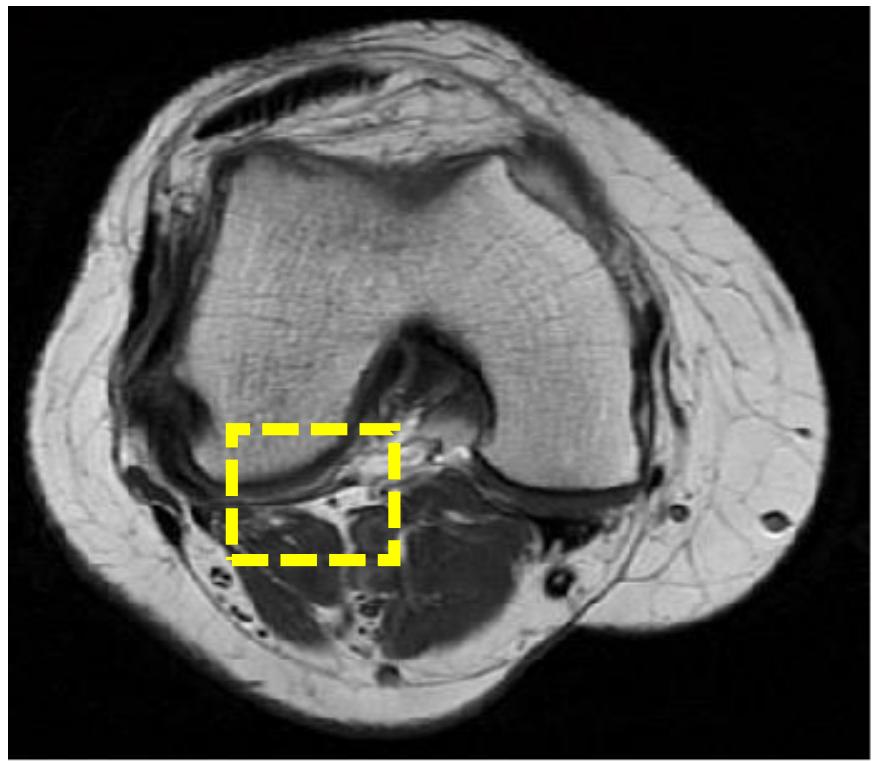


Resolución

1x



RESOLUCIÓN

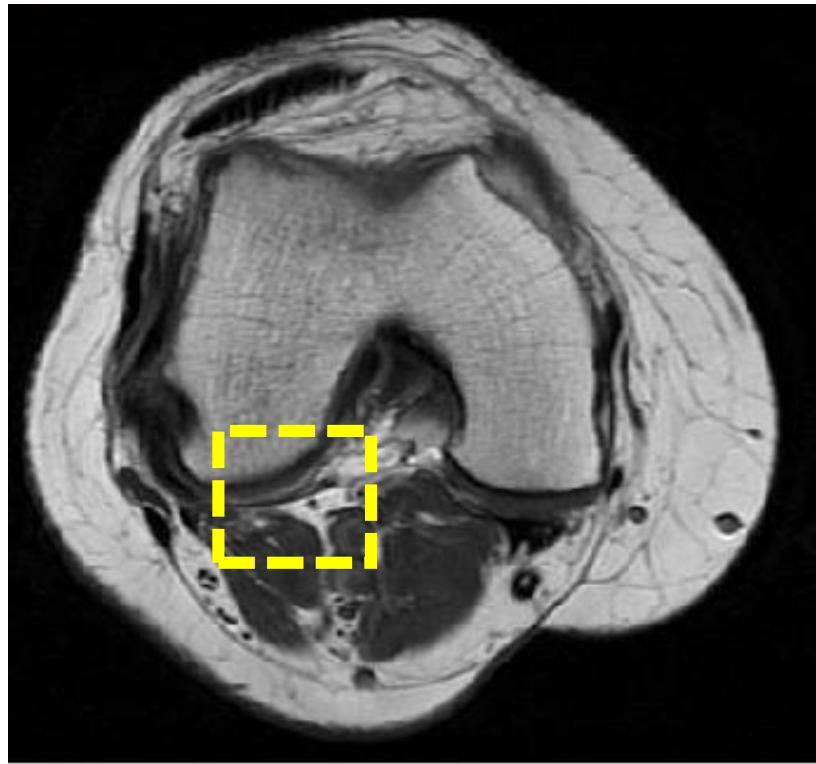


Resolución

2x



RESOLUCIÓN

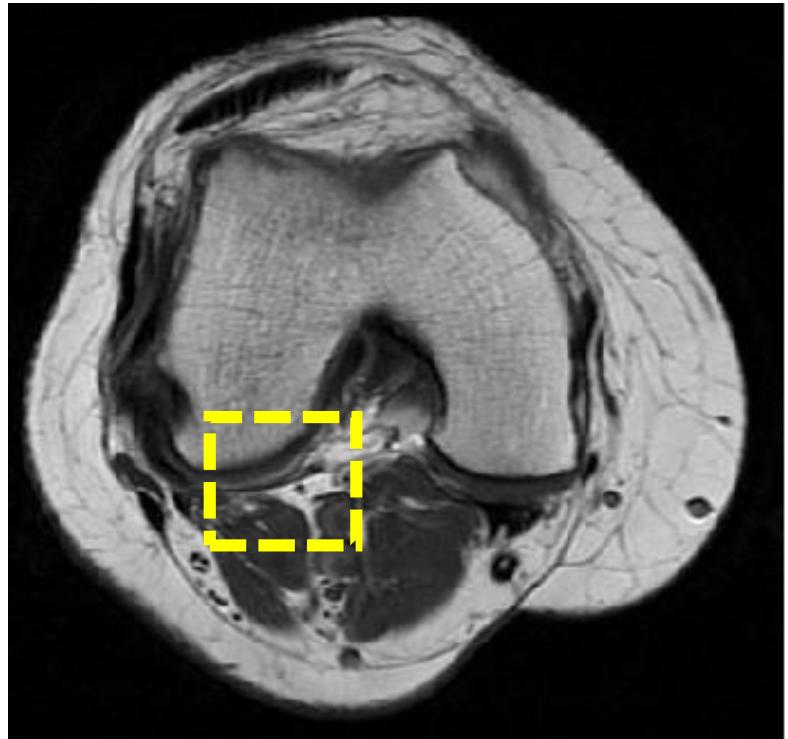


Resolución

3x



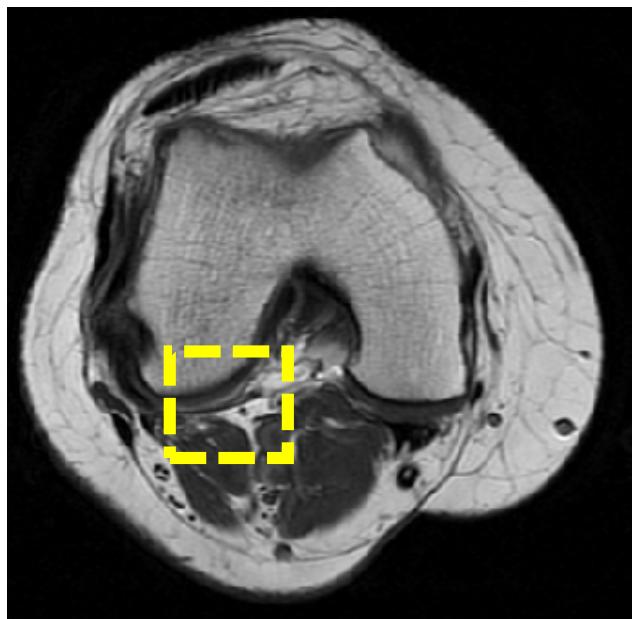
RESOLUCIÓN



Resolución



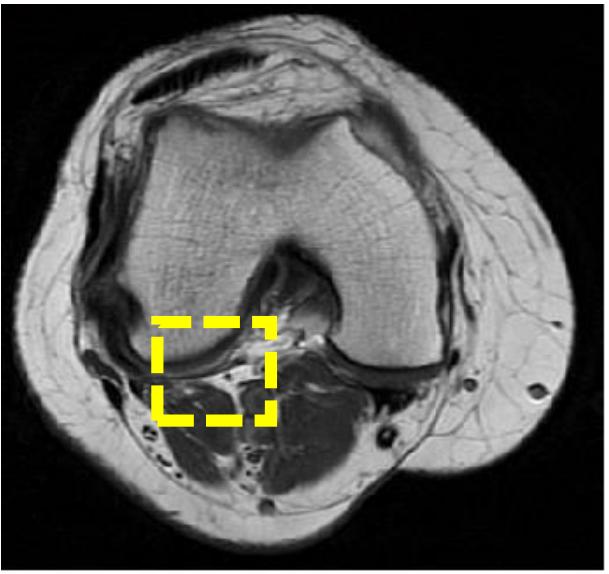
RESOLUCIÓN



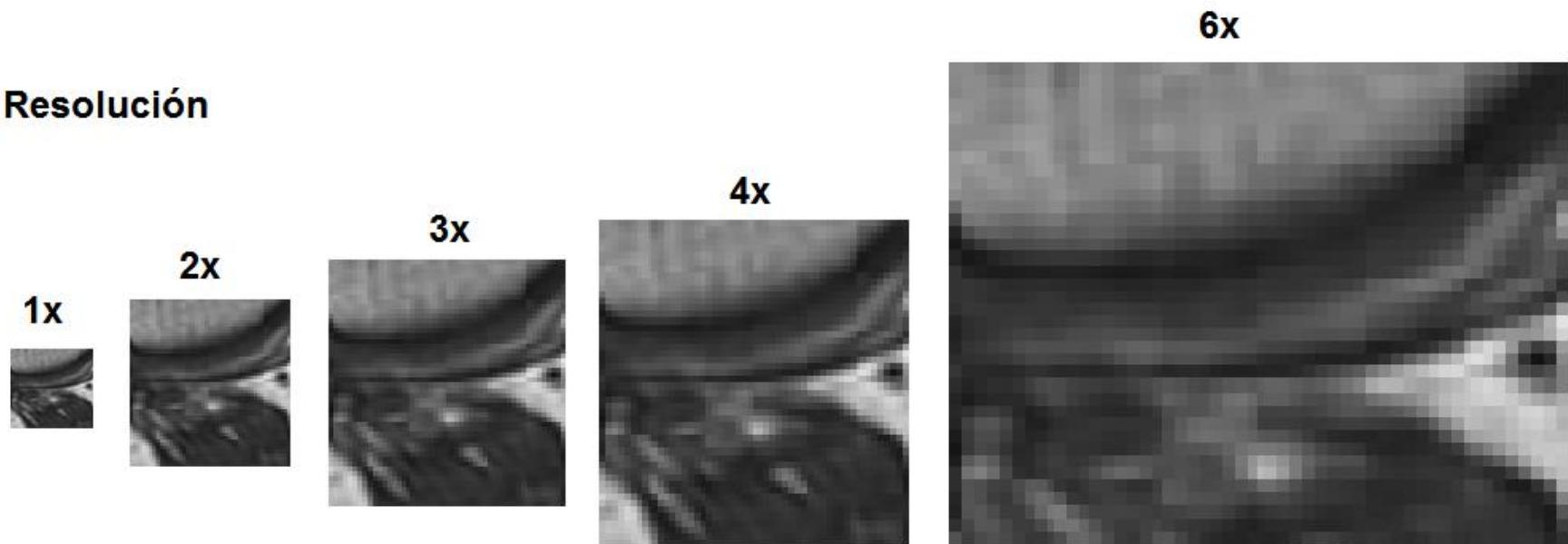
Resolución

6x

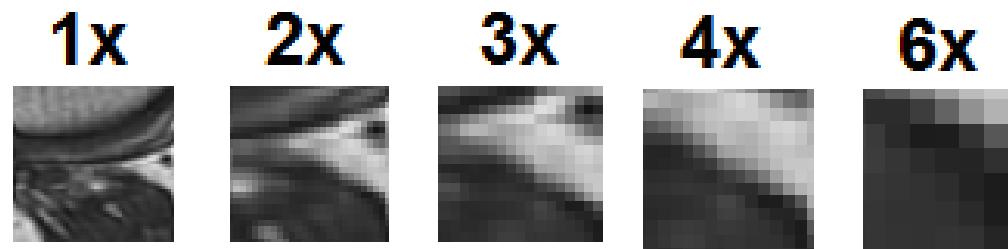




Resolución



FOV



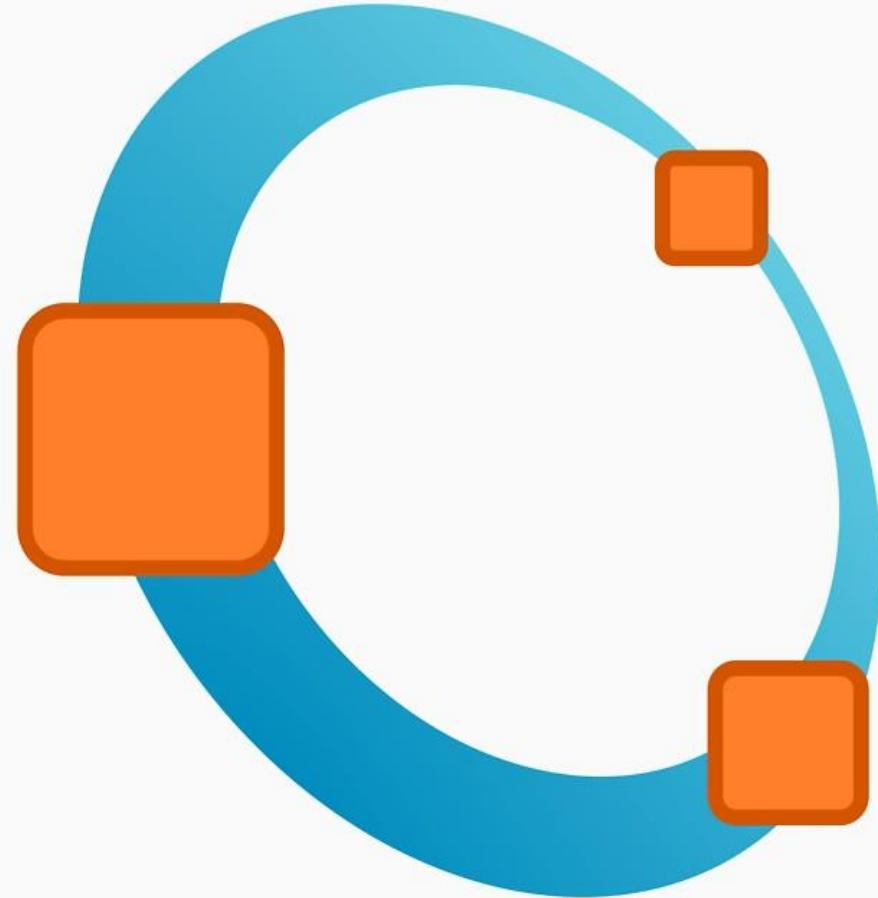
PRÁCTICA

```
mirror object to mirror
mirror_mod.mirror_object =
operation == "MIRROR_X":
mirror_mod.use_x = True
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Y":
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = True
mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Z":
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = True

#selection at the end - add line
#_ob.select=1
#ier_ob.select=1
context.scene.objects.active = bpy.data.objects[one.name]
Selected" + str(modifier)
mirror_ob.select = 0
bpy.context.selected_objects = []
data.objects[one.name].select = 1
int("please select exactly one object")
#bpy.ops.object.select_all(action='DESELECT')
#bpy.ops.object.select_all(action='SELECT')
```

OPERATOR CLASSES

Ejecuta la práctica
ImageResize.m

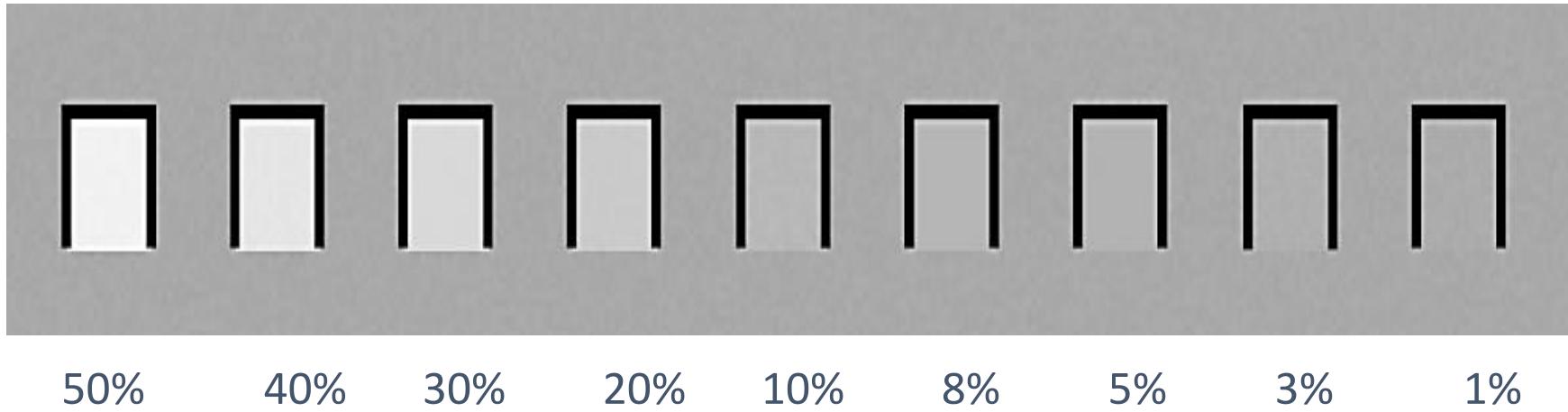


CONTRASTE

Contraste de color es la diferencia en las características de dos o más colores que interactúan en un diseño afectando al modo en que se perciben.



CONTRASTE



INTENSIDAD

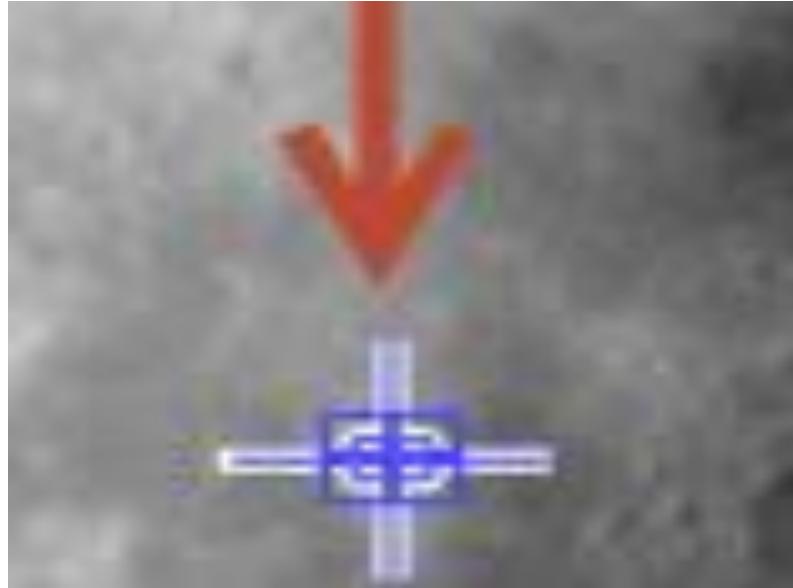


Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018

79

INTENSIDAD



| | | |
|-----|-----|-----|
| 134 | 127 | 124 |
| 136 | 133 | 130 |
| 138 | 139 | 130 |

8 bits



$2^8 = 256$ bits

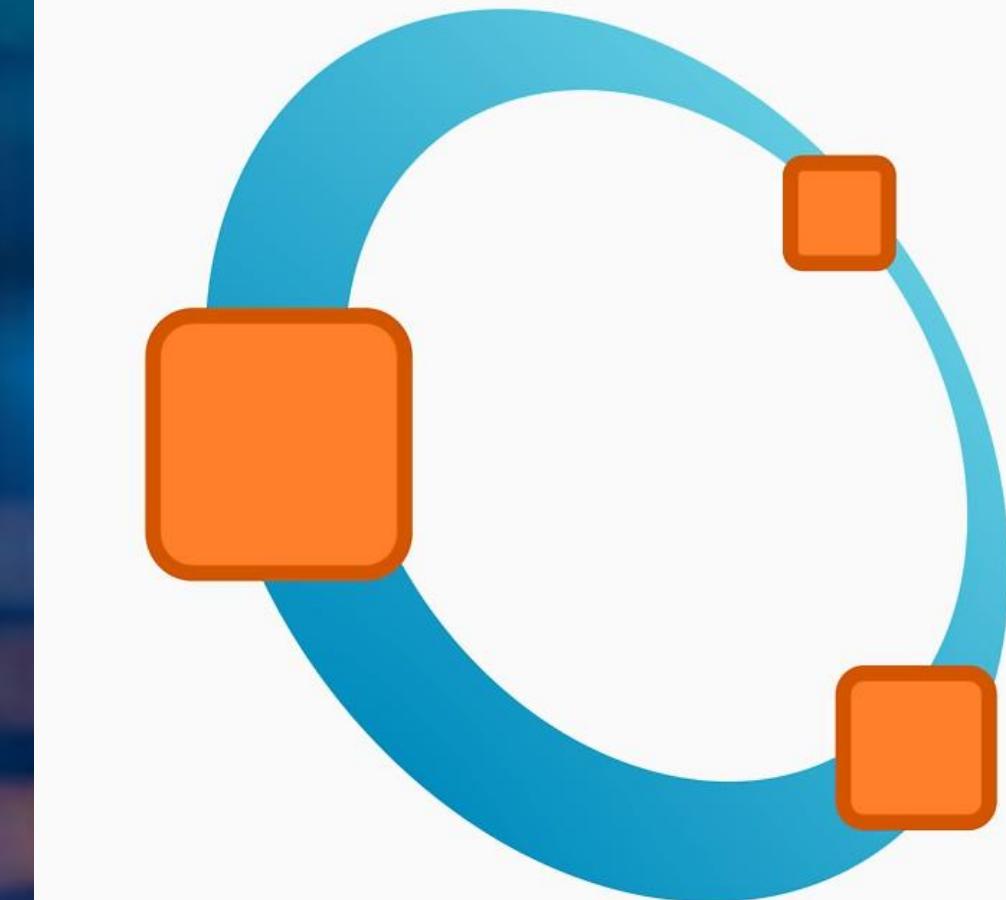
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 58 | 63 | 70 | 77 | 85 | 89 | 94 | 97 | 99 | 97 | 89 | 80 | 67 | 57 | 56 | 75 | 86 | 91 | 86 | 73 | 58 | 49 | 73 |
| 73 | 77 | 82 | 88 | 95 | 95 | 89 | 82 | 78 | 73 | 65 | 58 | 60 | 59 | 67 | 78 | 74 | 68 | 64 | 58 | 64 | 90 | 152 |
| 84 | 85 | 87 | 91 | 93 | 90 | 82 | 74 | 72 | 66 | 57 | 52 | 54 | 53 | 53 | 51 | 56 | 71 | 92 | 111 | 146 | 176 | 230 |
| 82 | 80 | 78 | 81 | 83 | 77 | 63 | 55 | 53 | 45 | 35 | 32 | 37 | 51 | 76 | 97 | 126 | 145 | 149 | 148 | 151 | 167 | 212 |
| 63 | 57 | 51 | 51 | 49 | 43 | 32 | 30 | 37 | 41 | 45 | 55 | 74 | 105 | 161 | 198 | 217 | 199 | 146 | 92 | 62 | 77 | 150 |
| 43 | 38 | 32 | 30 | 36 | 37 | 37 | 48 | 70 | 90 | 115 | 141 | 169 | 182 | 217 | 223 | 211 | 178 | 115 | 48 | 18 | 36 | 138 |
| 42 | 48 | 59 | 71 | 82 | 91 | 120 | 137 | 155 | 169 | 187 | 202 | 214 | 213 | 197 | 182 | 167 | 144 | 112 | 77 | 69 | 73 | 126 |
| 93 | 88 | 91 | 101 | 111 | 129 | 165 | 181 | 181 | 168 | 161 | 163 | 176 | 185 | 193 | 206 | 215 | 206 | 180 | 148 | 115 | 104 | 131 |
| 83 | 76 | 75 | 81 | 88 | 93 | 111 | 122 | 131 | 136 | 151 | 168 | 185 | 193 | 198 | 204 | 209 | 207 | 199 | 186 | 171 | 159 | 172 |
| 62 | 66 | 69 | 77 | 84 | 80 | 81 | 83 | 90 | 100 | 122 | 145 | 171 | 185 | 193 | 187 | 179 | 184 | 200 | 211 | 216 | 195 | 185 |
| 57 | 57 | 57 | 61 | 62 | 63 | 60 | 59 | 56 | 58 | 74 | 96 | 128 | 158 | 187 | 187 | 176 | 176 | 187 | 200 | 210 | 193 | 175 |
| 71 | 60 | 47 | 41 | 36 | 41 | 37 | 40 | 38 | 35 | 39 | 51 | 77 | 109 | 149 | 166 | 169 | 175 | 184 | 194 | 191 | 192 | 188 |
| 101 | 87 | 70 | 61 | 57 | 55 | 38 | 37 | 38 | 39 | 41 | 48 | 49 | 64 | 91 | 110 | 124 | 144 | 166 | 188 | 198 | 200 | 196 |

PRÁCTICA

```
    mirror_object to mirror_mod.mirror_object
    operation == "MIRROR_X":
        mirror_mod.use_x = True
        mirror_mod.use_y = False
        mirror_mod.use_z = False
    operation == "MIRROR_Y":
        mirror_mod.use_x = False
        mirror_mod.use_y = True
        mirror_mod.use_z = False
    operation == "MIRROR_Z":
        mirror_mod.use_x = False
        mirror_mod.use_y = False
        mirror_mod.use_z = True

    #selection at the end - add last
    _ob.select=1
    mirr_ob.select=1
    context.scene.objects.active = bpy.data.objects[("Selected" + str(modifier)).replace(" ", "")]
    mirror_ob.select = 0
    bpy.context.selected_objects = []
    data.objects[one.name].select = 1
    print("please select exactly one object")
    print("press enter to continue")
    input()

OPERATOR CLASSES
```



Ejecuta la práctica
ROI.m

RUIDO



Se considera un ruido a aquel elemento que se encuentre en la imagen que no forme parte de la muestra.

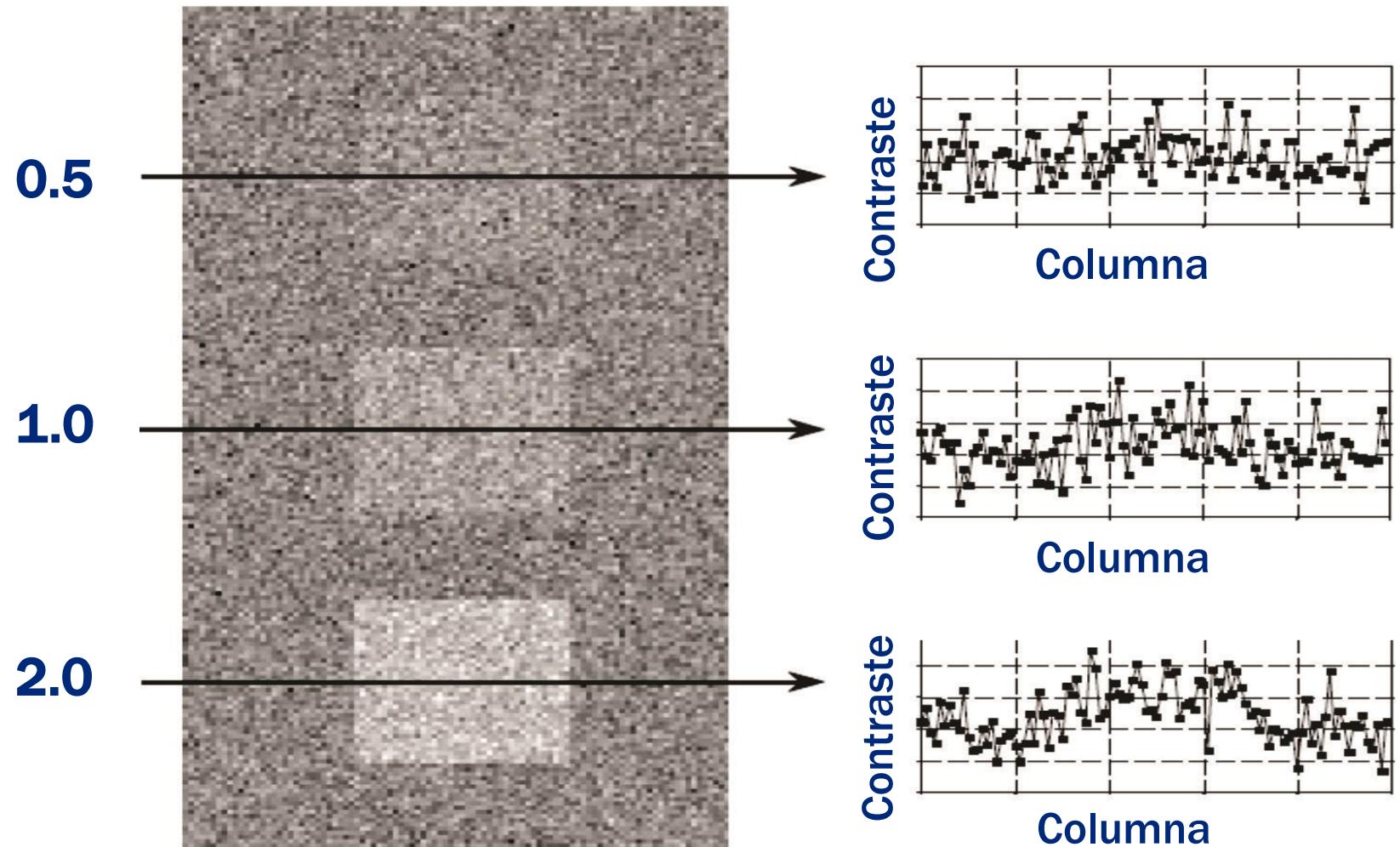




El SNR permite medir la relación de la señal y ruido en la imagen.

$$SNR = \frac{Señal}{Ruido}$$

SNR



CONTENIDO

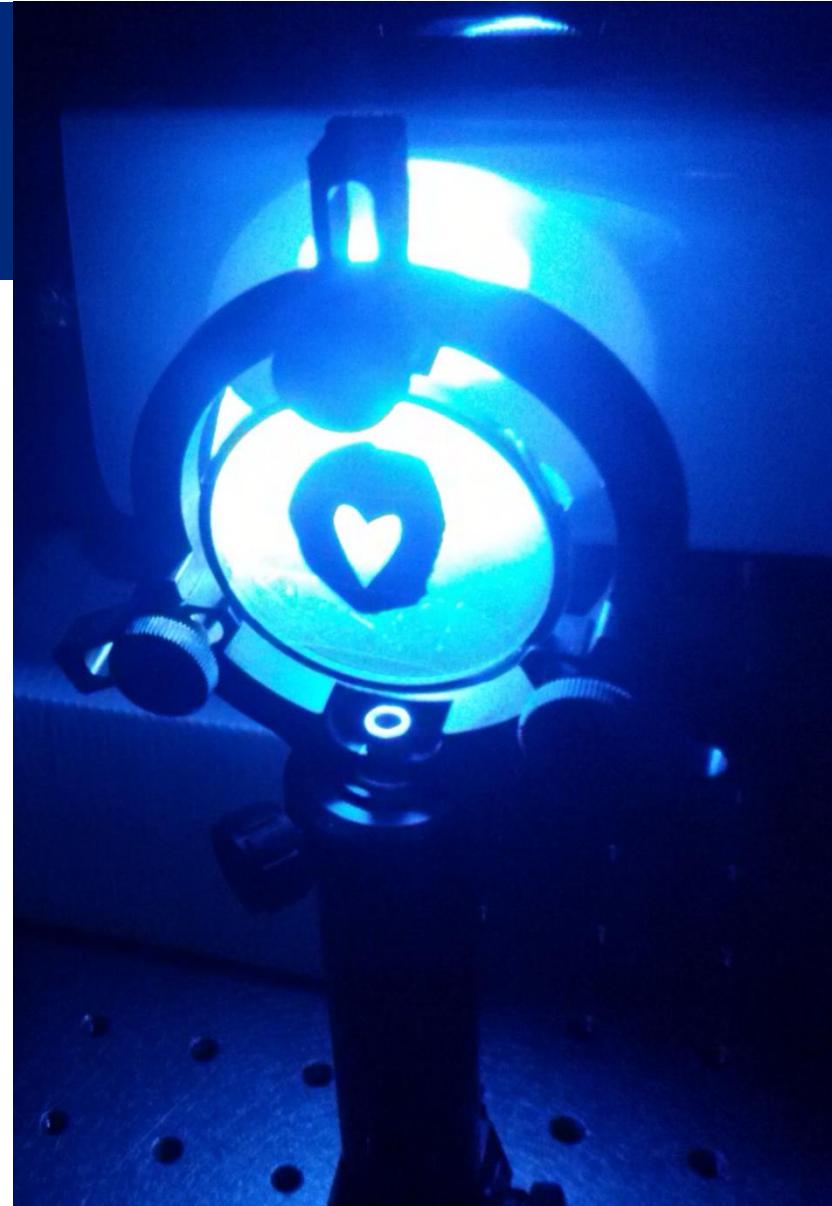
Introducción

Sistemas ópticos

Calibración de cámara

Introducción a las imágenes digitales

Procesamiento digital de imágenes



Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

13 de Octubre de 2018

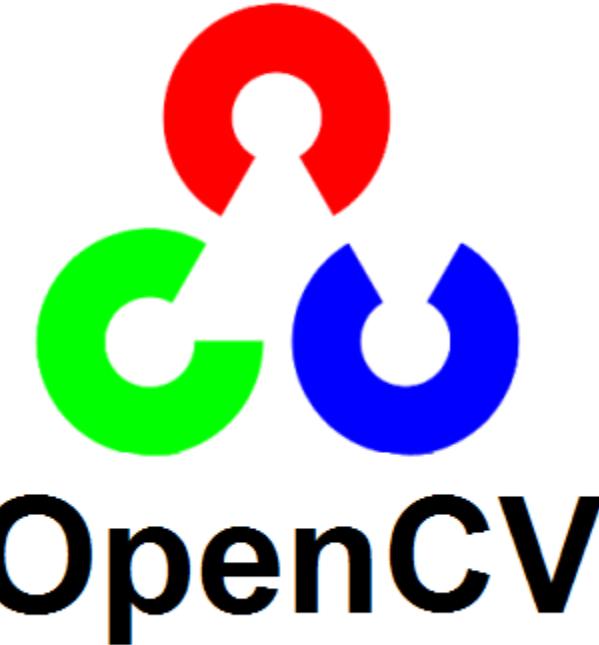
PRÁCTICA



```
    mirror_object to mirror_mod.mirror_object
    operation == "MIRROR_X":
        mirror_mod.use_x = True
        mirror_mod.use_y = False
        mirror_mod.use_z = False
    operation == "MIRROR_Y":
        mirror_mod.use_x = False
        mirror_mod.use_y = True
        mirror_mod.use_z = False
    operation == "MIRROR_Z":
        mirror_mod.use_x = False
        mirror_mod.use_y = False
        mirror_mod.use_z = True

    #selection at the end - add last
    _ob.select= 1
    mirr_ob.select=1
    context.scene.objects.active = eval(
        ("Selected" + str(modifier)))
    mirror_ob.select = 0
    bpy.context.selected_objects = []
    data.objects[one.name].select = 1
    print("please select exactly one object")
    return{'FINISHED'}
```

OPERATOR CLASSES



Ejecuta las prácticas.

REFERENCIAS

Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). Digital image processing second edition. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 455.

Ponce, J., Forsyth, D., Willow, E. P., Antipolis-Méditerranée, S., d' activité

RAweb, R., Inria, L., & Alumni, I. (2011). Computer vision: a modern approach. Computer, 16(11).

Hecht, E. (2002). Optics. 2002. Pearson Education, Inc.,, 360, 366-367.

Apuntes personales.

Referencias diversas de Octave, Python y OpenCV.

Thank you!



Ing. Ángel Hernández, ahernandezp1800@alumno.ipn.mx

M. En R. Karen Flores, kfloresr1800@alumno.ipn.mx

M. En TA. Sandra de la Fuente, sdelafuenteb1400@alumno.ipn.mx

CICATA IPN Unidad Querétaro
Tel. (442) 2290804 Ext. 81021/ 81047
Cerro Blanco No. 141, Col. Colinas del Cimatario. C.P.
76090. Querétaro, Qro.
www.cicataqroipn.mx

