

Visión Artificial: Selección de Cámaras.

Alejandro D. J. Gómez Flórez *

* Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, (e-mail: ajgomezf@unal.edu.co)

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo definir los parámetros de comparación al momento de seleccionar un dispositivo (cámara digital), para incorporar al modelo de adquisición de imágenes digitales de una solución basada en visión artificial. .

Keywords: Procesamiento de imagenes, Camaras, Vision artificial, Vision computacional.

1. INTRODUCCIÓN

En el mercado encontramos una gran variedad de cámaras disponibles, cada una con prestaciones diferentes, que pueden diferir a simple vista en tamaño y precio. La realidad es que parámetros específicos que caracterizan a una cámara, y que pueden brindar mejores prestaciones según el contexto donde se piensa usar. La correcta selección de una cámara para implementar en un sistema de visión artificial, depende en gran medida de estos parámetros, los cuales ayudan a una correcta y óptima selección.

Se presentaran en el siguiente orden:

- Tipos de cámaras.
- Cámaras de uso específico.
- Sensores.
- Exposición.
- Almacenamiento, conectividad y transmisión.
- Captura de video y transmisión.

2. TIPOS DE CÁMARA

Esta característica, es la mas perceptible, al momento de seleccionar una cámara. Se puede distinguir las cámaras inicialmente por el sistema de captura. Este, hace referencia al sistema integrado que captura la imagen y la expone al usuario. Este parámetro es elemental, pues aunque la gran mayoría de cámaras puede capturar las imágenes con sensores similares, la forma en la que se capturan puede ser variar. Se diferencian en los siguientes tipos (conservando en algunos su nombre en inglés):

- DSLR
- Mirrorless
- Compacta
- Web-Cam

2.1 DSLR

DSLR es el acrónimo en inglés de Digital Single Lens Reflex, cuya traducción es "lentes monoculares reflex digitales", es el tipo de cámara mas grande y voluminoso respecto a los otros tipos. La razón de su tamaño se debe a su sistema de sistema de espejos, que direccionan la imagen

observada por el sistema de lentes, sin exponer al sensor, tal como se muestra en la Figura 1.

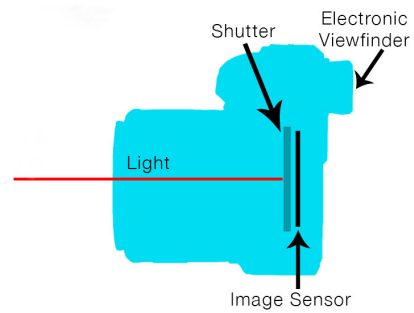


Figura 1. Sistema DSLR (Baker (2019))

Al momento de realizar la captura, el obturador (shutter) expone la imagen directamente al sensor, se levanta el espejo durante un tiempo corto de exposición a través de un sistema mecánico, para luego volver a cubrir el sensor mientras se procede con el almacenamiento de la imagen en el sistema de computo integrado.

Otra característica de este tipo de cámaras, es la posibilidad de intercambiar lentes, lo que permite mejorar la calidad de las imágenes expuestas al sensor.

2.2 Mirrorless

Su nombre traduce "sin espejos", es el tipo de cámaras que expone directamente la imagen al sensor, sin la necesidad de un sistema mecánico para el manejo de los espejos, como ocurre con las cámaras DSLR, lo que contribuye a la reducción de tamaño. Al igual que las cámaras DSLR, las Mirrorless también permiten un intercambio de lentes, con el inconveniente de exponer el sensor al removerlo, lo que puede causar posibles problemas de limpieza y afectar la calidad de las imágenes. Este tipo de cámaras resulta ser, en la mayoría de los casos, mas económico que las DSLR.

2.3 Compacta

Una cámara compacta, posee sistema de captura similar a la Mirrorless. Posee una lente fija no intercambiable que puede ser una lente de zoom o una lente principal. Por

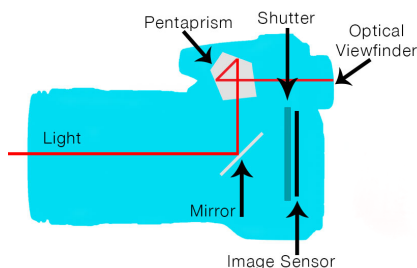


Figura 2. Sistema Mirrorless (Baker (2019))

lente de zoom, hace referencia a un sistema únicamente digital, donde el acercamiento se realiza de manera digital, ajustando una parte de la imagen capturada, al tamaño de la vista original, lo que genera el efecto "pixelado". Lente principal hace referencia a un sistema de lente no reemplazable, que puede ser ajustado a través de la interfaz de usuario, o que en la mayoría, se proporciona un sistema mecánico que combinado con el procesamiento realizado por el sistema de computo integrado, se logra un auto ajuste de la lente incorporada.

2.4 Web-Cam

Conocidas en su traducción como Cámaras web, poseen un sistema, en su mayoría, compuesto por un sistema de captura similar a las Mirrorless y las Compactas, con la diferencia de poseer una lente de plástico no ajustable en su categoría mas baja. Los modelos logran realizar capturas a partir de una resolución alrededor de los 320x240 píxeles logrando llegar a los 4K. Este tipo de cámaras, a diferencia de las anteriores mencionadas, no posee una interfaz propia, pues su diseño y construcción esta enfocada para trabajar a través de una conexión directa con un equipo de computo. Las imágenes capturadas por estas cámaras, son comprimidas a través de una configuración de hardware-software que se lleva a cabo internamente, y que se provee a través de un protocolo de comunicación con el sistema de computo donde se esta conectada.

3. SENSORES

El sensor de imagen, es considerado el elemento principal de una cámara digital. Esta pieza de hardware es el componente principal, pues determina el tamaño de la imagen, la resolución, el rendimiento con poca luz, la profundidad de campo, el rango dinámico, las lentes e incluso el tamaño físico de la cámara. Un sensor de imagen es un dispositivo de estado sólido que captura la luz y se transfieren como señales digitales a otros elementos de hardware que logran convertirla y representarla como imágenes digitales, para posteriormente ser visualizadas a través de un visor o monitor.

3.1 Tipos de Sensores

Se conocen dos tipos de tecnologías empleados para la captura de imágenes: CCD y CMOS. Ambos son sensores cuánticos, basados en el Silicio, sensibles en el espectro visible, con longitud de onda comprendida entre los 300nm y 1000nm Azo-materials (2020).

Sensor CCD En el sensor CCD, se realiza el transporte de los valores capturados, en cada fotosito (un área sensible a la luz que representa un píxel) y se realiza de manera vertical y luego horizontal como se ilustra en la Figura 3. La conversión de la carga en voltaje de todos los píxeles se produce fuera del sensor, en a través de los circuitos externos que convierten la señal analógica en digital y se encargan de almacenarla en su tarjeta de memoria.

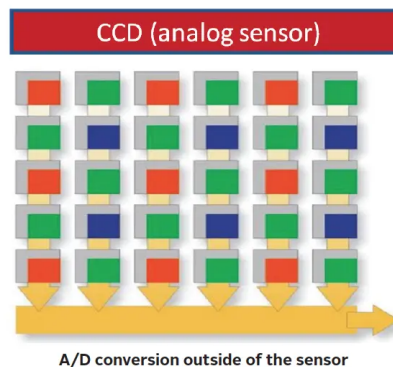


Figura 3. Captura de valores en un sensor CCD (Allied-Vision-Technologies (2016)).

En el sensor CCD, los píxeles cargados se convierten en voltajes analógicos, amplificados y digitalizados. Se consigue una alta calidad de la imagen, bajo nivel de ruido, alta sensibilidad y una gran calidad en la señal en condiciones de baja luminosidad. Dentro de los inconvenientes de esta tecnología de sensores, se encuentra en la limitación de la velocidad de lectura para el flujo de datos en serie (Allied-Vision-Technologies (2016)).

Sensor CMOS En un sensor CMOS, la conversión de la carga en voltaje tiene lugar en cada píxel y la imagen se transforma en información digital en el mismo sensor. Este funcionamiento requiere de un complejo diseño a nivel electrónico. Incluye circuitos de estado sólido en todos y cada uno de los fotositos, y puede manipular los datos de cada píxel directamente en el sensor, como se puede apreciar en la Figura 4.

Los CMOS puede responder a las condiciones de iluminación de formas que un CCD no puede. Se puede acceder a cada fotosito individualmente. Esta tecnología en el sensor, funciona por columnas de píxeles, empleando un amplificador que funciona de forma independiente para cada. Esta tecnología ofrece la ventaja de conseguir elevadas velocidades para la captura en comparación con un sensor CCD.

Debido problemas de desviaciones causadas por la tecnología que se utiliza en los CMOS, logran aparecen inconsistencias en la uniformidad entre píxeles de las columnas, lo que produce un patrón de ruido fijo.

3.2 Tamaño del sensor

El tamaño del sensor, afecta sobre el tamaño de la captura. En circunstancias iguales, sensores más grandes capturan imágenes con menos ruido y con un mayor rango dinámico comparado con tamaños menores.

Entre algunos tamaños encontrados para los sensores son:

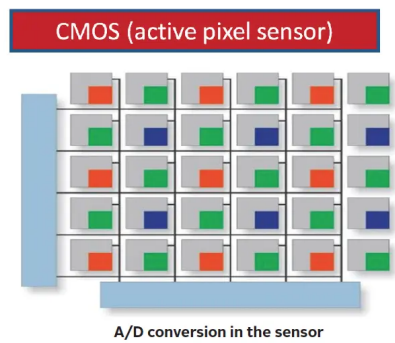


Figura 4. Captura de valores en un sensor CMOS (Allied-Vision-Technologies (2016)).

- Full-Frame (36mm x 24mm): También conocido en su traducción como fotograma completo, es el tamaño de sensor más grande, ya que es lo mismo que un fotograma de película de 35 mm, haciendo referencia a aquellas imágenes impresas químicamente en la tira de un celuloide cinematográfico en las antiguas cámaras análogas.
- APS (Active Pixel Sensor): Es el tamaño de sensor más popular para cámaras de lentes intercambiables y de lentes fijas de mayor calidad. Está presente en una gran parte de las cámaras DSLR. Se encuentra en dos subcategorías:
 - APS-H (28.7mm x 19mm): Este tamaño combina un sensor comparativamente grande con un número moderado de píxeles para aumentar la velocidad y el rendimiento ISO.
 - APS-C (23.6mm by 15.8mm): tiene una relación de aspecto de ancho-alto, alrededor de 3:2, siendo la misma que en una cámara de Full-Frame. El tamaño exacto de un sensor digital APS-C varía según el fabricante de la cámara. Los sensores para APS-C se pueden encontrar en la mayoría de las cámaras digitales SLR, Mirrorless y compactas.
- Four Thirds (17.3mm x 13mm): hace referencia a un formato aproximadamente una cuarta parte del tamaño de un sensor Full-Frame, empleado como estándar para las cámaras DSLR.
- 1/2.5 pulgadas (5,76 mm x 4,29 mm): este tamaño se encuentra entre los sensores más pequeños, y se utilizan normalmente en modelos de bajo precio. Si bien estos sensores diminutos son más baratos de fabricar, sus píxeles más pequeños aumentan el ruido de la imagen y reducen el rango dinámico, lo que da como resultado imágenes menos que superlativas.

En la Figura 5, se puede apreciar un panorama general de los tamaños presentados, y de otros formatos, asociados a algunos fabricantes que los han adoptado, obtenidos de Fink (2008).

4. EXPOSICIÓN

La exposición es la cantidad de luz por unidad de área que alcanza la superficie de del sensor de imagen, según lo determinado por la velocidad de obturación, la apertura de la lente y la sensibilidad ISO (qué tan sensible a la luz es el sensor de imagen). Estos parámetros, velocidad

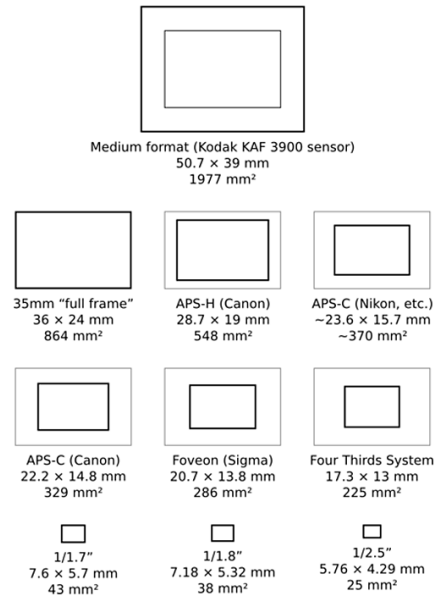


Figura 5. Tamaños de sensores y su relación con algunos fabricantes.

de obturación, apertura de lente e ISO, generan diferentes efectos en la captura según la cantidad de luz en la escena (Berkenfeld (2021)).

- Una velocidad de obturación lenta permite desenfocar objetos en movimiento, adquiriendo una apariencia suave. Una velocidad de obturación rápida permitirá congelar el objeto en movimiento en la imagen.
- Una apertura amplia, se obtendrá menor profundidad de campo, con el objeto claro y el fondo desenfocado. Con una apertura pequeña, la profundidad de campo será mucho mayor, con fondos mas claros.
- Una ISO baja requiere de más luz en la imagen para lograr una buena exposición, mientras que una ISO alta es más sensible y necesita menos luz en la imagen para una buena exposición.

Algunas cámaras, vienen con el modo automática de exposición. Los valores de apertura y de velocidad de obturación son determinados por el sistema de computo integrado en la cámara. A medida que los niveles de luz cambian, se cambiarán los valores de velocidad de obturación y apertura, de manera sistemática, para garantizar una exposición correcta. Además, se integra también un sistema de ISO automático, integrado con un sistema de luz instantánea generada por la cámara, más conocido como flash. Cuando se usa el flash, el parámetro de velocidad de obturación es ignorado y en su lugar, se utiliza la velocidad de sincronización del flash (Berkenfeld (2021)).

5. LENTES

La lente juega un papel importante al momento de obtener la captura de una imagen, y varia según el contexto y la necesidad, pues es la que se encarga de proyectar la luz al sensor, dando dirección a la luz proveniente de diferentes partes de la imagen hacia este (Chauvel (2020)).

La distancia focal expresa el ángulo de visión, es decir, qué se capturará de la escena, y el aumento, qué tan grandes serán los objetos de la imagen. Mientras más larga es la

distancia focal, más estrecho el ángulo de visión y mayor el aumento. Entre más corta sea la distancia focal, más ancho el ángulo de visión y menor el aumento Diane Berkenfeld (2021). En la Figura 6, se ilustra un ejemplo al variar la distancia focal en una lente:



Figura 6. Variación de la distancia focal en una lente (Diane Berkenfeld (2021)).

Algunas de las lentes mas usadas se presentan a continuación:

- Ojo de pez: es una lente gran angular con un campo de visión cercano a los 180°. La forma del lente hace que la cámara produzca imágenes usando una distorsión visual, con apariencia hemisféricas o panoramas muy amplios. Su mayor uso se encuentra en cámaras de seguridad. Los focales pueden ir desde los 8mm hasta los 15mm.
- Gran angular: Es una lente con distancia focal corta y un amplio campo de visión, usadas para la captura de vistas panorámicas. Poseen un campo visual de 60° en adelante. Los focales de este lente son desde 17mm hasta los 35mm.
- Fijos: Estas lentes no realizan ningún zoom físico. Los lentes fijos generan imágenes más claras comparadas a los lentes con zoom. Este tipo de lente es útil para objetos a distancias cercanas. Tienen una distancia focal que alrededor de los 50mm.
- Lente Zoom: Se emplean para cambiar de distancia focal. Pueden mejorar la calidad de la imagen tanto en entornos con mucha luz (con una apertura baja) como en entornos con poca luz (con la apertura máxima o cercana). Los focales de este lente van entre los siguientes valores: 24-50mm; 18-70mm, 24-70mm y 25-105mm.
- Macro: Diseñados para la captura de objetos pequeños a distancias muy cortas. El focal común de esta lente es de 60mm.

6. ALMACENAMIENTO, CONECTIVIDAD Y TRANSMISIÓN

6.1 Almacenamiento

Las cámaras digitales emplean una memoria incorporada o memoria flash para el almacenamiento a través de una memoria integrada o una tarjeta de memoria. Las tarjetas de memoria comunes son:

- CompactFlash (CF)

- Secure Digital (SD) y Micro Secure Digital (microSD).
- Memory Stick (exclusivo del fabricante Sony).

Las fotos capturadas se almacenan en ficheros JPEG estándares o bien en formato TIFF o RAW para tener una mayor calidad de imagen pese al gran aumento de tamaño en el archivo.

6.2 Conectividad

La conectividad de una cámara hace referencia a la transmisión datos, para imagen o vídeo. Esta característica en algunos casos puede ser relevante, al momento de la adquisición, pues la posibilidad de transmitir datos a través de diversos medios, puede incrementar el precio de la misma. Además, el modo en el que se transfiere la imagen digital al equipo puede ser un factor clave.

La mayor parte de las cámaras son detectadas como un dispositivo de almacenamiento que emplea el protocolo USB y se pueden conectar directamente un equipo de computo para transferir la información almacenada. Otros protocolos empleados para la transmisión de datos son FireWire, Bluetooth y Wi-Fi (802.11).

7. CAPTURA DE VÍDEO Y TRANSMISIÓN

Se define vídeo como una secuencia de imágenes para representar escenas u objetos en movimiento. Esta característica se encuentra como funcionalidad adicional, para la gran mayoría de cámaras mencionadas en este documento, especialmente las compactas. Antes de la popularidad de los sistemas de captura digital, los dispositivos de captura de vídeo eran de captura analógica, donde se empleaban características como la luminancia, la crominancia y la señal de sincronismo, para su selección (Pérez Vega (2003)). Existen estándares internacionales para la transmisión de vídeo:

- PAL y SECAM especificando 25 cuadros por segundo.
- NTSC específica 29,97 cuadros por segundo.

Los sistemas de captura de vídeo digitales, realizan un proceso de captura secuencial de imágenes, y posteriormente una compresión. La compresión se debe a valores en la señal de vídeo que contienen redundancia temporal, espacial y espectral. Para el caso espacial, asociado con la captura de una imagen o frame, se busca reducir las redundancias a través de diferencias en la misma, conocida como compresión intraframe, relacionada con la compresión de imágenes. La redundancia temporal se reduce registrando diferencias entre imágenes (frames), conocida como compresión interframe donde se incluye la compensación de movimiento y otras técnicas adicionales.

Los formato de archivos de vídeo comunes después de la captura y compresión son:

- AVI
- MPEG, MPEG-4
- MOV
- WMV

Un parámetro asociado a la captura de video es la tasa de bits. Esta es una medida velocidad de información

contenida en un flujo o secuencia de video. La unidad en la que se mide es bits por segundo (bit/s o bps) o también Megabits por segundo (Mbit/s o Mbps). Una mayor tasa de bits permite mejor calidad de video.

7.1 Transmisión

La transmisión de vídeo hace referencia al proceso de captura, compresión y envío de secuencia de imágenes que representan escenas u objetos en movimiento. Esta característica esta presente en diversas cámaras las cuales emplean diferentes medios para su transmisión. Se han adoptado diferentes formatos para la transmisión de las señales de video digital:

- Interfaz digital en serie (SDI).
- Interfaz visual digital (DVI).
- Interfaz multimedia de alta definición (HDMI)

Para el caso de conectividad por Wi-Fi, además de transferir información almacenada en la memoria de la cámara, también permite en algunas de ellas la transmisión vídeo instantáneo, a través de un sistema de compresión específico, como puede ser MJPEG, H264, RSTP, entre otros.

La calidad contribución de video se puede identificar en las siguientes categorías:

- Mpeg2: a partir de los 6 Mbit/s para el transporte comprimido de video.
- HD1080i/p: desde los 20 Mbit/s para el video comprimido.
- SDI: a velocidades de transmisión de 270 Mbit/s.
- HDSDI 1080i: para las tramas de alta definición con velocidad de 1.4 Gbit/s.

8. CONCLUSIONES

Se ha visto en cada una de las secciones presentadas, las características relevantes que hacen parte de una cámara digital, las cuales pueden variar según el público y el caso de uso. Es evidente que no todas las cámaras pueden ser empleadas para los mismos contextos, pues el análisis de imagen esta estrechamente ligado a las condiciones donde operara la cámara y su uso. Estos parámetros, que fueron analizados de manera breve, dan un panorama genérico de las diferencias existentes entre las cámaras, lo que permitiría diferenciar una cámara de otra, cuando pueden existir dudas al momento de su adquisición.

Además, se observo, que la captura de imágenes y vídeos, aunque este presente en la mayor parte de modelos de diferentes fabricantes, el formato, la transmisión y el modo de almacenamiento puede ser clave al momento de su implementación.

Existen otro tipo de cámaras, que no fueron mencionadas en este trabajo, tales como las cámaras stereo, o las térmicas, las cuales tienen usos específicos. Pero, aunque no fueron parte de este trabajo, sus características pueden ser analizadas con lo términos y componentes expuestos en este documento, por lo que permitiría compararse entre los mismos tipos, de diferentes fabricantes, a partir de los parámetros presentados.

REFERENCIAS

- Allied-Vision-Technologies (2016). Ccd o cmos: ¿es posible que los sensores cmos sustituyan a los ccd en todos los casos? URL <https://bit.ly/3w4bhUb>.
- Azo-materials (2020). The development of cmos image sensors. URL <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=16321>.
- Baker, J. (2019). The best mirrorless camera for travel photography. URL <https://bit.ly/3m37PEL>.
- Berkenfeld, D. (2021). Entendimiento de la función iso automática. URL <https://bit.ly/3rsGixq>.
- Chauvel, V. (2020). Tipos de lentes para tu cámara fotográfica. URL <https://bit.ly/2NW1HBx>.
- Diane Berkenfeld, Mike Corrado, L.S. (2021). Entendiendo la distancia focal. URL <https://bit.ly/3srLS13>.
- Fink, W. (2008). The digital sensor: A guide to understanding digital cameras. URL <https://www.anandtech.com/show/2507/4>.
- Pérez Vega, Constantino; Zamanillo Sains de la Maza, J.M. (2003). Fundamentos de televisión analógica y digital.