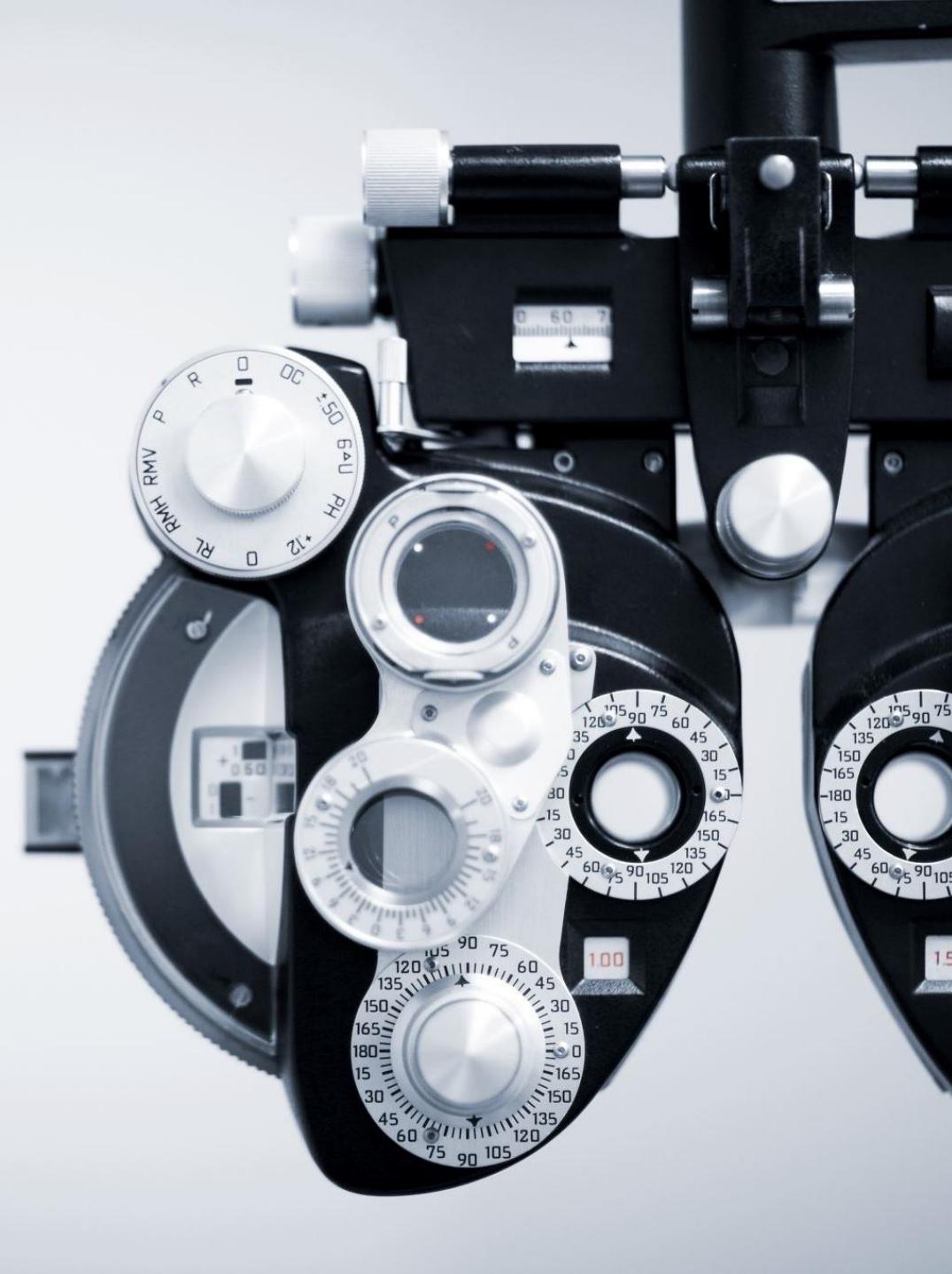


Protocolos de captura de imágenes y video

Juan Bernardo Gómez Mendoza

Profesor Asociado - DICEyC

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales



Contenido

- Presentación.
- Qué es una imagen digital.
- Anatomía de una cámara digital.
- Propiedades ópticas de los objetos. Lentes.
- Distorsión en las imágenes digitales.
- Compresión de imágenes digitales.
- Qué es un video digital.
- Compresión de video digital.
- Diferencias entre procesamiento de imágenes, computación gráfica y visión de máquinas.

Presentación

Objetivos de la sesión



Cubrir los elementos básicos de la imagen digital;



Entender las relaciones entre los parámetros más comunes en la adquisición de imágenes y video y los resultados obtenidos en la captura;



Ver cómo los algoritmos de compresión de imagen y video afectan en la calidad de estos.

Lo que no se ve

- Tipos de iluminación, su uso e impacto en la calidad de las imágenes y video;
- procesamiento de imágenes y color.
- Calibración de color; pantallas y tintas.

Presentación

Quien les habla:

Juan Bernardo Gómez Mendoza

Profesor Asociado, vinculado desde 2005.

Participante en tres grupos de investigación.

Director de numerosos trabajos de investigación en vision de máquinas y robótica.

Contacto: jbgomomez@unal.edu.co



Presentación



Qué es una imagen digital

Mapa de bits



Sharbat Gula, por Steve McCurry

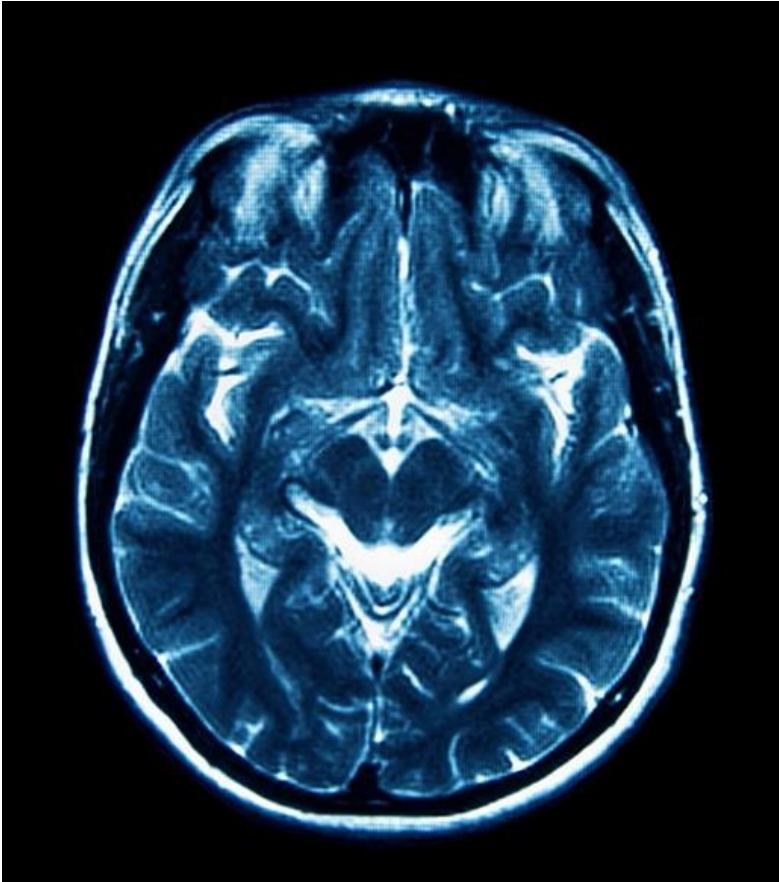
Imagen vectorial



Tomado de [What Is a Vector in Graphic Design - Clash Graphics](#)

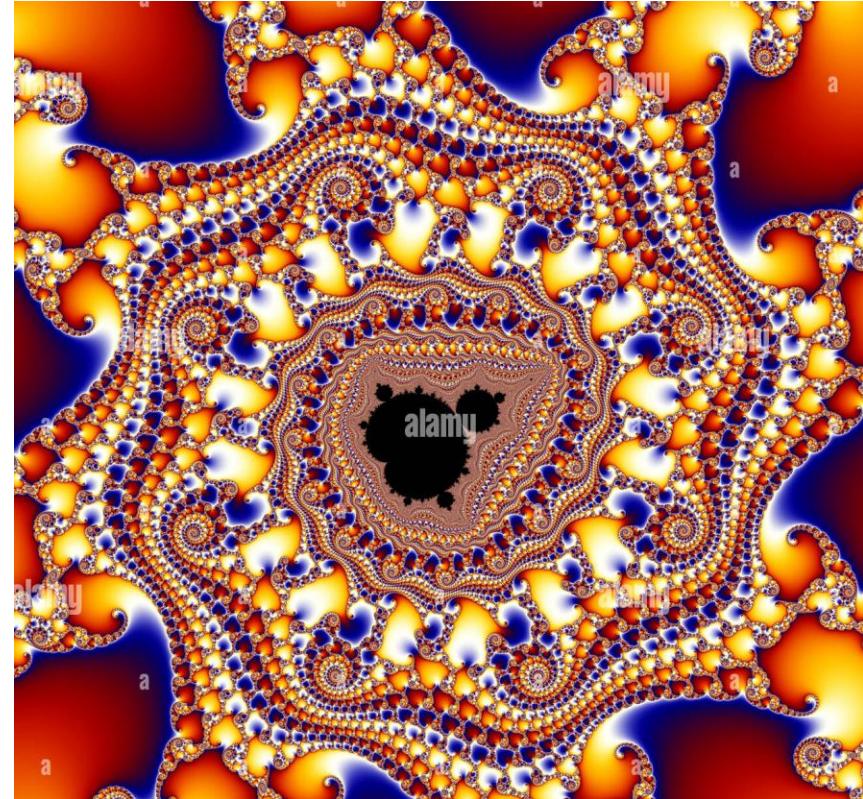
Qué es una imagen digital

Imagen natural



Tomado de [Can You See A Brain Tumor On An MRI Scan \(sjra.com\)](#)

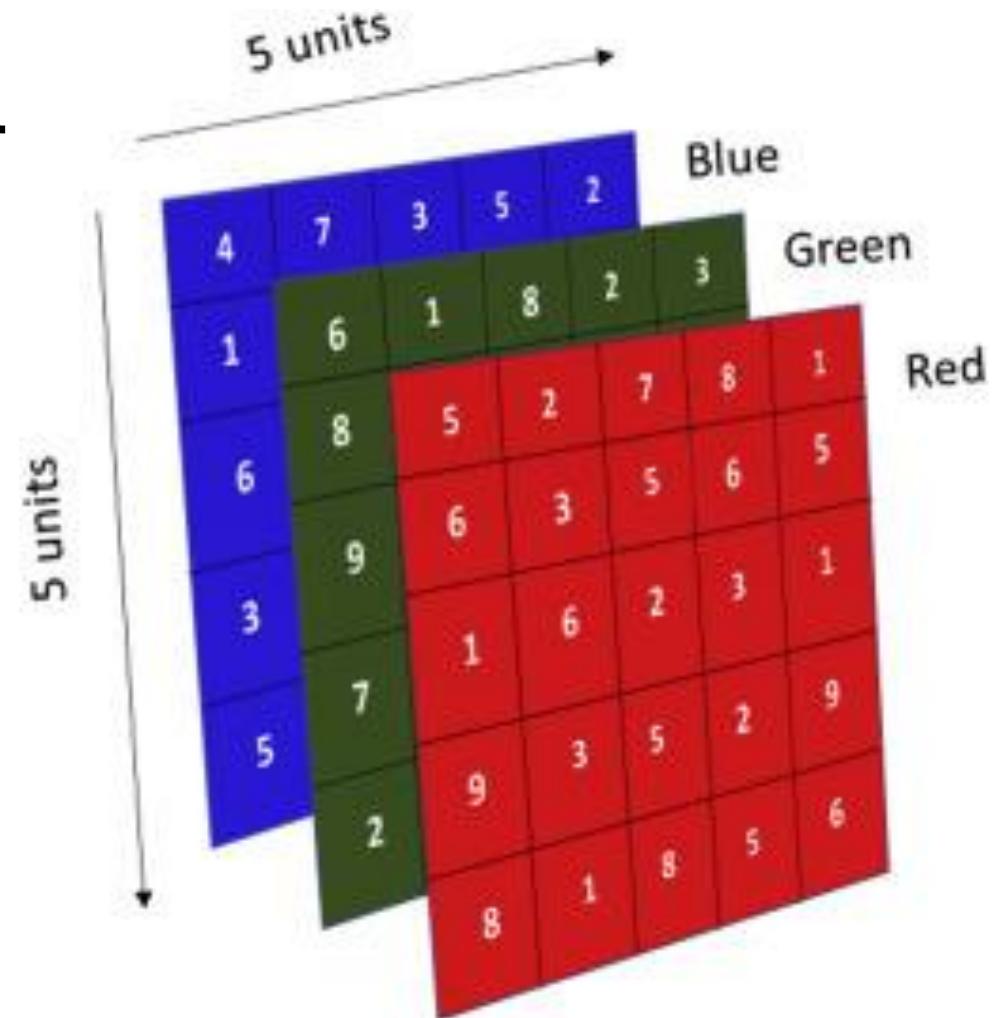
Imagen sintética



Tomado de [the-mandelbrot-set-contains-an-infinite-number-of-smaller-copies-of-BTETP6.jpg \(1299x1390\) \(alamy.com\)](#)

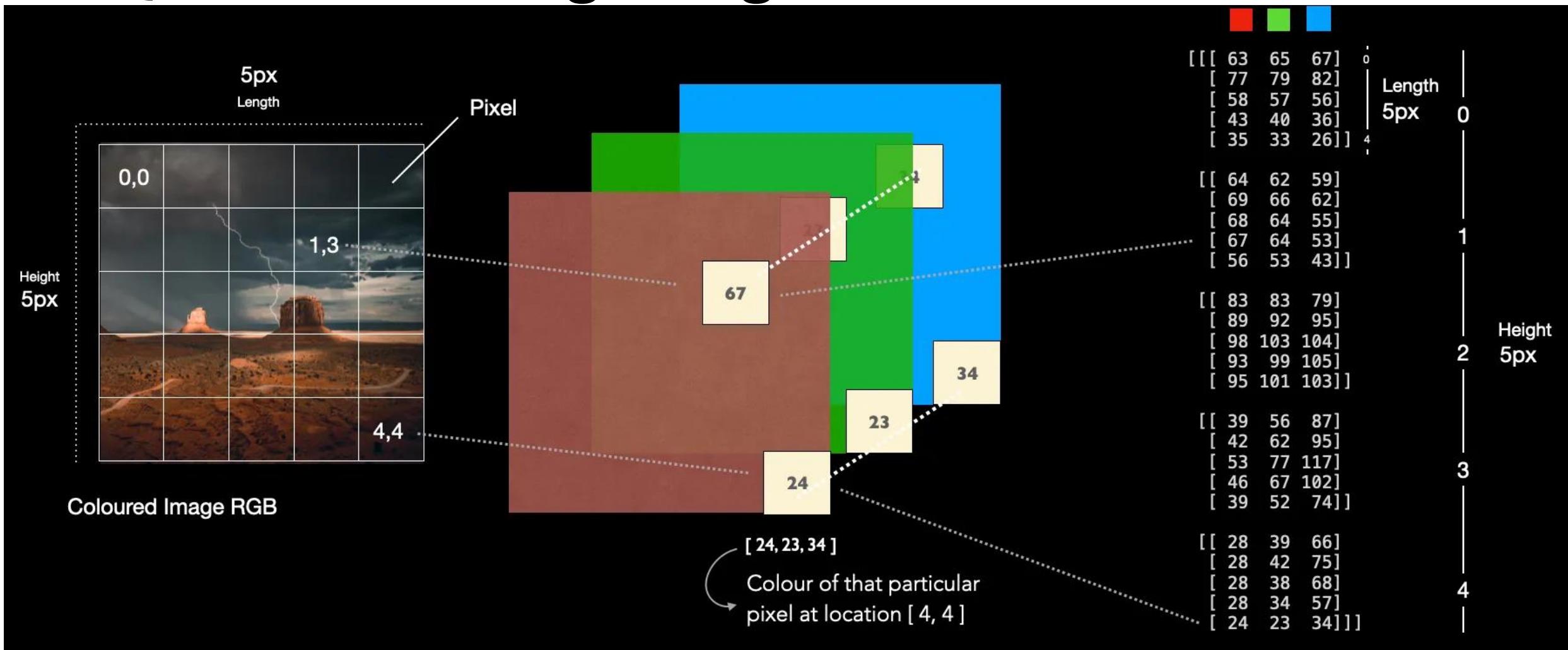
Qué es una imagen digital

Un mapa de bits es un arreglo de tres dimensiones donde dos de ellas representan posiciones espaciales, y la tercera corresponde generalmente a las componentes espectrales. Adicionalmente, cada valor del arreglo puede ser un número entero o un flotante.

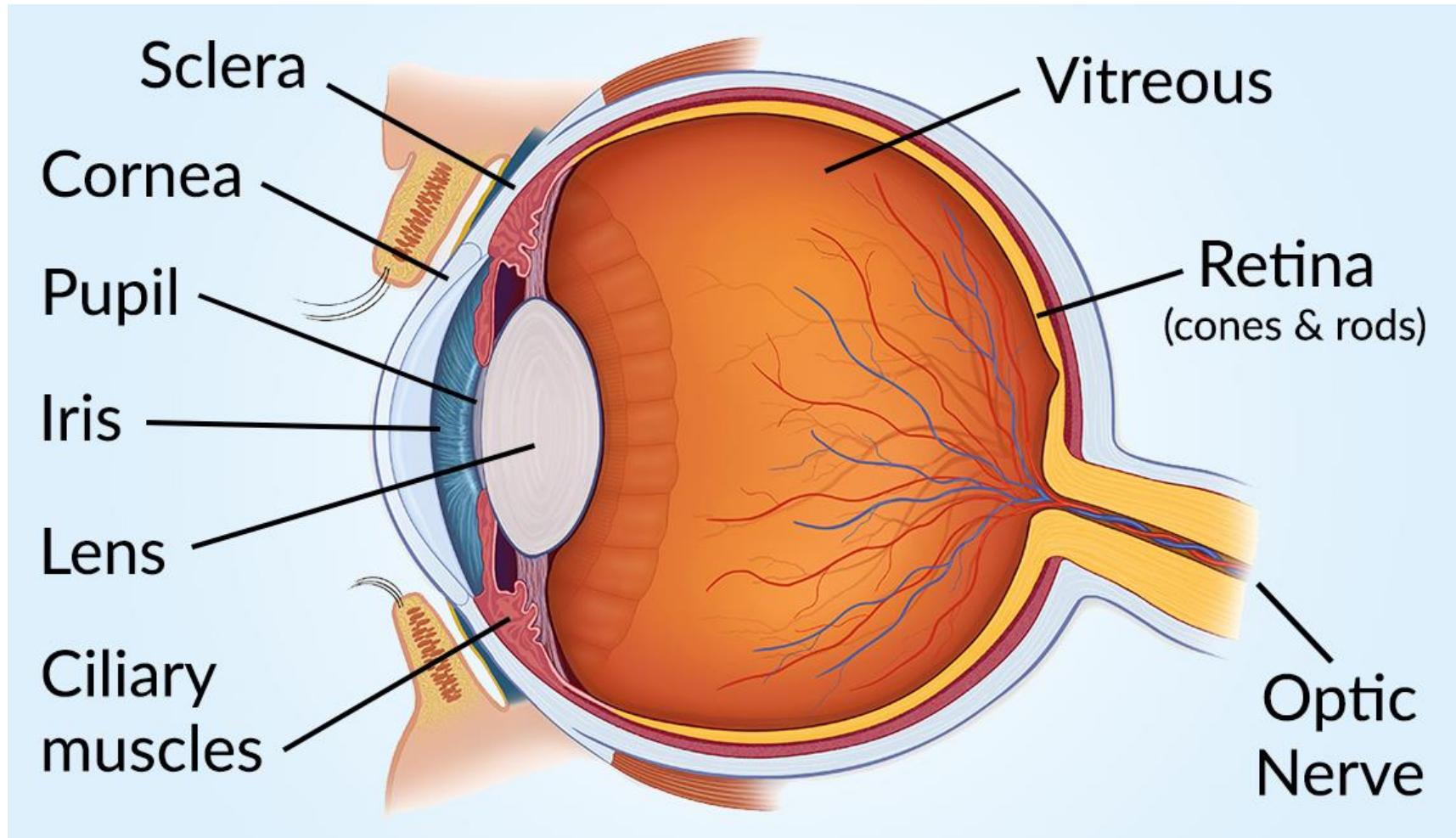


Tomada de [RGB Image - an overview | ScienceDirect Topics](#)

Qué es una imagen digital

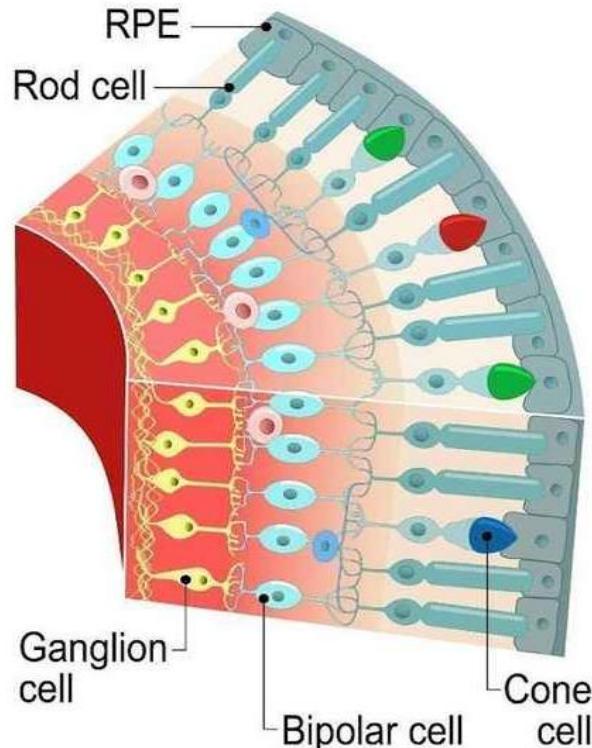


Anatomía de una cámara digital



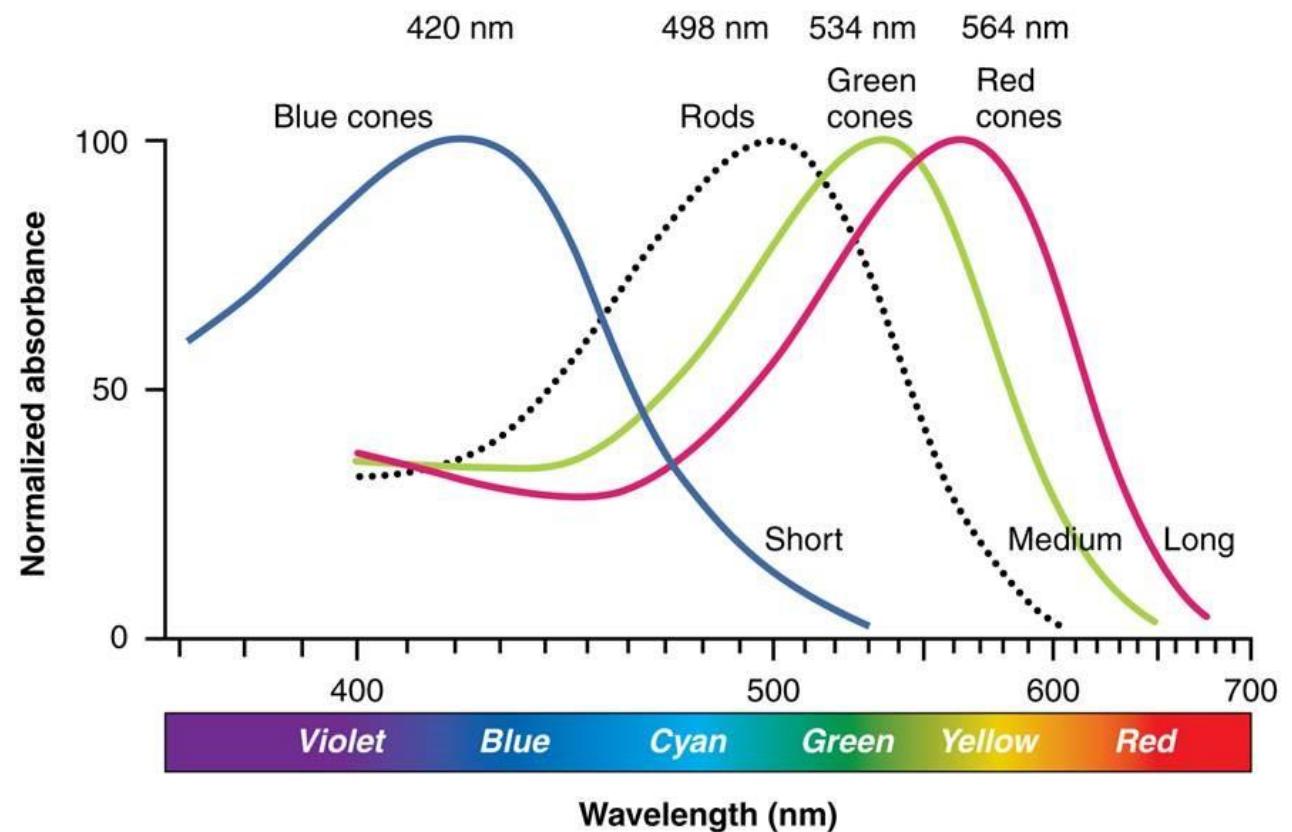
Tomado de [1140-eye-anatomy-diagram.jpg \(1140×655\) \(aarp.net\)](https://1140-eye-anatomy-diagram.jpg)

Anatomía de una cámara digital



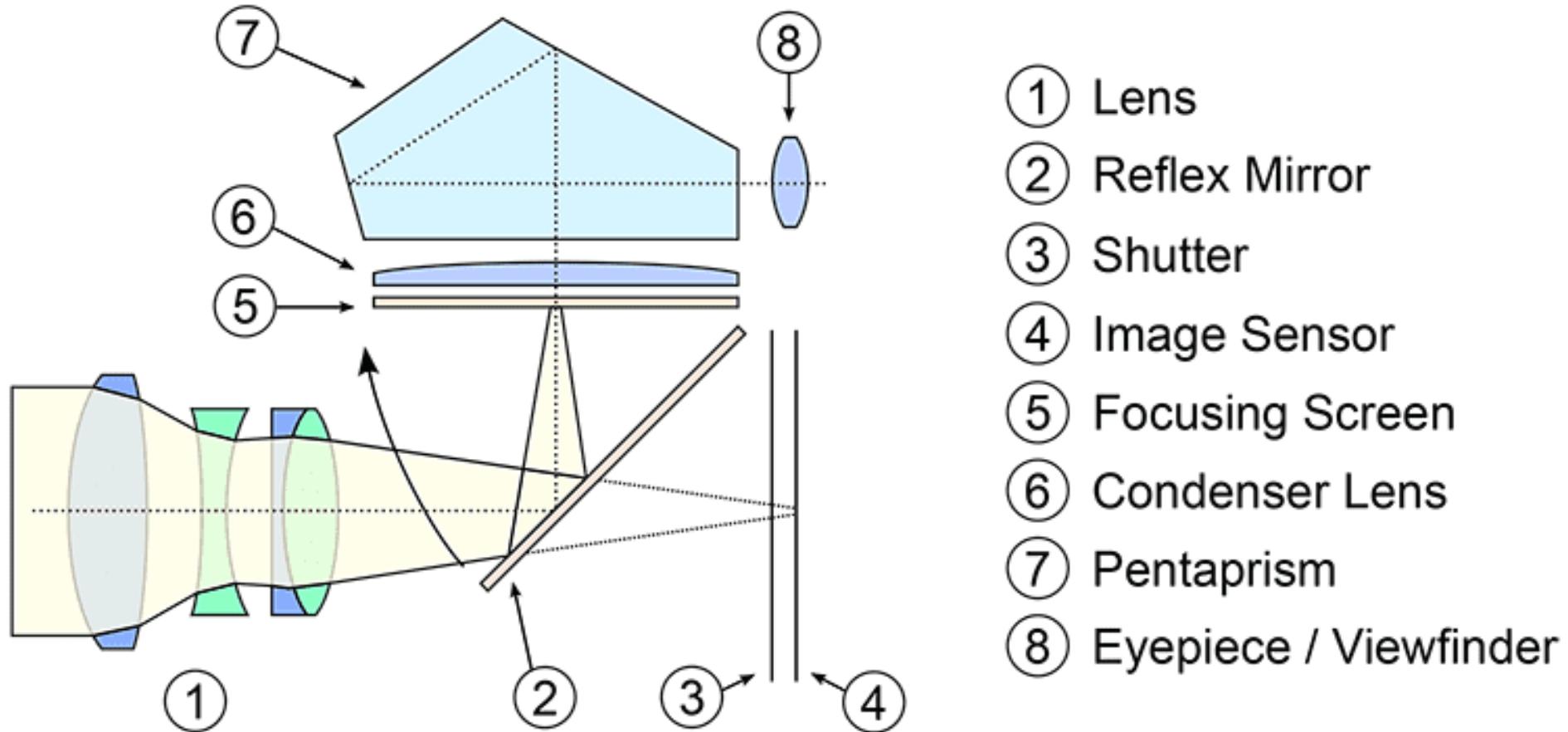
SECTION OF RETINA

Tomado de eye-anatomy-rod-cells-and-cone-cells-vector-23523274.jpg
(1000×916) (vectorstock.com)



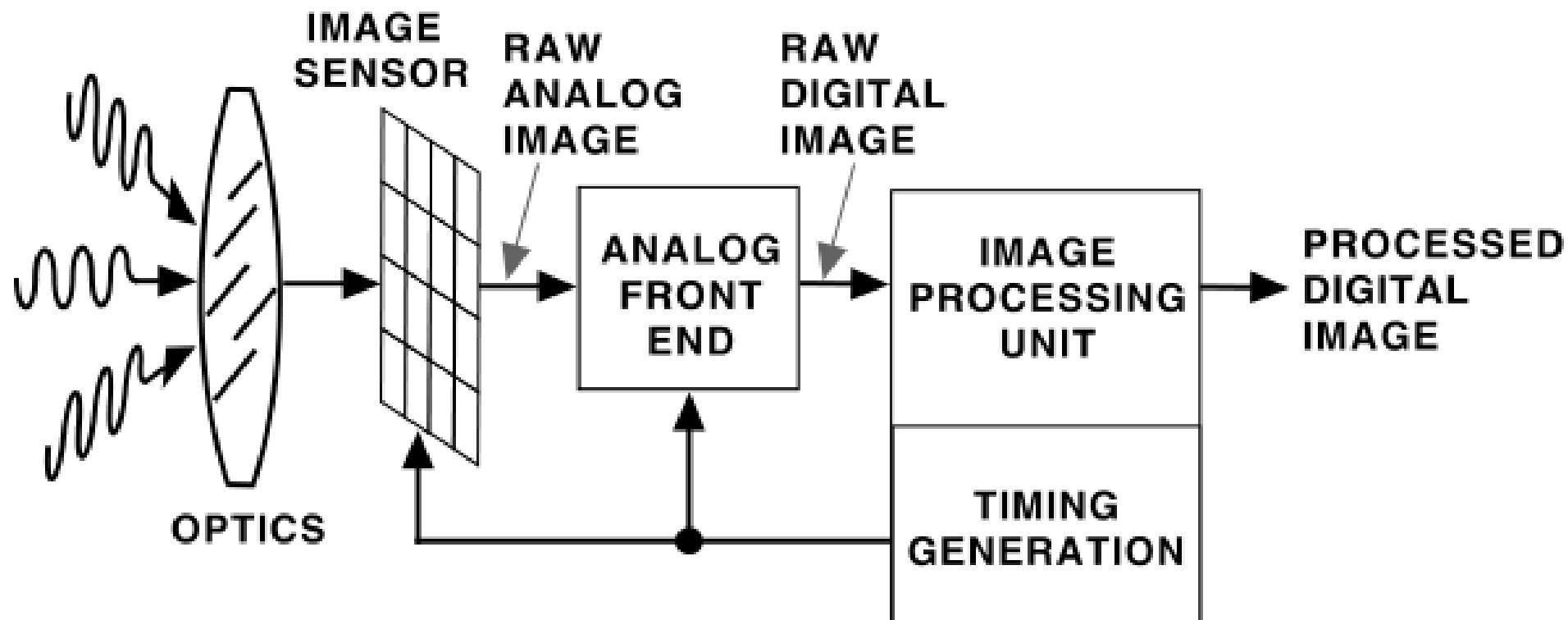
Tomado de <https://exylwlpjp.blob.core.windows.net/what-color-eyes-are-the-most-light-sensitive.html>

Anatomía de una cámara digital



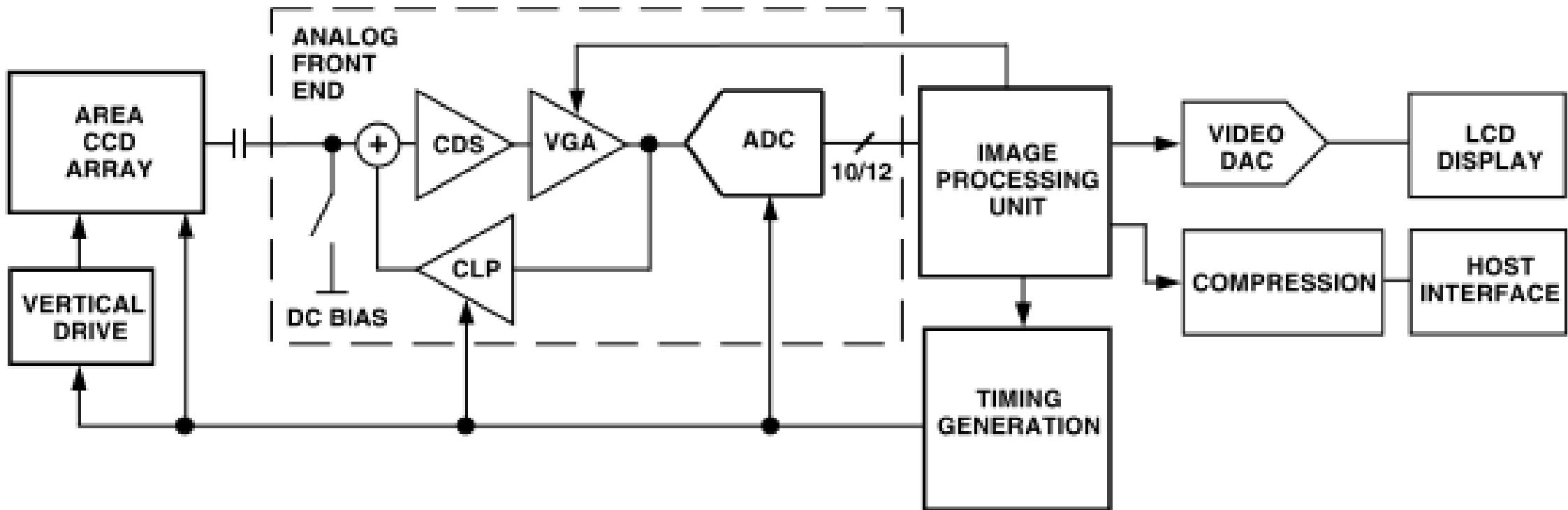
Tomado de [How Cameras Work: From Lens to Photosensor | Illinois Science Council](#)

Anatomía de una cámara digital



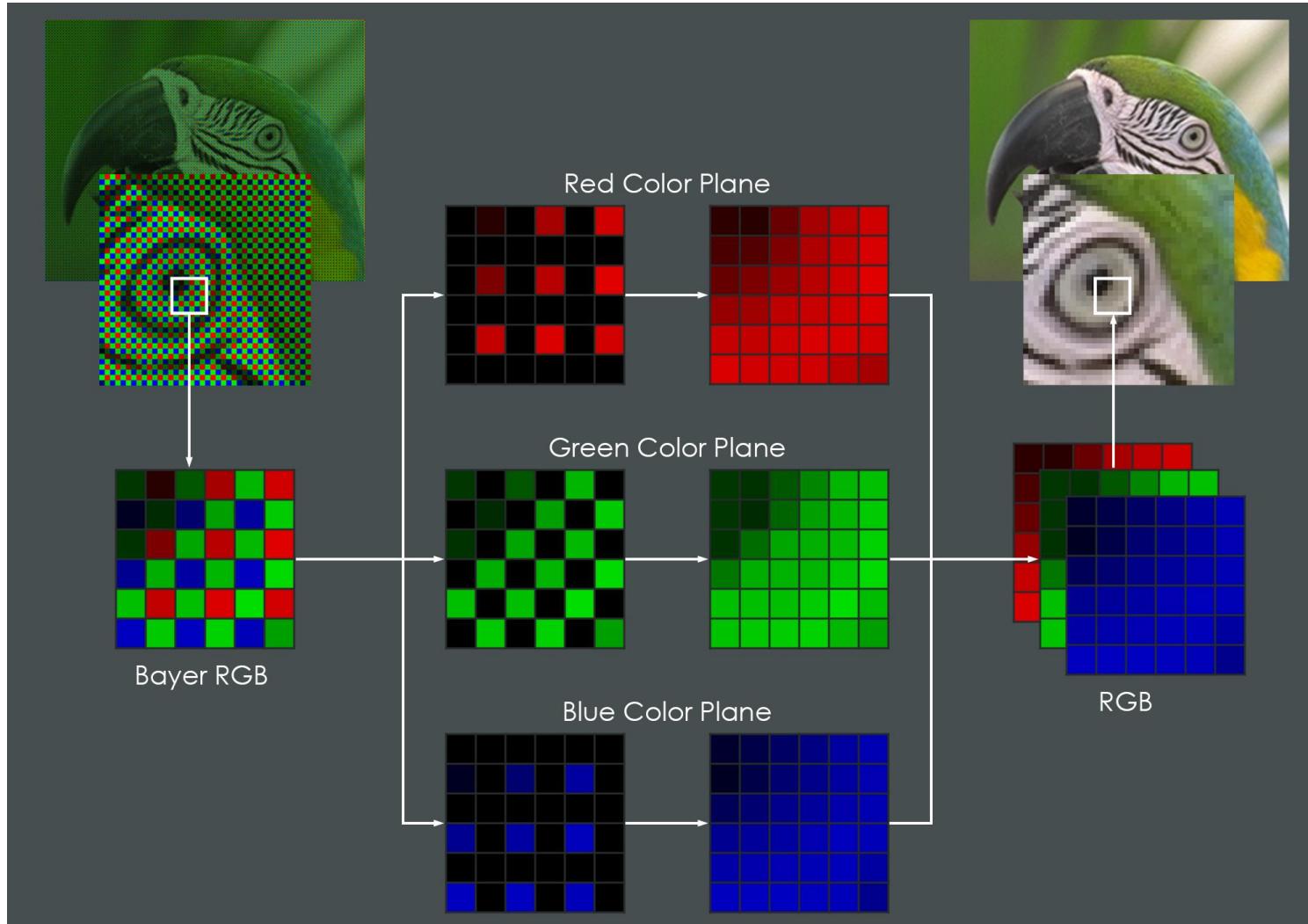
Tomado de [Selecting an Analog Front End for Imaging Applications | Analog Devices](#)

Anatomía de una cámara digital



Tomado de [Selecting an Analog Front End for Imaging Applications | Analog Devices](#)

Anatomía de una cámara digital



Las cámaras digitales suelen tener sensores de tipo CMOS, organizados en arreglos fotosensibles. En el caso de las cámaras RGB, estos arreglos siguen comúnmente una estructura de arreglo de Bayer. El proceso que se sigue para componer una imagen en RGB a partir de los datos sensados en el arreglo de Bayer se conoce como demosaicing.

Imagen tomada de [EXCLUSIVE ARCHITECTURE](http://exclusivearchitecture.com) (exclusivearchitecture.com)

Anatomía de una cámara digital

Existen numerosos parámetros en los sensores que afectan la calidad de una imagen digital:

- Tipo de tecnología;
- Tamaño físico del sensor;
- Tamaño físico del pixel;
- Sensibilidad térmica;
- Ruido electrónico;
- Eficiencia cuántica;
- Entre otros.

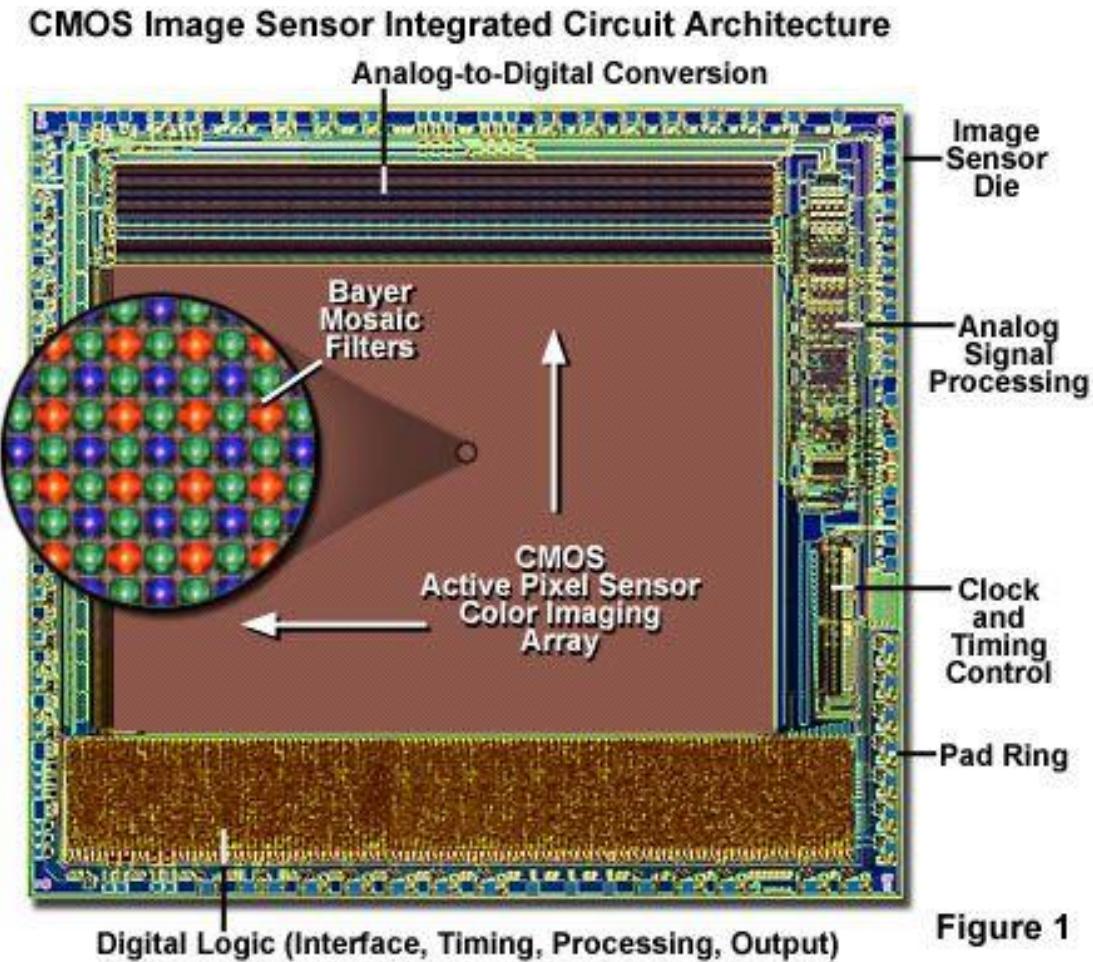
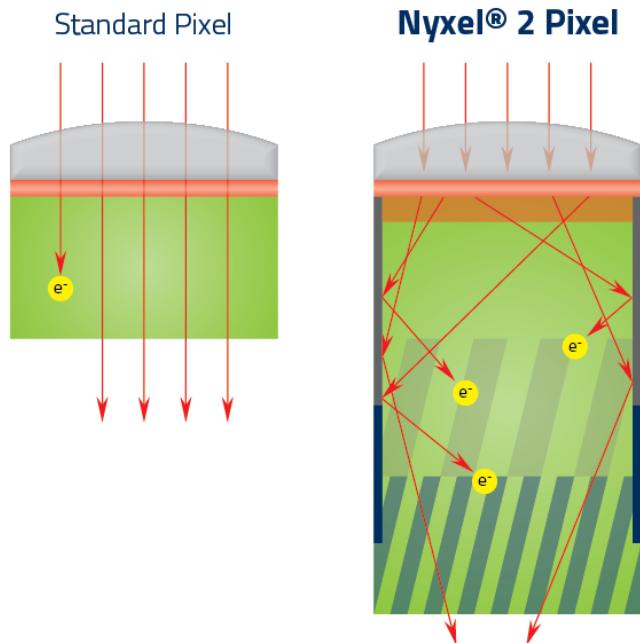


Figure 1

Tomada de [Digital Imaging in Optical Microscopy - Introduction to CMOS Image Sensors | Olympus LS](#).

Anatomía de una cámara digital



Omni**Vision**.

Nyxel® 2
QE for Nyxel® 2

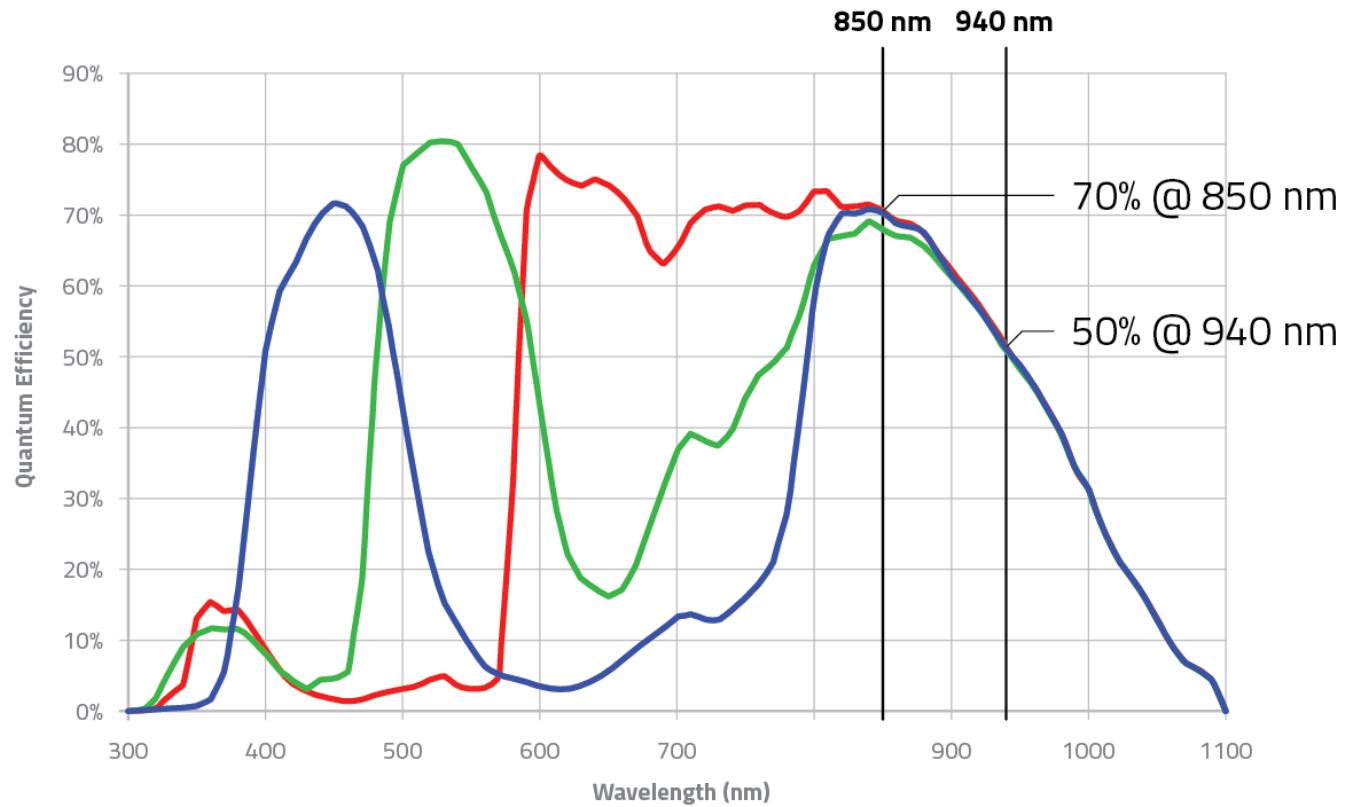
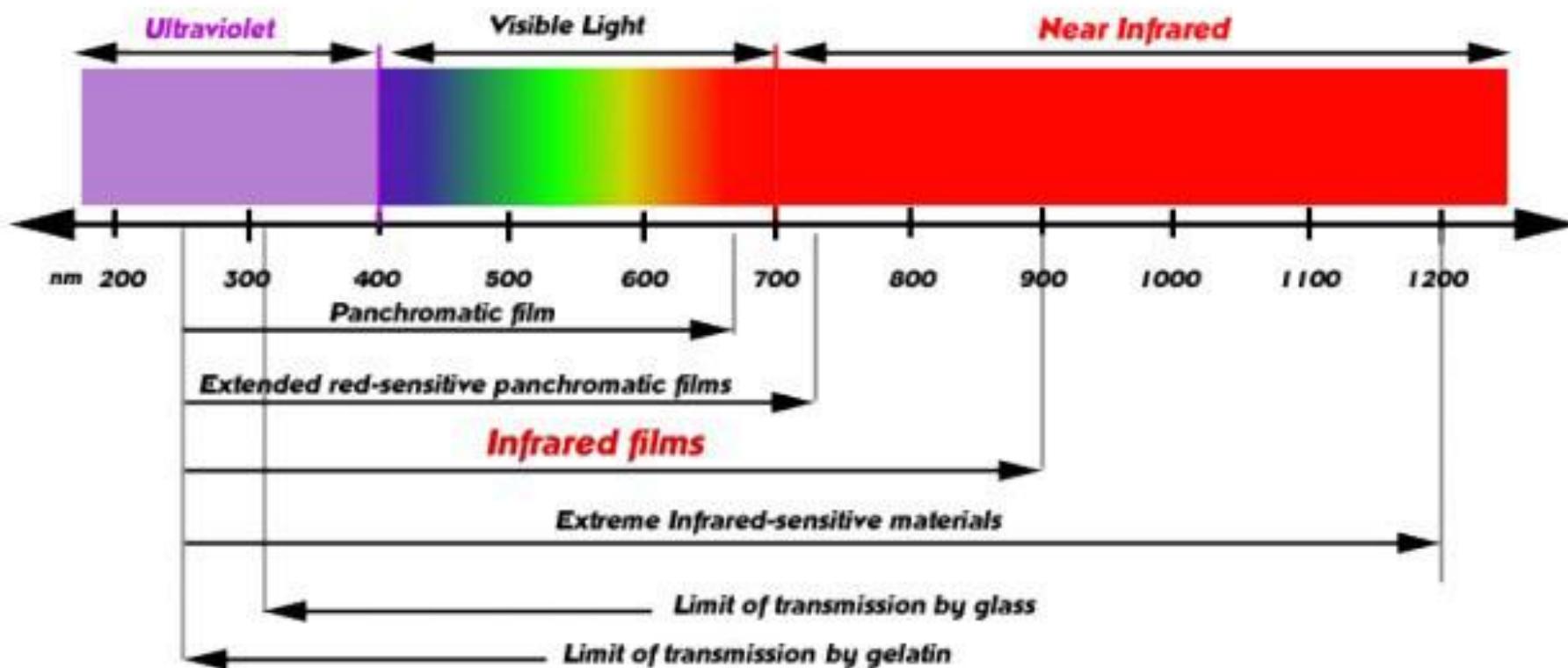


Imagen tomada de [NIR CMOS image sensors work in low to no ambient light \(microcontrollertips.com\)](http://microcontrollertips.com)

Anatomía de una cámara digital

Spectral Range



Tomada de [How Does an Infrared Camera Work? | Thermal Camera Rentals](#)

Anatomía de una cámara digital

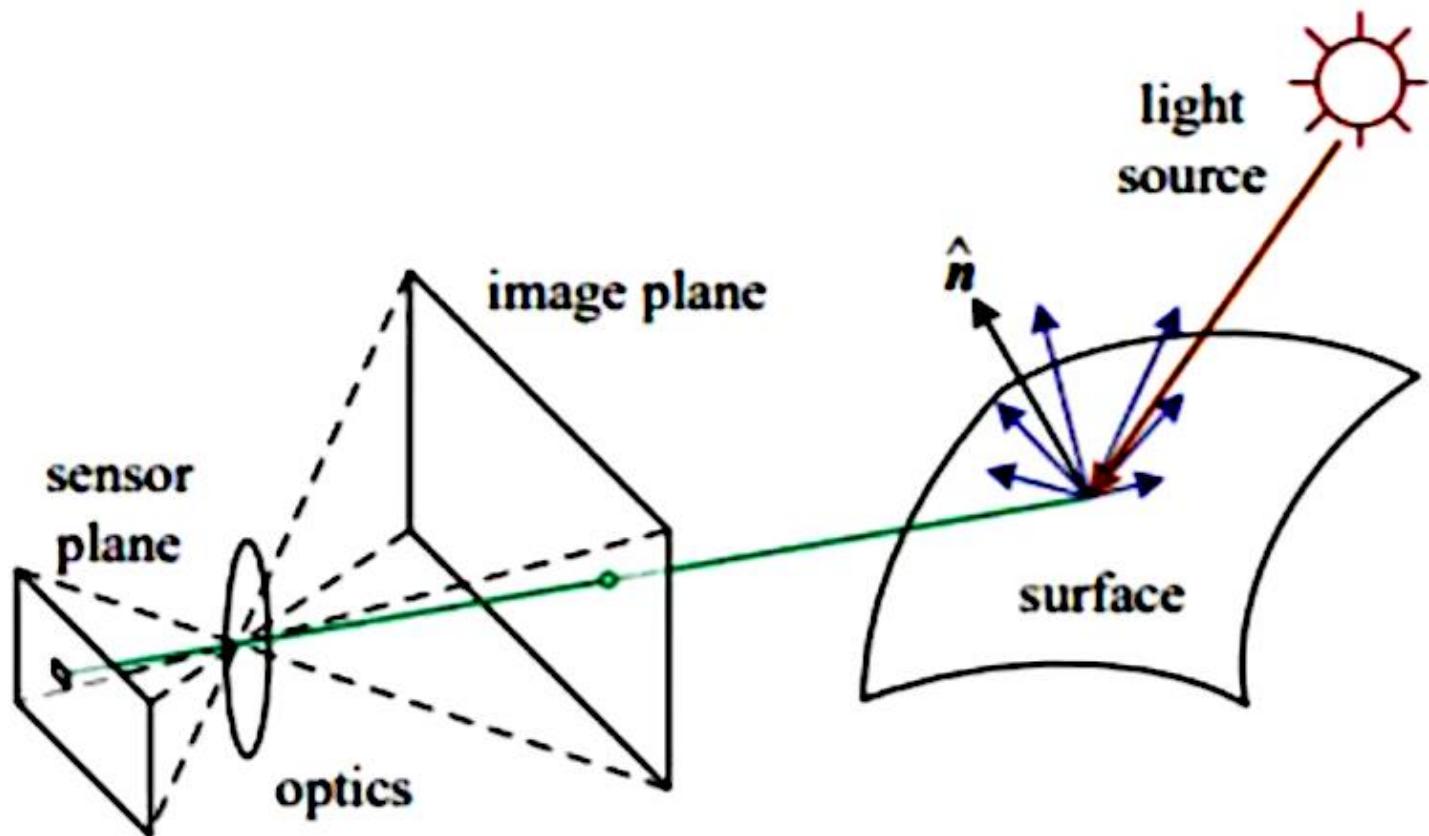
Las cámaras digitales capturan la luz que incide en un arreglo bidimensional (sensor), habitualmente construido con tecnología CMOS.

El espacio del sensor es discreto; el valor codificado en cada posición del sensor es discreto.

El tamaño del pixel y del sensor hablan de la sensibilidad y la tolerancia al ruido.

La eficiencia cuántica nos habla de las longitudes de onda que captura.

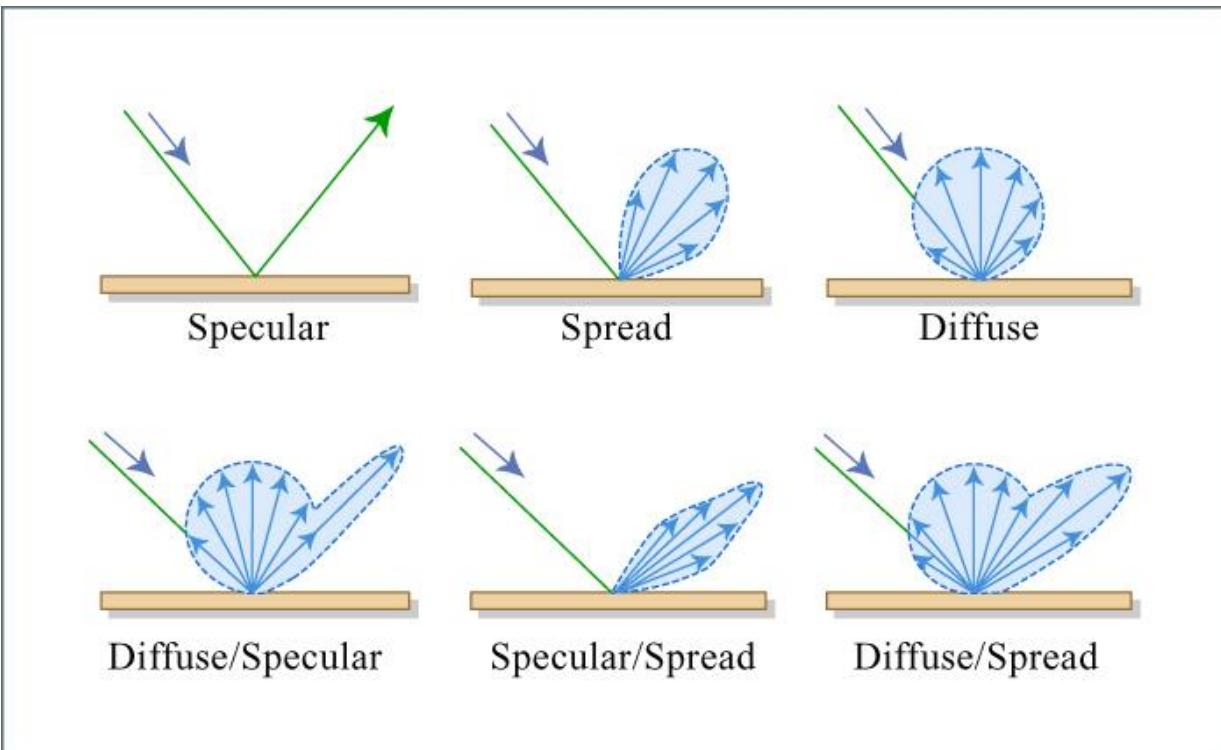
Propiedades ópticas de los objetos



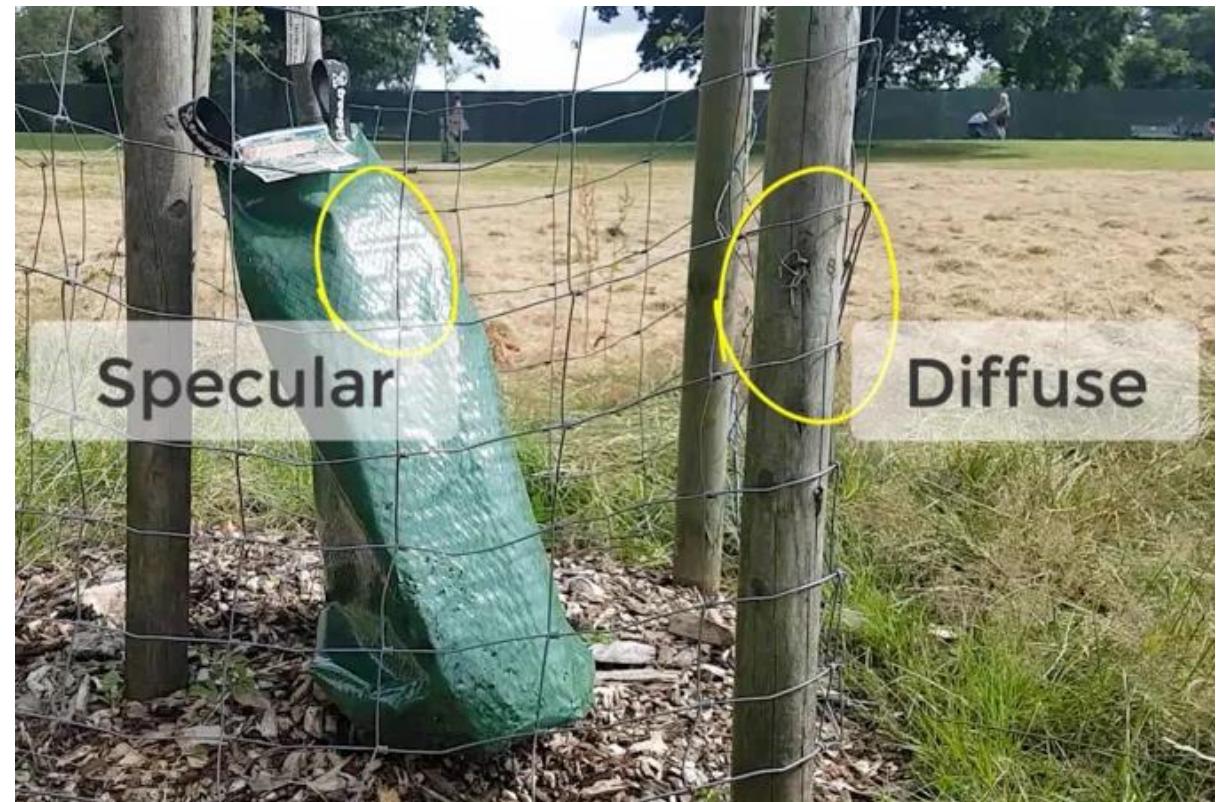
La irradiancia sensada en la imagen es proporcional al producto de la reflectancia de la superficie por la radiancia.

Recomendación: ver los videos de [\(1993\) First Principles of Computer Vision - YouTube](#)

Propiedades ópticas de los objetos

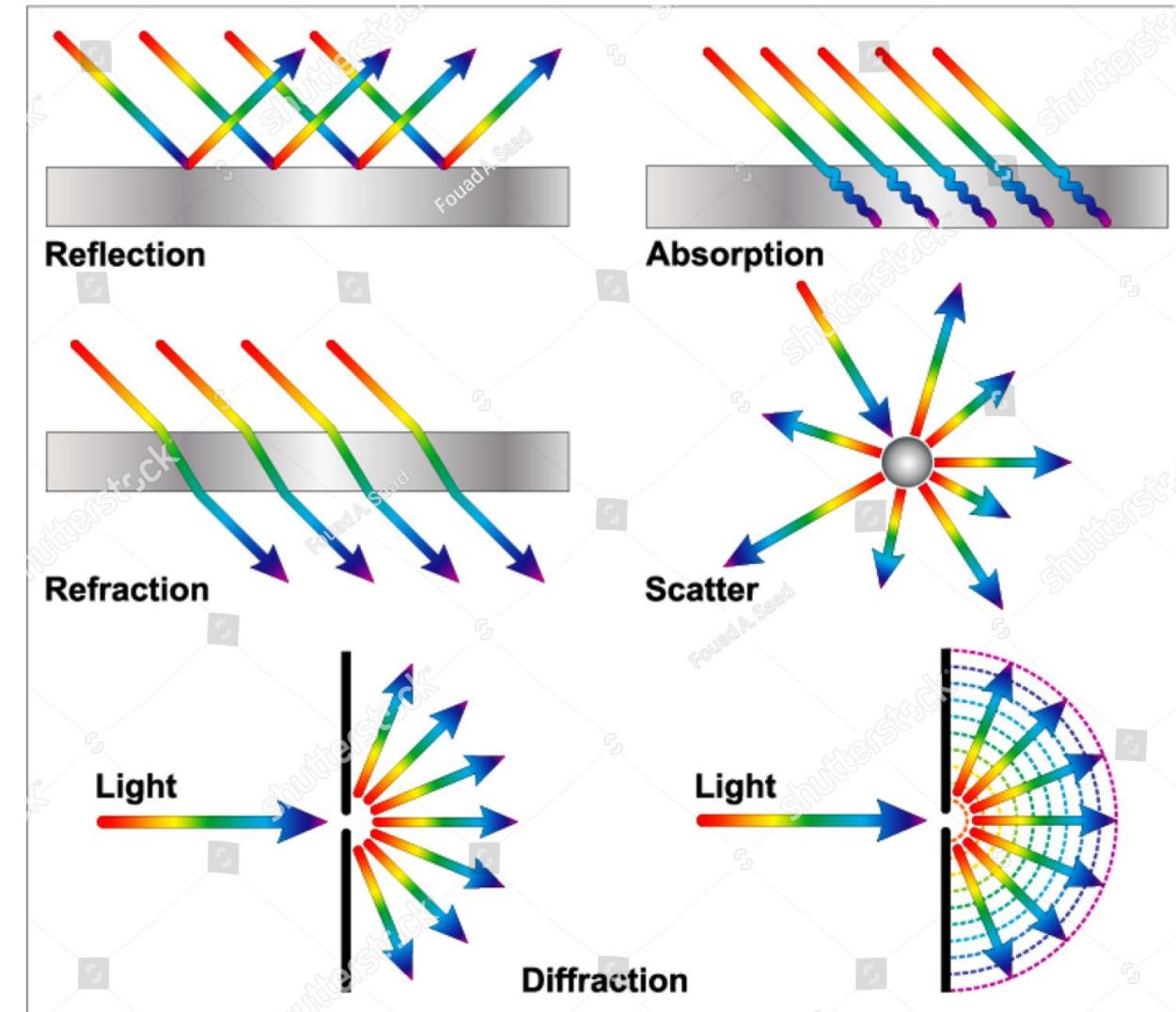


Tomada de [Types of Reflection | Sketches of specular, spread, diffuse,... | Flickr](#)



Tomada de [Artist eye training: Highlights & Reflections | Love life drawing](#)

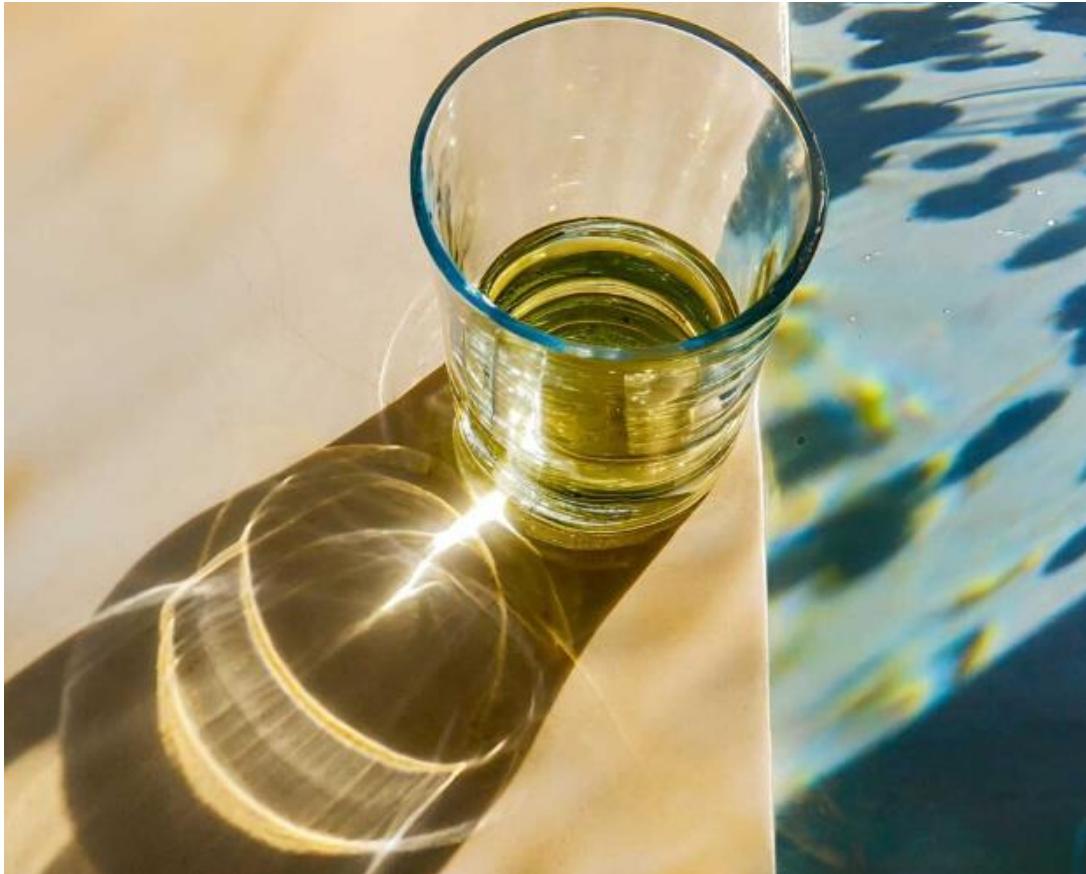
Propiedades ópticas de los objetos



Los fenómenos de reflexión, refracción y difracción se combinan para producir escenas complejas, con efectos como brillos especulares y difusos, iridiscencias, entre otros.

Tomada de [Reflection Refraction Diffraction Stock Vector \(Royalty Free\)](#)
420573394 | Shutterstock

Propiedades ópticas de los objetos

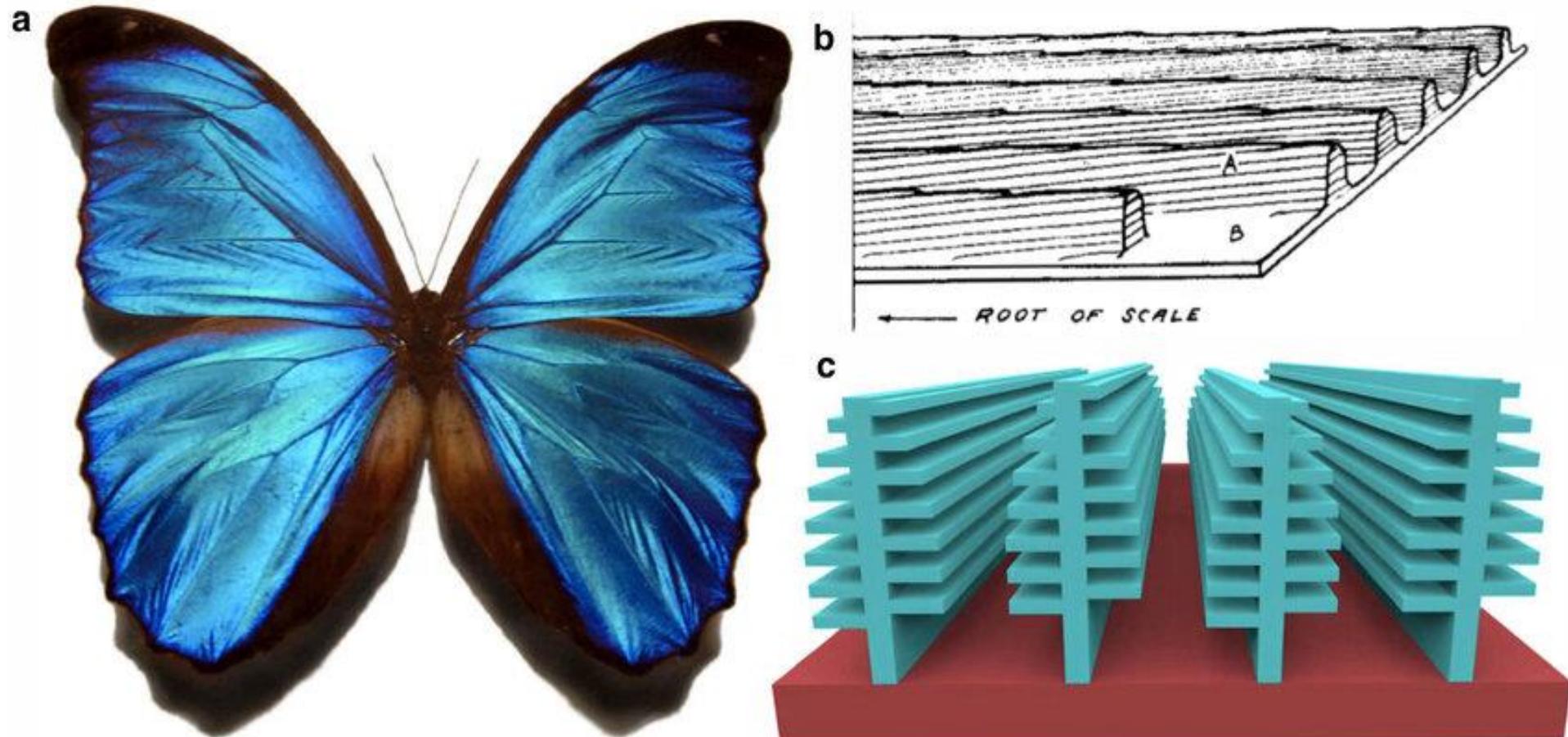


[Tomado de A Practical Approach to Refraction Photography – MK Retouching](#)



[Tomado de diffraction colours | Atmospheric Phenomena](#)

Propiedades ópticas de los objetos



Tomada de [A diagram showing the optical nanostructure found on the surface of the...](#) | Download Scientific Diagram

Propiedades ópticas de los objetos

Las imágenes se forman gracias a la irradiancia medida en cada uno de los píxeles del sensor. La irradiancia medida depende directamente del producto de la radiancia por la reflectancia.

Las superficies suelen presentar más de un tipo de reflexión al mismo tiempo.

La refracción y la difracción pueden cambiar la dirección de la propagación de la luz, y alterar la percepción del color al descomponer los haces de luz.

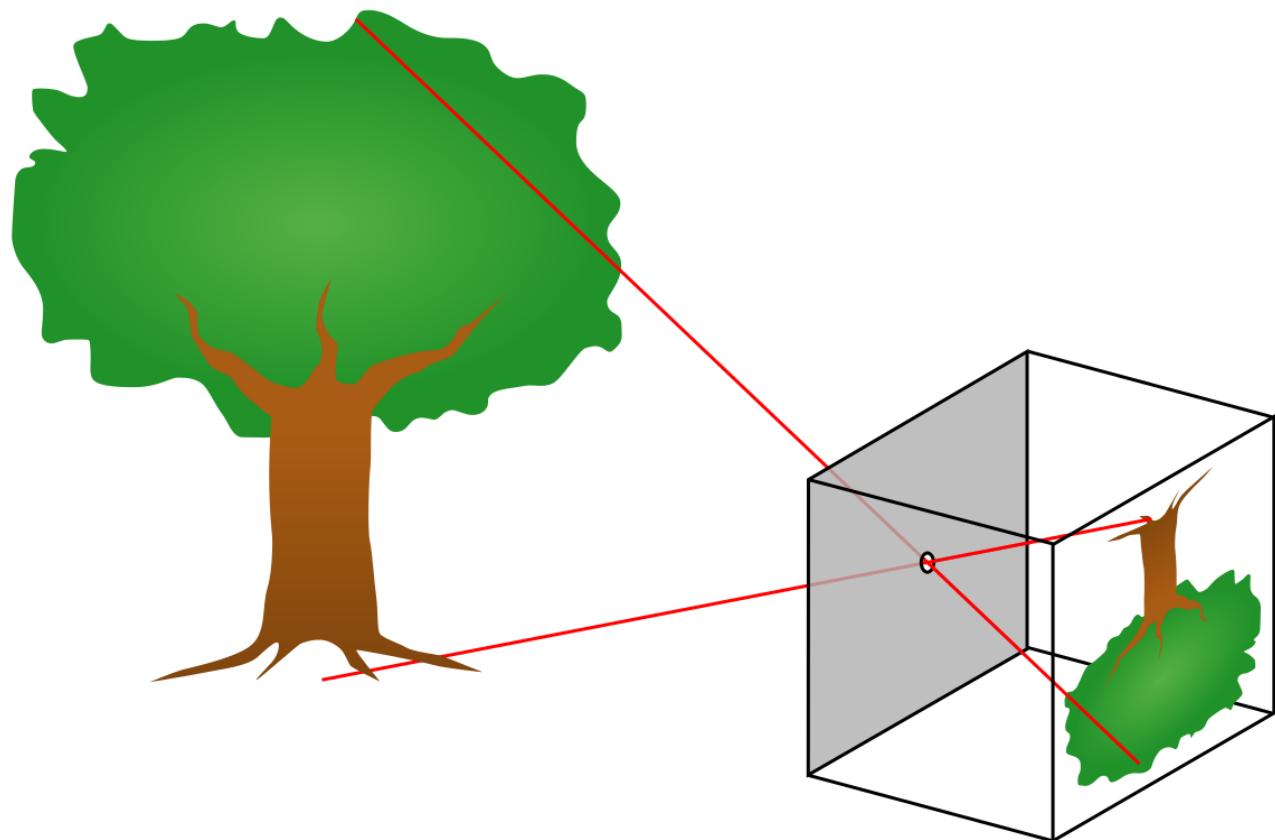
La reflexión, difracción y refracción pueden alterarse por propiedades químicas y físicas de los objetos.

Ópticas y lentes

El modelo de orificio de alfiler (pin-hole) produce imágenes sin distorsión.

El tamaño de los objetos en el plano de formación depende de la distancia al plano focal y la distancia al objeto.

Los detalles son preservados siempre que el orificio sea muy pequeño.

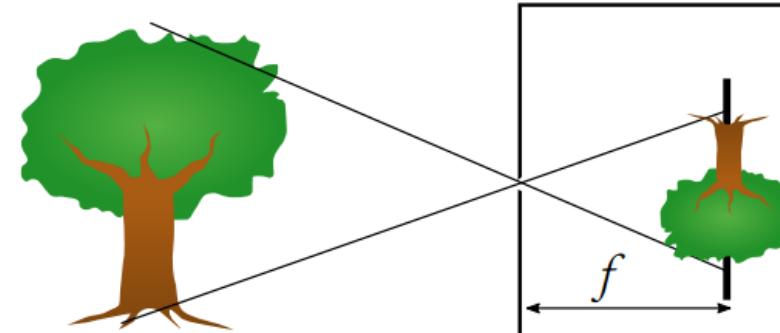


Tomada de [Pinhole camera model - Wikipedia](#)

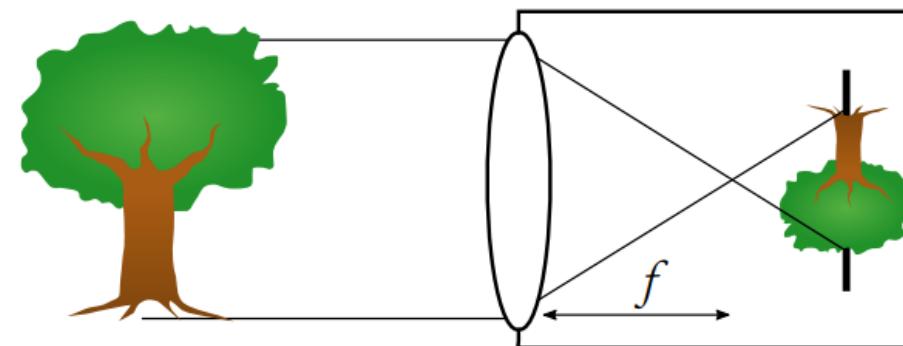
Ópticas y lentes

Al introducir una lente se puede utilizar un orificio mucho mayor, lo cual implica mucha más luz hacia el sensor.

Sin embargo, los bordes y detalles de los objetos solo se preservan cuando la distancia focal y la distancia hacia el objeto guardan una relación particular.



pinhole camera



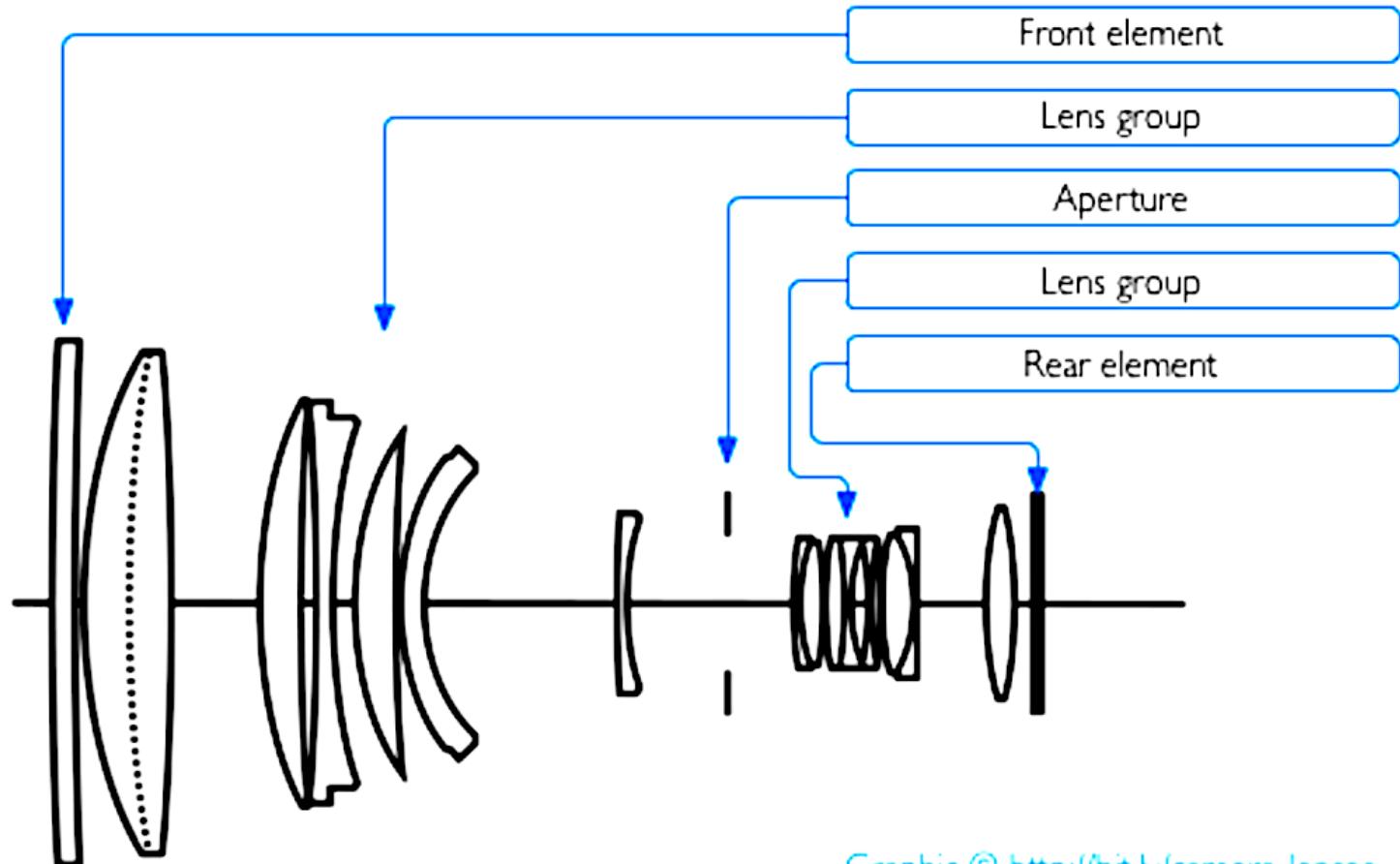
camera with lens to focus image

Tomada de [Camera model: intrinsic parameters –](#)
[Hoàng-Ân Lê](#)

Ópticas y lentes

- Las ópticas (lentes) usados en fotografía suelen tener varios grupos.
- El obturador controla la apertura de la óptica. Junto con el tiempo de exposición, se controla la cantidad de luz efectiva que ingresa a través de la misma.

The Anatomy of a Lens - Interior



Graphic © <http://bit.ly/camera-lenses>

Tomada de [Everything you need to know about camera lenses | by Haje Jan Kamps | Photography Secrets | Medium](#)

Ópticas y lentes



Lente de 50mm, f/1.6, 1/20s, ISO 200



Lente de 50mm, f/22, 13s, ISO 200

Ópticas y lentes

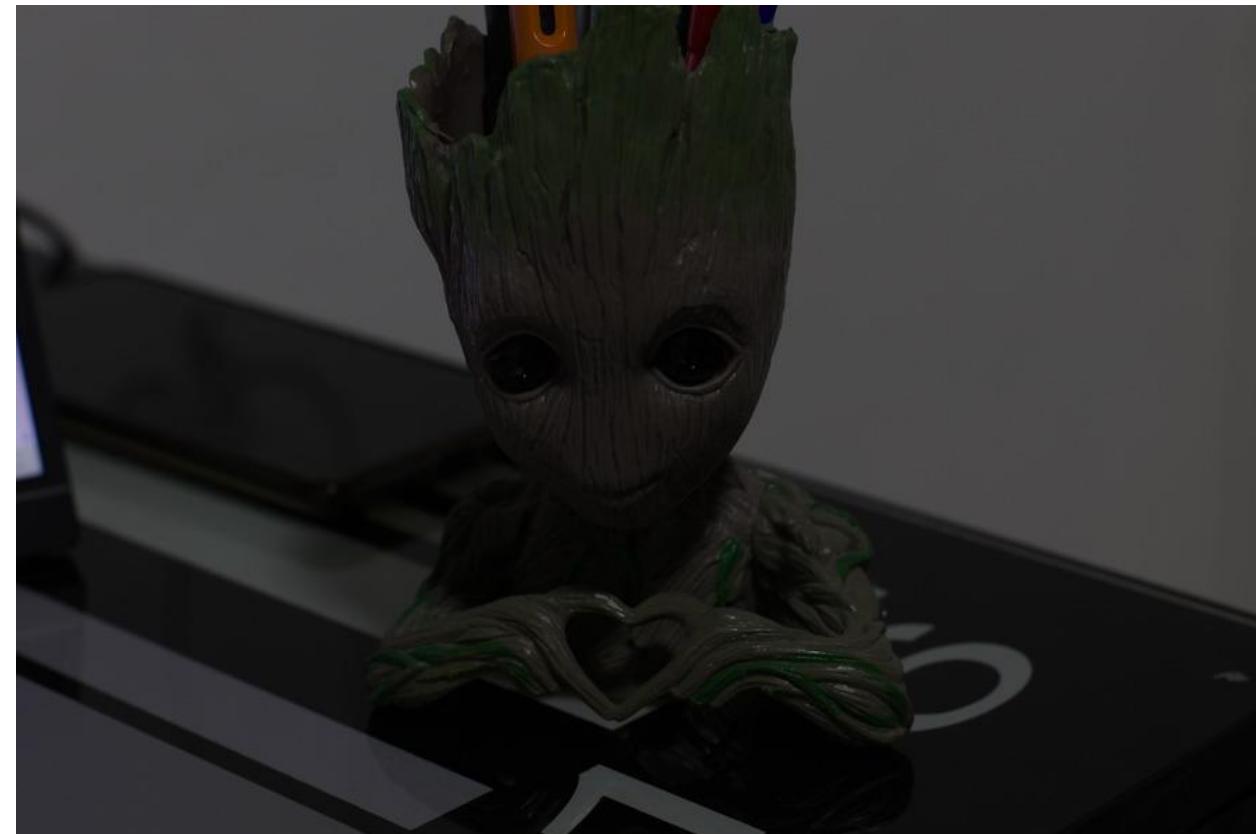


Lente de 50mm, f/1.6, 1/15s, ISO 200



Lente de 50mm, f/5, 1/15s, ISO 200

Ópticas y lentes



Lente de 50mm, f/5, 1/15s, ISO 200



Lente de 50mm, f/5, 1/15s, ISO 1600

Ópticas y lentes



Lente de 50mm, f/22, 13s, ISO 200



Lente de 50mm, f/5, 1/15s, ISO 1600



Ópticas y lentes

Ópticas y lentes

El uso de ópticas permite mejor manejo de la luz, pero introduce distorsiones.

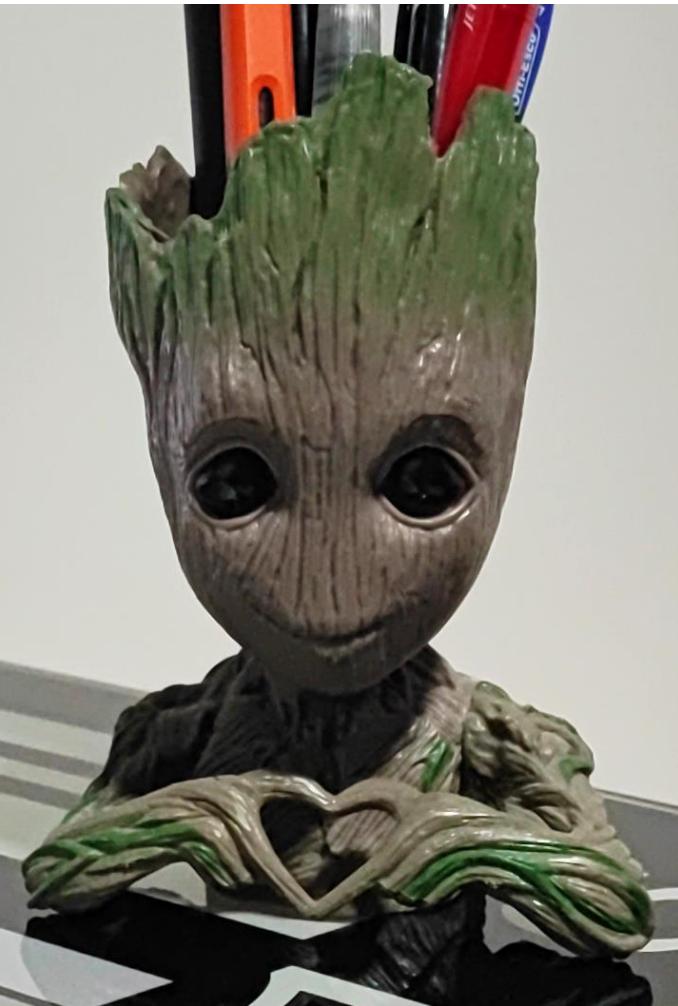
La cantidad de luz incidente se puede controlar a través de la apertura y el tiempo de exposición.

Mayores aperturas implican una menor profundidad en el campo de enfoque de la lente.

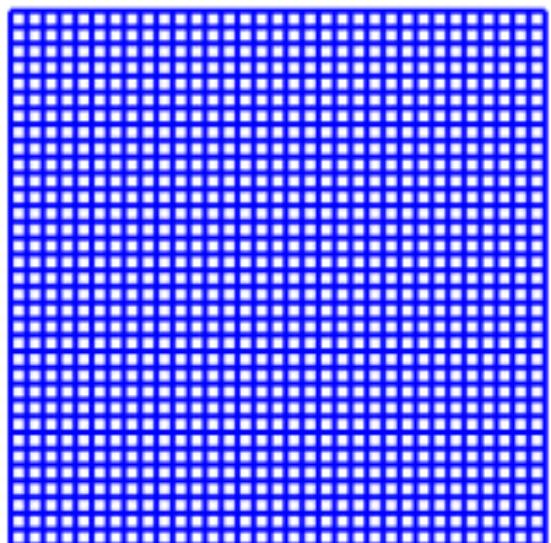
Se puede usar la ganancia electrónica para compensar, en cierta medida, la deficiencia de luz (aunque no es lo ideal).

La ganancia electrónica también se puede usar para reducir los tiempos de exposición.

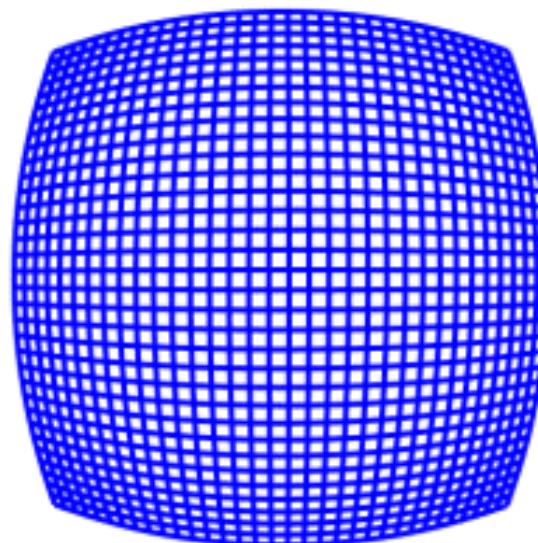
Distorsión en las imágenes digitales



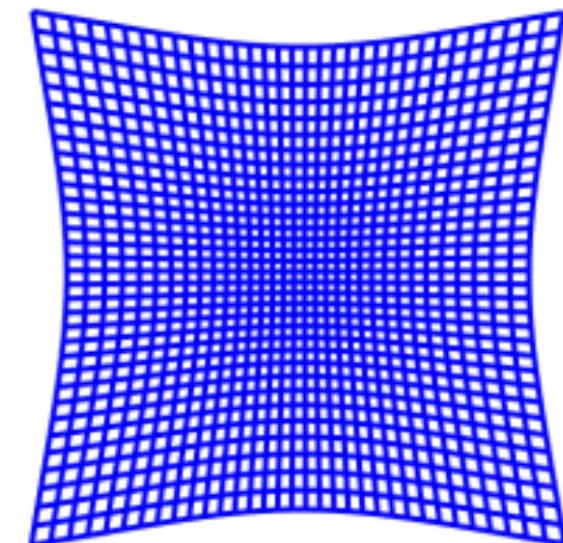
Distorsión en las imágenes digitales



INPUT GRID



BARREL DISTORTION



PINCUSHION DISTORTION

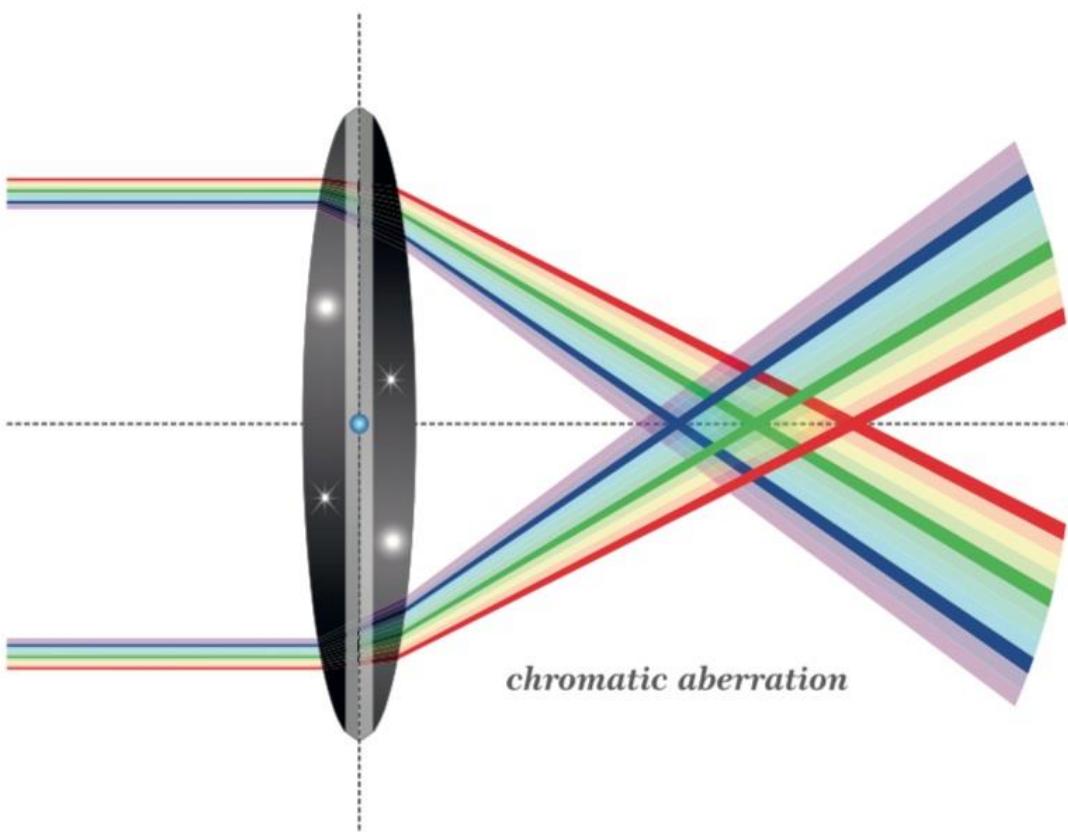
Tomada de [Understanding Lens Distortion | LearnOpenCV #](#)

Distorsión en las imágenes digitales

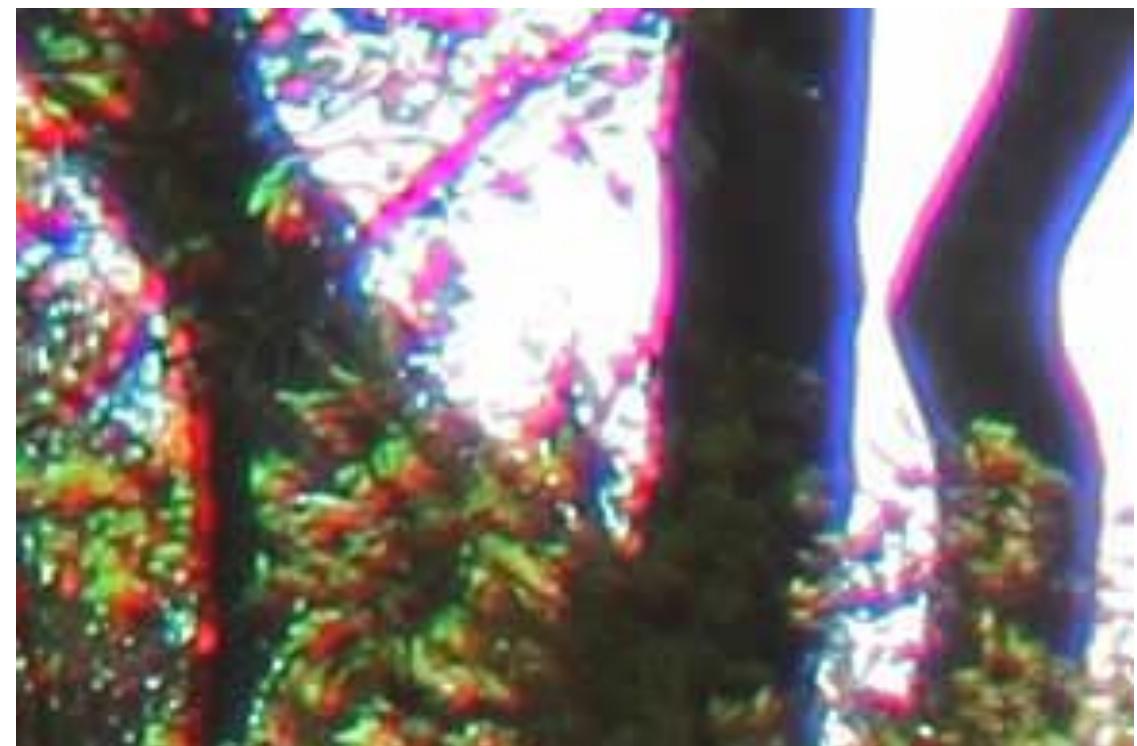


Tomada de [How to Make Distortion Disappear with Lightroom's Transform Tools - Photofocus](#)

Distorsión en las imágenes digitales



Tomada de [Chromatic Aberration and How to Fix It](#)



Tomada de [What is chromatic aberration - Focus Review](#)

Distorsión en las imágenes digitales



Tomada de [Bloom: what it is and how it works – Dehancer Blog](#)



Tomada de [Red eye in portraits | Flash photography problems solved](#)

Distorsión en las imágenes digitales



Distorsión en las imágenes digitales

Las imágenes digitales pueden sufrir por distintos tipos de distorsiones, relacionados con el sensor, la óptica, y las propiedades ópticas de la escena.

Las distorsiones pueden afectar la fidelidad en la reproducción de la geometría de la escena, o alterar la reproducción del color (luz).

Varias de las distorsiones se pueden dar en mayor o menor medida dependiendo de la longitud de onda de la luz incidente.

Existen opciones comerciales y de libre distribución que permiten la compensación y, hasta cierto punto, la corrección de diversos tipos de distorsión.

Compresión de imágenes digitales

Una imagen digital sin compresión puede ocupar mucho espacio:

No. Bytes = Ancho x Alto x No. Capas x Bytes/Capa

P.e., una foto full HD (1920 x 1080 píxeles, alrededor de 2 Mpix) con una profundidad de color de 32 bits (4 capas, 1 byte por capa):

No. Bytes = $1920 \times 1080 \times 4 = 8.294.400$ Bytes

Esto hace que la transmisión y almacenamiento de imágenes digitales sin compresión sea muy costosa.

Compresión de imágenes digitales

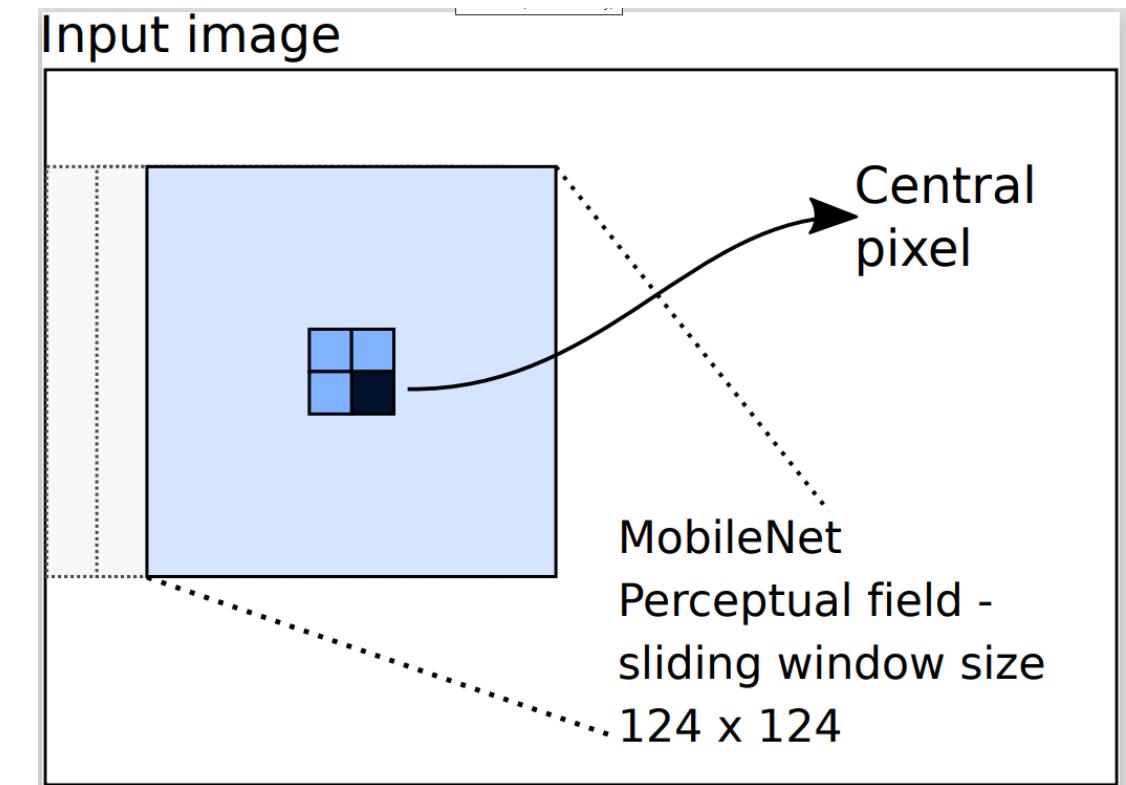
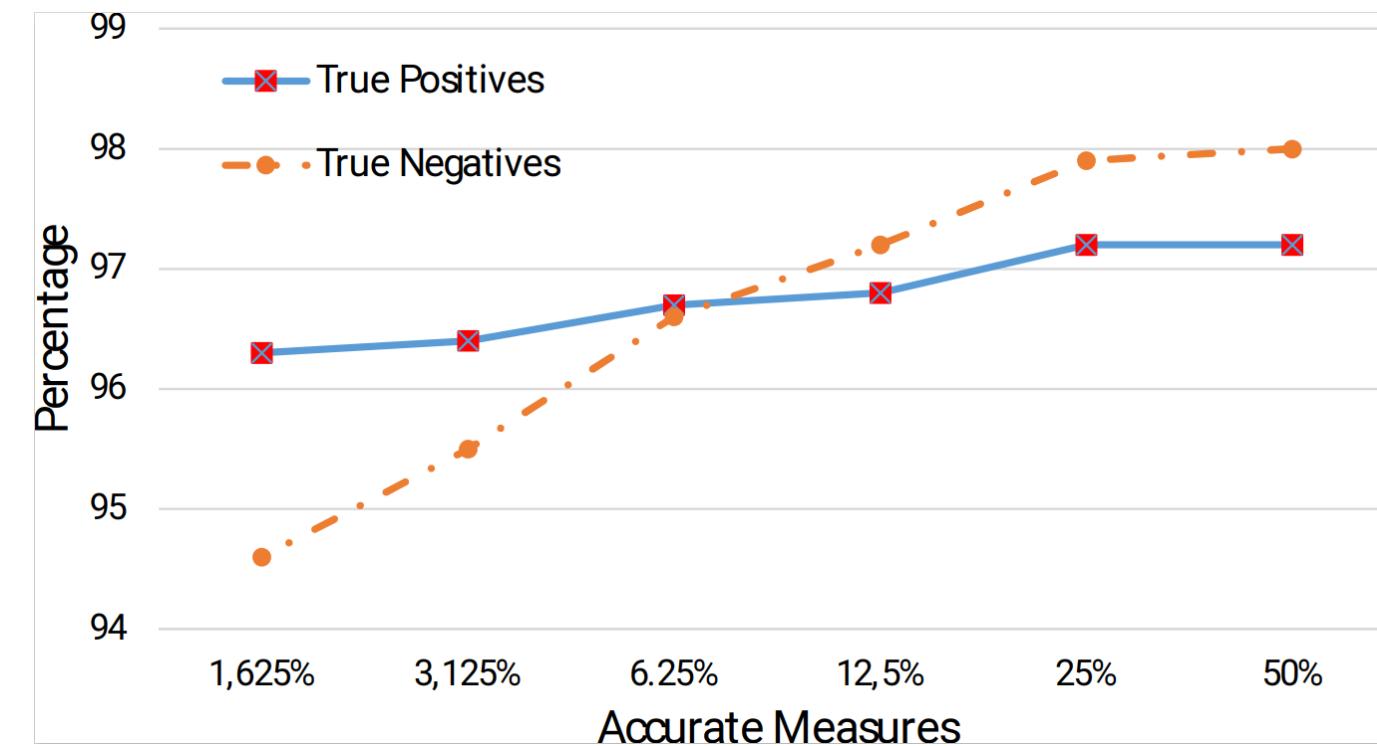
Compresión sin pérdidas

- Se aprovecha de la redundancia (baja entropía) en algunas zonas de la imagen.
- Utiliza técnicas de codificación como árboles (p.e. Huffman, Lempel-Ziv-Welch).
- Se logran tasas de compresión muy altas cuando la entropía es baja; sin embargo, puede no lograrse ninguna ganancia si la entropía es alta.
- Normalmente no se usa en imágenes naturales.
- Casos notables: PNG, GIF.

Compresión con pérdidas

- Se aprovecha de características locales y/o globales particulares en el espacio o el espectro.
- Suele entregar resultados consistentes en el tamaño de los archivos de salida para un nivel determinado de ‘calidad’.
- Se usan con frecuencia para la representación de imágenes naturales.
- Los algoritmos están diseñados para engañar al ojo humano en la descompresión.
- Casos notables: JPEG, JPEG2000.

Compresión de imágenes digitales



Ejemplos de imágenes que se favorecen de una compresión sin pérdidas por redundancia.

Compresión de imágenes digitales

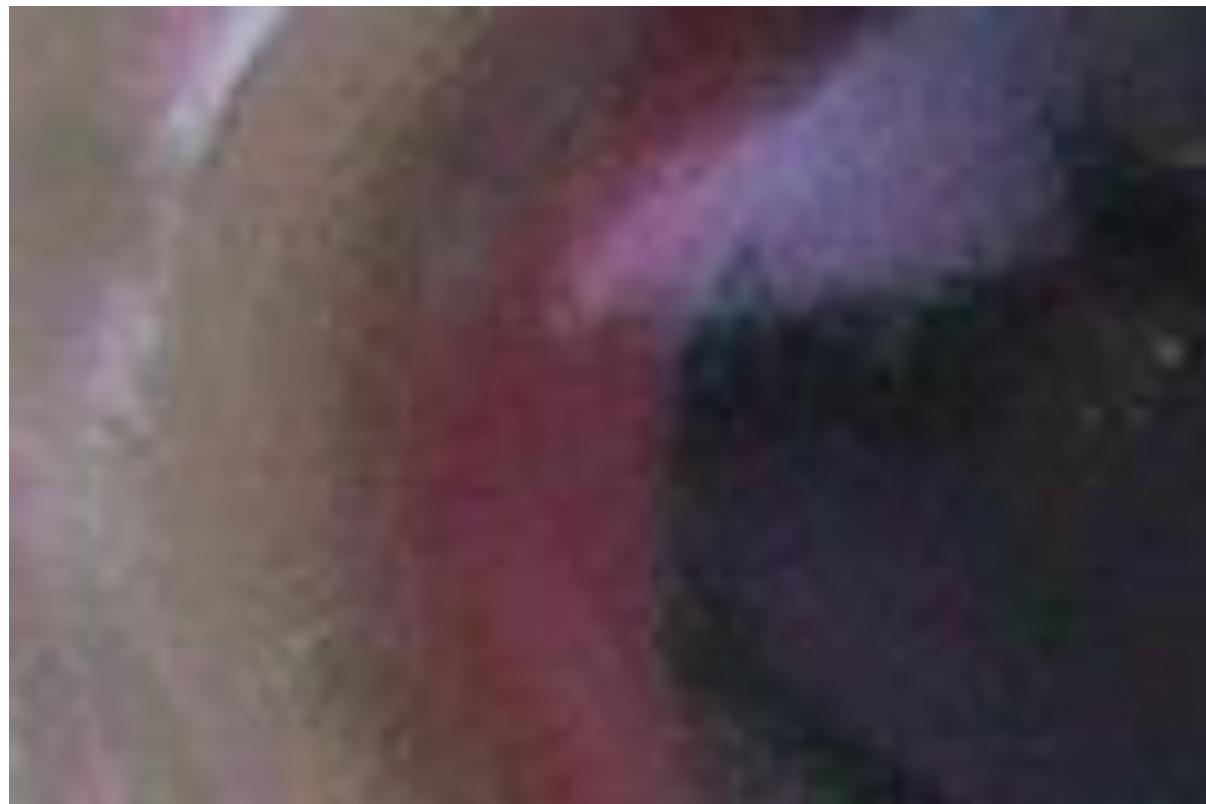


Lente de 50mm, f/1.6, 1/20s, ISO 200

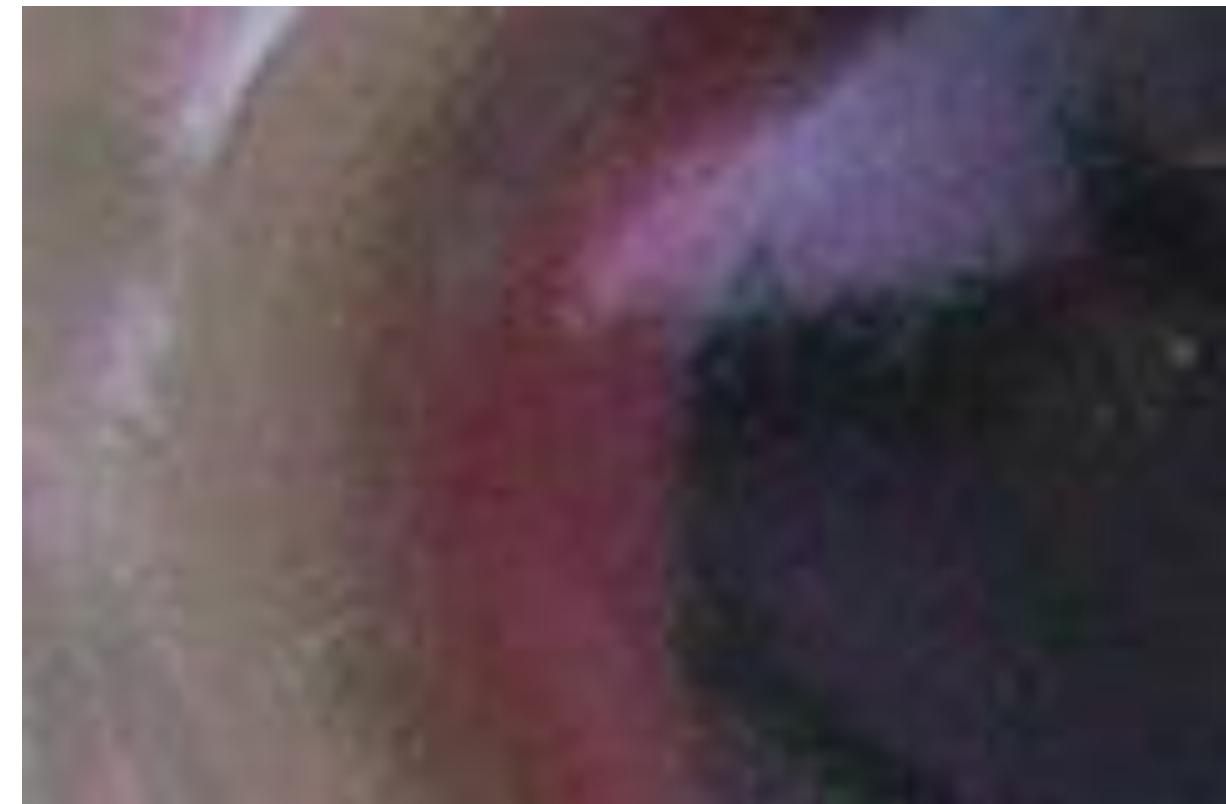
- Imagen en formato crudo
 - Formato de archivo: CR2
 - Tamaño: 6016 x 4012 píxeles
 - Tamaño (bytes): 29.849.555
- Imagen comprimida (JPEG)
 - Formato de archivo: JPG
 - Calidad: 92 (/100)
 - Tamaño (bytes): 3.240.140

Tasa de compresión: 9,2:1

Compresión de imágenes digitales



Detalle de la zona del ojo izquierdo (sin)



Detalle de la zona del ojo izquierdo (con)

Compresión de imágenes digitales

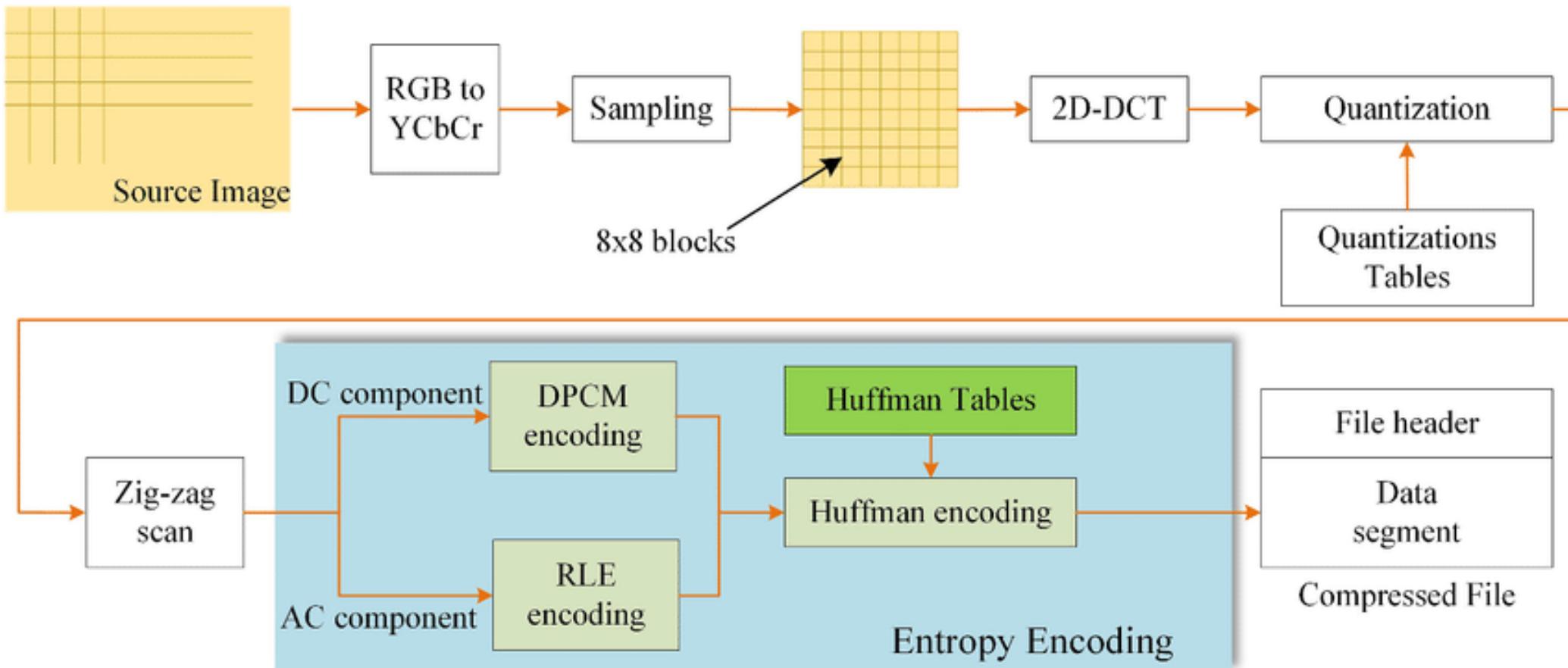


Crominancia roja del detalle de la zona del ojo izquierdo
(sin compresión)



Crominancia roja del detalle de la zona del ojo izquierdo
(sin compresión)

Compresión de imágenes digitales



Tomada de [An efficient parallel entropy coding method for JPEG compression based on GPU | Request PDF](#)

Compresión de imágenes digitales

- La mayoría de cámaras fotográficas comerciales soportan el formato JPEG de forma nativa.
- Sin embargo, pocas cámaras soportan formatos crudos de forma nativa.
- A pesar de que con el formato JPEG se pierde información - notablemente en los bordes de los objetos, **en muchos casos no hay opción.**

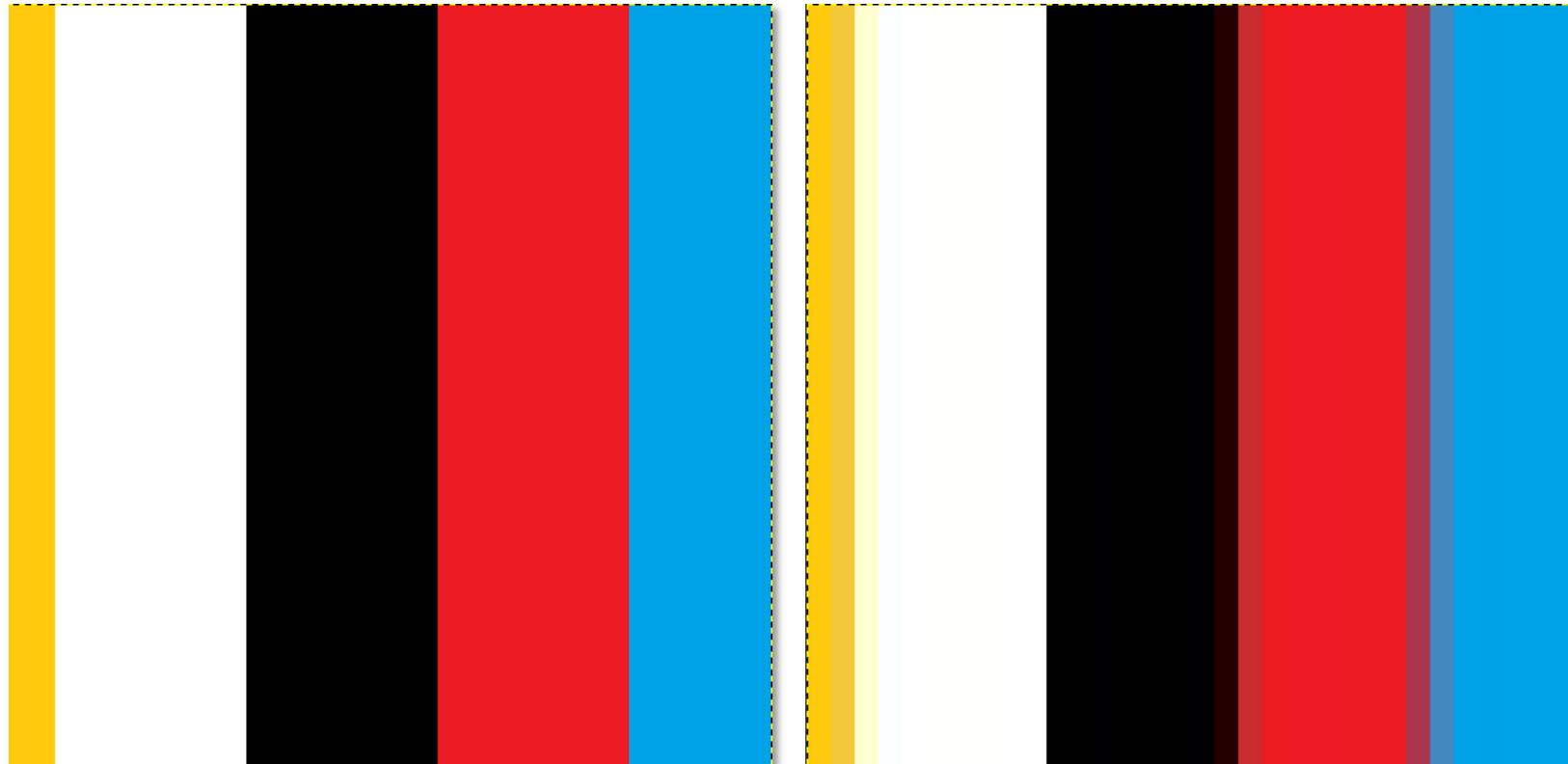


Imagen sin compresión (32 x 32)

Imagen comprimida (32 x 32)

Qué es un video digital



De la misma manera que se pueden capturar imágenes digitales, se pueden capturar secuencias de éstas (videos).



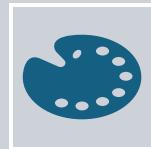
Sin embargo, esto trae consigo un problema aún mayor de transmisión y almacenamiento de la información.



Por ejemplo, una película de streaming en Full HD (1920 x 1080 @ 30 fps, RGB) sin ningún tipo de compresión **utilizaría algo más de 186 MB por segundo** sin contar el audio, o alrededor de **1.34 TB para una película de 2 horas de duración**.

Qué es un video digital

El video digital hace uso de una serie de técnicas inspiradas en el sistema perceptual humano para reducir la redundancia. Entre ellas:



La representación en espacios de color más compactos (como el YUV);



La compresión de los fotogramas (p.e. JPEG).



El descarte de fotogramas cuando las variaciones en el video han sido pequeñas entre uno y otro fotograma.

Qué es un video digital



Qué es un video digital

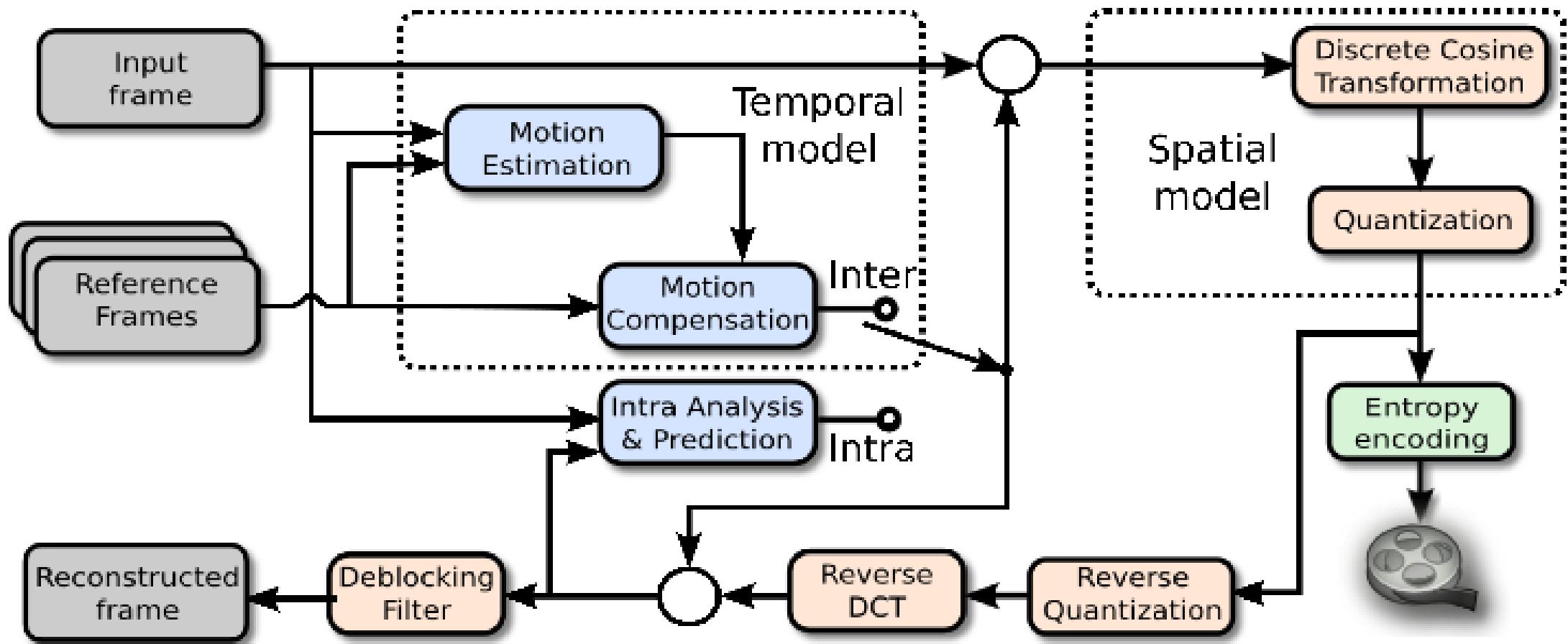
- ¿Qué puedo hacer con el video digital?
 - Detección de objetos a través de movimiento;
 - Seguimiento y captura de movimiento;
 - Monitoreo y supervisión;
 - Estimación de cantidades cinemáticas;
 - Reconstrucciones panorámicas y 3D.



Qué es un video digital

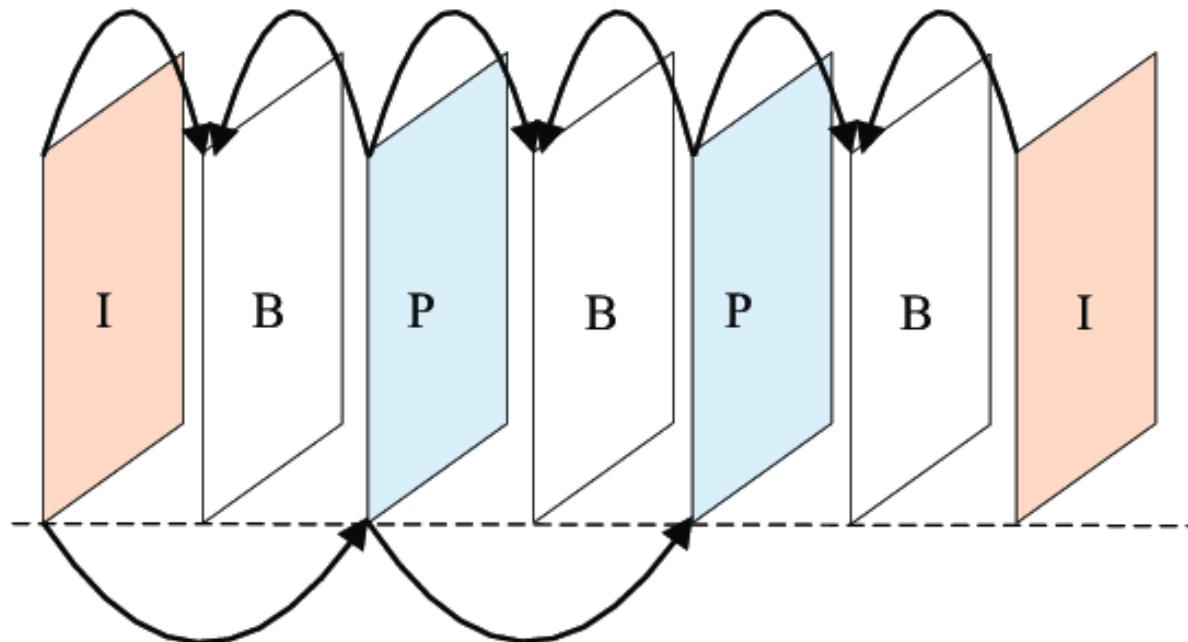


Qué es un video digital



Tomado de [\(PDF\) Design and evaluation of a task-based parallel H.264 video encoder for the Cell processor](#)

Qué es un video digital



- Los cuadros de la secuencia de video son clasificados como cuadros de referencia (I), cuadros de predicción (P) y cuadros de bi-predicción (B).
- Los cuadros P y B son calculados con la ayuda de la información de estimación de movimiento entre cuadros.

Tomada de [Diagram of the relationship among I-frame, P-frame and B-frame. | Download Scientific Diagram](#)

Qué es un video digital



Diferencias entre procesamiento de imágenes, computación gráfica y visión de máquinas

Existen tres términos que son confundidos con frecuencia: el procesamiento de imágenes, la computación gráfica y la visión de máquinas.

El problema que se busca resolver a través del procesamiento de imágenes es realzar ciertas características presentes en los datos, de tal forma que las imágenes sean más apropiadas para tareas posteriores. Habitualmente dichas tareas están relacionadas con el retoque fotográfico, y el consumidor final suele ser un ser humano.



Tomada de [Photo Enhancer - Easily Enhance Photo Quality Online | FotoJet](#)

Diferencias entre procesamiento de imágenes, computación gráfica y visión de máquinas

La computación gráfica, por otro lado, busca generar representaciones aumentadas (o sintéticas) a partir de datos.

En este caso, el objetivo es facilitar la visualización de la información a través del uso de monitores o cascos de realidad virtual.

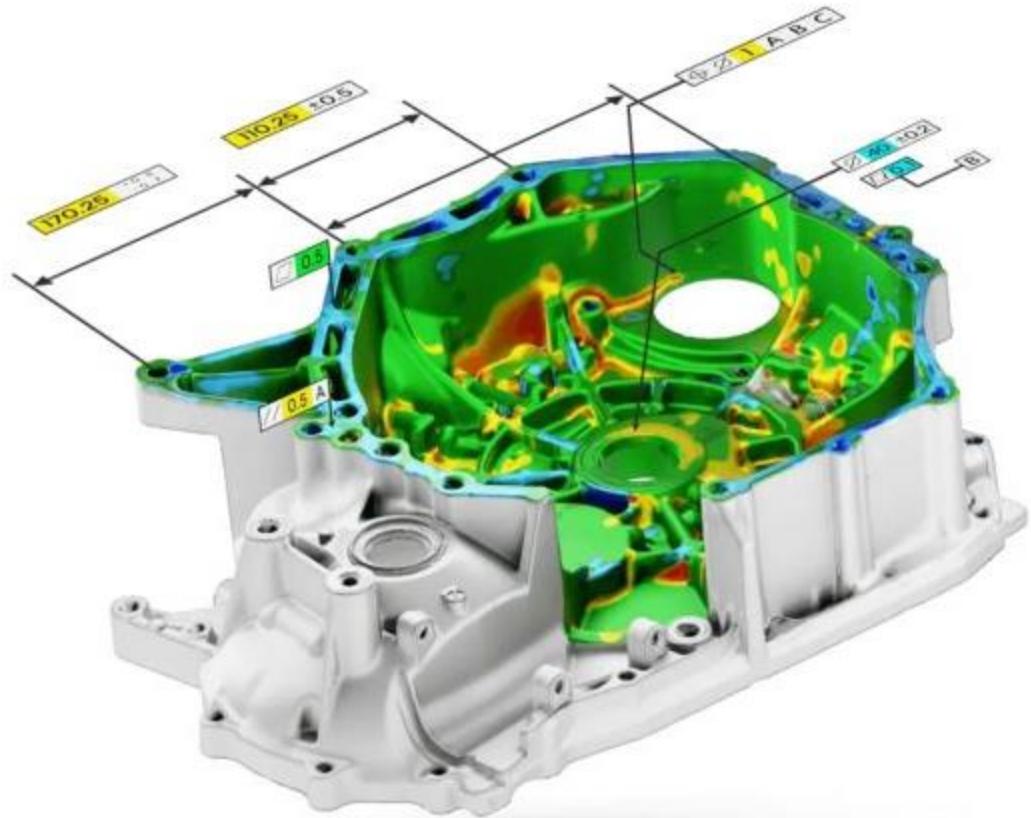


Tomada de [Advantages | UNIGINE 2 Engineering SDK | UNIGINE: real-time 3D engine](#)

Diferencias entre procesamiento de imágenes, computación gráfica y visión de máquinas

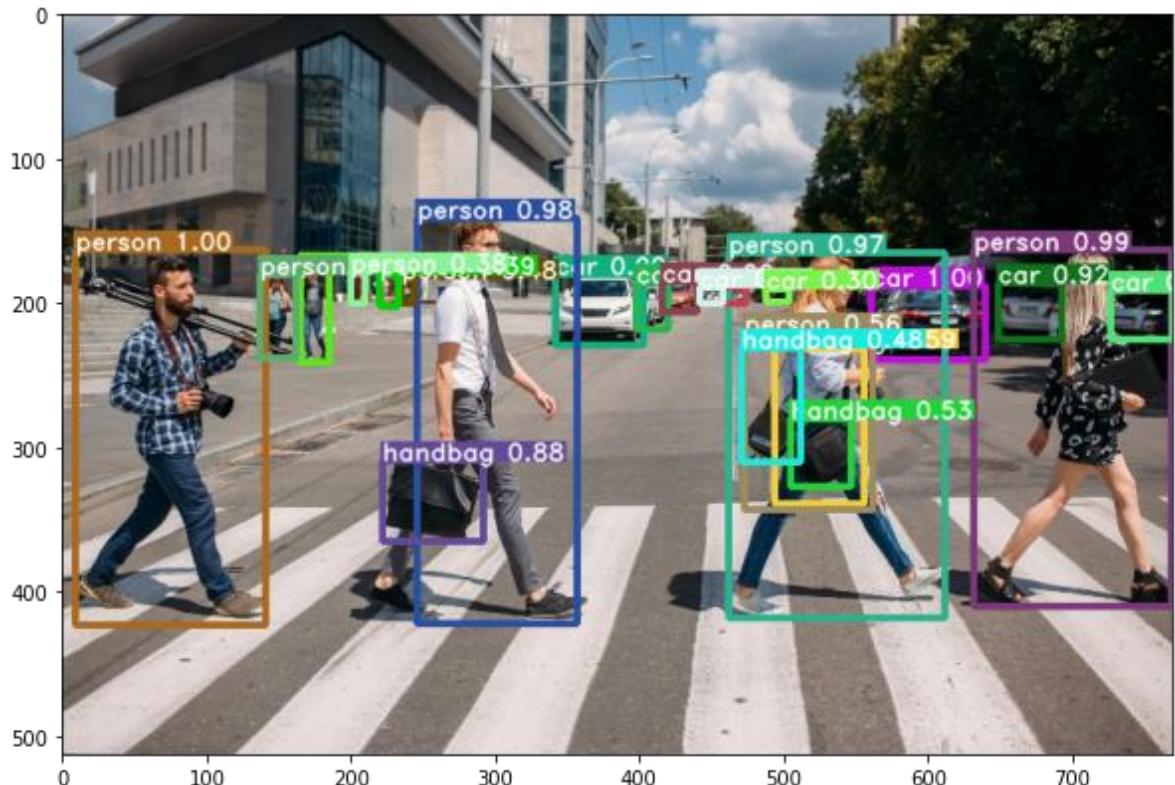
Por último, la visión de máquinas busca, de manera automatizada o asistida, facilitar la toma de decisiones a partir de imágenes y video, resolviendo problemas como:

- Detección, reconocimiento, conteo de instancias.
- Seguimiento de objetos o características en las imágenes.
- Monitoreo.
- Medición, control de calidad, caracterización en detalle.

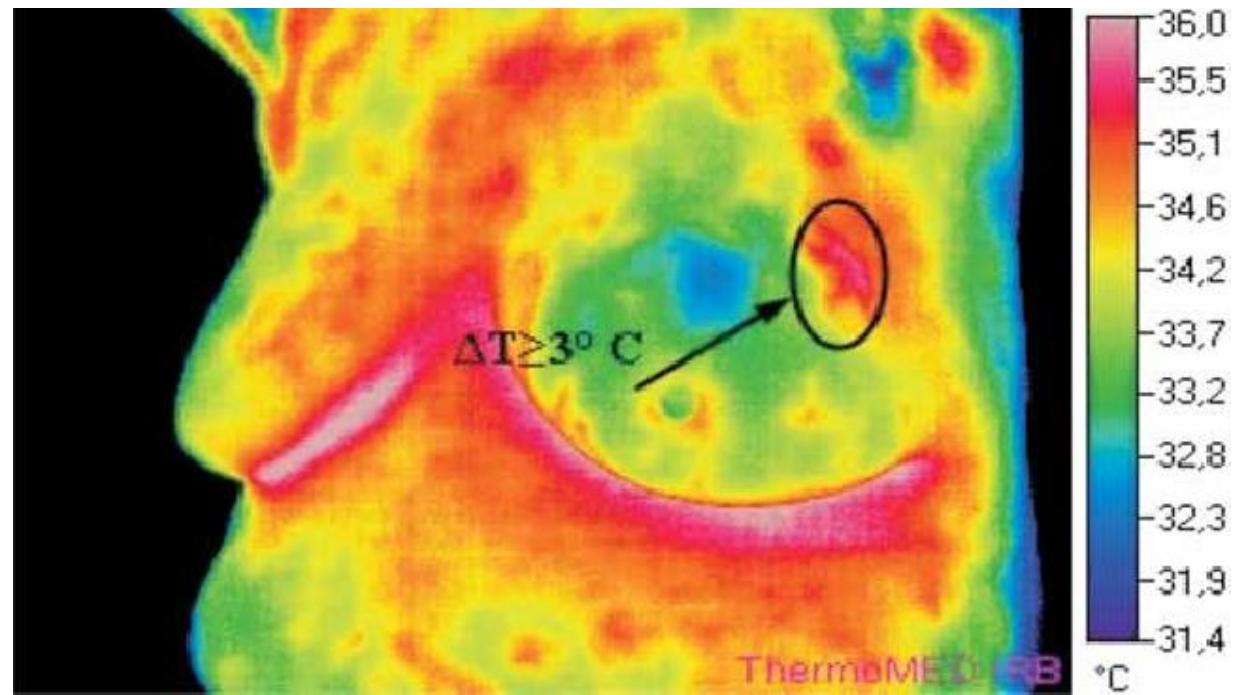


[Tomada de 3D Scanning Simplifies Quality Control in Additive Manufacturing – Metrology and Quality News - Online Magazine](#)

Diferencias entre procesamiento de imágenes, computación gráfica y visión de máquinas



Tomada de [Object Detection with YOLO: Hands-on Tutorial](#)



Tomada de [Computer Aided Diagnosis for Breast Diseases Based on Infrared Images | Request PDF](#)

Takeaways de la sesión



El procesamiento de imágenes no es lo mismo que la visión de máquinas. En el primero, el consumidor principal es un ser humano a través de un mecanismo de visualización. En el segundo, el objetivo es la toma de decisiones de forma automática o asistida.



La visión de máquinas lida con problemas como la detección, el monitoreo, el control de calidad, etc.



Se puede usar video o múltiples imágenes para armar vistas panorámicas o incluso reconstrucciones 3D de escenas.

Takeaways de la sesión



El éxito en la solución de problemas de visión de máquinas está ligado en gran medida al nivel de conciencia acerca de las necesidades impuestas en cuanto a la adquisición de los datos.



La gran mayoría de sensores comerciales están ajustados para responder de manera similar a los mecanismos de percepción humana o animal.



Es importante tratar de estandarizar los procesos de adquisición de imágenes y video. La falta de control en la captura puede cambiar significativamente los resultados obtenidos.



Los parámetros de los sensores y las ópticas suelen estar correlacionados. Conocer de estas relaciones facilita la estandarización de los procesos de adquisición.

Takeaways de la sesión

- La compresión con pérdidas en imágenes y videos altera la información recibida de la escena. Esto es, en términos generales, no deseable; pero en la mayoría de casos, inevitable.

Referencias

- Rafael C. González, Richard E. Woods (2017). Digital Image Processing, 4th edition. Pearson.
- Shi, Y.-Q., & Sun, H. (2021). Image and Video Compression for Multimedia Engineering: Fundamentals, Algorithms, and Standards, 3rd edition. CRC Press.