

Consideraciones generales sobre la calidad de imagen.

Tamaño. La definición adecuada de las dimensiones de una imagen se basó inicialmente en las experiencias de la cinematografía, en que la imagen tiene 3 unidades verticales por 4 unidades horizontales. Esto se designa como *relación de aspecto* y suele escribirse como 4/3 o 4:3. Se demostró ampliamente que estas dimensiones son adecuadas para ver bien una imagen a una distancia en que el ángulo vertical subtendido por el espectador es del orden de 15°. Este ángulo permite lograr una impresión más o menos simultánea del contenido total de la imagen y el examen detallado de sus diversas zonas, simplemente con el movimiento de los ojos. Es decir, sin movimiento de la cabeza. La distancia adecuada de visión para una imagen con relación de aspecto de 4:3 se sitúa entre cuatro y ocho veces la altura de la imagen. Se entiende que a la distancia mínima, es decir 4V, el observador no aprecia las líneas de barrido de la imagen y la percibe como una imagen continua.

Brillo. El brillo es la medida perceptual de la luminancia, es decir de la cantidad de energía luminosa emitida o reflejada por un objeto o imagen y, en el caso de televisión, de la energía luminosa emitida por una pantalla de televisión. Es difícil asignar un valor óptimo del brillo a la imagen en función de su tamaño, ya que la percepción del brillo es, en buena medida, subjetiva y depende del observador. Así, en términos cualitativos, puede decirse que el brillo de una imagen debe ser suficiente como para que ésta pueda apreciarse satisfactoriamente en un recinto moderadamente iluminado y percibir sin esfuerzo toda la información visual contenida en la imagen. Se ha encontrado que, por ejemplo, para lectura o visualización a distancias relativamente pequeñas, es deseable un nivel de iluminación de 10 bujías pie¹. Esto significa que una superficie blanca, por ejemplo una hoja de papel, debe tener un brillo de 8 a 9 foot-lamberts². Debido a que los receptores de televisión funcionan por lo general en lugares en que la iluminación ambiente es relativamente alta y ésta tiende a reducir el contraste de la imagen, es deseable que el brillo producido por la pantalla sea algo superior a los valores anteriores. Se ha estimado que el brillo promedio de una pantalla de televisión no debe ser inferior a 10 foot-lamberts para conseguir un rango suficiente de contraste y permitir la adecuada visibilidad de los detalles de la imagen. Los valores pico del brillo deben poder alcanzar valores hasta de 40 foot-lamberts o más³.

El rango dinámico de niveles que puede percibir el ojo es muy grande; del orden de 10⁸ si intervienen tanto la visión fotópica como la escotópica. Para la visión fotópica solamente, este rango es mucho menor, del orden de 10⁴. Sin embargo, en la práctica, el rango de

¹ La bujía pie es una unidad de iluminación utilizada extensamente en el pasado y se incluye aquí para familiarizar al estudiante con esta terminología. Es igual a la iluminación producida sobre una superficie de un pie cuadrado sobre la que incide uniformemente un flujo luminoso de 1 lumen. También es igual a la iluminación de una superficie en la que todos los puntos se encuentra a un pie de distancia de una fuente puntual y uniforme de 1 candela. Es igual aproximadamente a 10.7639 lux.

² El foot-lambert es una unidad de luminancia o brillo fotométrico muy utilizada, igual a 1/π candela por pie cuadrado, o bien, a la luminancia uniforme de una superficie perfectamente difusora que emite o refleja luz a razón de 1 lumen por pie cuadrado y es igual, aproximadamente, a 3.42625 nit. Se designa también como bujía pie equivalente.

³ Zworykin, V.K. and Norton, G. A. *Television. The Electronics of Image Transmission in Color and Monochrome*. 2nd. Ed. John Wiley and Sons, Inc. 1954.

variación del brillo de una escena raras veces es superior a 10^3 y, para muchas imágenes pocas veces alcanza un valor de 100. En fotografía un rango de 30 se considera como aceptablemente bueno. En televisión, puede considerarse completamente satisfactorio un rango de 100 y aún rangos de 30 pueden considerarse como no muy bajos para lograr buena reproducción en un receptor de televisión. En esto es importante que el nivel de luz ambiente sea moderado y que la luz no incida directamente sobre la pantalla.

Contraste. El contraste de un objeto con respecto a su entorno se define como:

$$\text{Contraste} = \frac{B_0 - B_s}{B_s}$$

Donde B_0 es el brillo de la imagen y B_s el del entorno. Si B_0 y B_s difieren poco, entonces se tiene que, si para un rango amplio de valores de B_s se satisface la relación siguiente, se tiene la misma sensación perceptual de brillo.

$$\frac{\Delta B}{B} = \text{constante}$$

La expresión anterior se conoce como ley de Fechner. Esta relación, usada en Fisiología, establece que la intensidad de una sensación producida por un estímulo, varía directamente según el logaritmo del valor numérico de dicho estímulo.

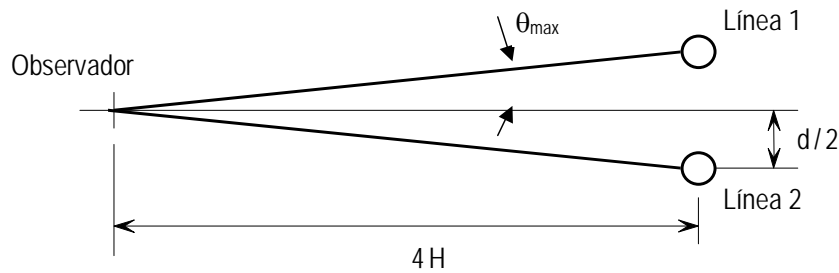
Resolución. Por resolución, en televisión, se entiende la capacidad de un sistema para reproducir con fidelidad los detalles finos y las transiciones entre las partes oscuras e iluminadas de una imagen. Desde el punto de vista perceptual, es la capacidad del ojo humano para resolver o distinguir dos elementos de imagen adyacentes o dos líneas contiguas y depende de la distancia al observador.

En televisión suele definirse la resolución como el máximo número de líneas que pueden discernirse sobre la pantalla a una distancia igual a la altura de ésta, si bien se considera como distancia mínima de visión la de $4V$, en que V es la altura de la pantalla.

Para fines de cálculo, se estima que un observador promedio no puede distinguir dos líneas sucesivas si el ángulo que subtenden con el ojo como vértice, es inferior a 1.5 minutos de arco para información de luminancia o brillo. En el caso de señales cromáticas este ángulo es bastante mayor y no está claramente definido.

El concepto de resolución es relativamente simple cuando las imágenes son de estructura granular regular pero se vuelve más complejo en imágenes continuas. De acuerdo a lo anterior, es evidente que el grano, en términos fotográficos, o los elementos de imagen en televisión, deben ser suficientemente pequeños de modo que el ojo humano no sea capaz de resolver o discernir los elementos individuales.

Sean dos líneas sucesivas como se muestra en la figura siguiente:



Para que un observador normal sea capaz de discernir las dos líneas adyacentes es necesario que:

$$2\theta_{\max} \leq 1.5' \quad \text{o bien} \quad \theta_{\max} \leq 0.75' = 0.0125^\circ$$

Tomando el valor máximo de θ , se tiene que:

$$\tan \theta_{\max} = \frac{\frac{d}{2}}{4V} = \frac{d}{8V} = 2.18 \times 10^{-4}$$

Con lo que:

$$\frac{H}{d} = 573 \text{ líneas}$$

Un número menor de líneas requerirá, en las condiciones del cálculo anterior, distancias de visualización mayores a $4V$. Evidentemente, la distancia adecuada de visualización depende del tamaño de la pantalla. En televisión suele hablarse de dos tipos de resolución: *vertical* y *horizontal*.

Numerosos experimentos han permitido determinar que el ojo promedio no puede resolver dos puntos separados una distancia en que el ángulo subtendido es de 1 segundo de arco. En algunos casos excepcionales de agudeza visual, algunas personas pueden discernir dos puntos cuando el ángulo es de medio segundo. Sin embargo, es común que muchos observadores no pueden resolver separaciones de dos segundos. El valor de $1.5'$ es razonablemente adecuado para satisfacer a la mayor parte de los observadores.

Resolución vertical. Depende únicamente del número de líneas horizontales y del tamaño del punto explorador. Es un parámetro fijo del sistema y la naturaleza del canal de comunicación no juega ningún papel en su determinación

Resolución horizontal. Más propiamente, *resolución horizontal equivalente*. Representa el número de elementos de imagen a lo largo de una línea. Este parámetro depende del ancho

de banda del canal y también de los circuitos electrónicos que configuran el sistema de televisión. Depende también del tamaño y la forma del punto explorador en la cámara y en la pantalla.

Número total de líneas en una imagen de televisión.

El número total de líneas puede expresarse como:

$$N_T = N_a + N_s + N_{rv}$$

donde:

N_a = Número de líneas activas

N_s = Número de líneas de sobrebarrido o inactivas

N_{rv} = Número de líneas consumido en el retorno vertical.

Por lo general, el número total de líneas inactivas es del orden del 7% del número de líneas activas, es decir,

$$N_s + N_{rv} = 0.07 N_a$$

Con lo que, para un ángulo de resolución de 1.5' el número total de líneas por cuadro es de:

$$N_T = 573 \times 1.07 = 613$$

El valor anterior, como puede verse, es muy cercano al utilizado por los sistemas de 625 líneas.

Factor de Kell.

Si se desea que las resoluciones vertical y horizontal sean iguales, debe cumplirse que:

$$\frac{n_H}{n_V} = \frac{H}{V} = \frac{4}{3} = \text{Relación de aspecto}$$

En los sistemas de barrido entrelazado, la resolución vertical real es inferior a la teórica y se define el *factor de Kell*⁴ como:

$$k = \frac{\text{Resolución real}}{\text{Resolución teórica}}$$

El factor de Kell depende también de diversos factores subjetivos y sus valores usuales en la práctica se sitúan entre 0.6 y 0.9. El valor generalmente adoptado en los sistemas de barrido entrelazado es de 0.7, en tanto que en los sistemas de barrido progresivo este valor es 1. Para los sistemas de HDTV de barrido entrelazado el factor de Kell es del orden de 0.9.

⁴ Kell, R. D., Bedford, A. V. and Fredendall, G. L. "A Determination of Optimum Number of Lines in a Television System". *RCA Review*. Vol. 5, pp. 8-30. 1940.

Otra forma de estimar el ancho de banda empleando el factor de Kell.

De acuerdo a lo tratado en el punto anterior, la resolución vertical estará dada por:

$$n_V = k(N_T - N_{VR})$$

N_{VR} , el número de líneas consumidas por el retorno vertical, es de aproximadamente 25 en los sistemas de 625 líneas y de 21 en los de 525. El número de líneas activas, por otra parte estará dado por:

$$n_A = N_T - N_{VR} - N_S$$

Si se supone una señal de vídeo de forma senoidal y frecuencia máxima $f_{MAX} = B$, la imagen resultante sería una sucesión de puntos blancos y negros separados medio ciclo en el sentido horizontal, de modo que el número de elementos horizontales será:

$$n_H = 2B(T_L - T_{HR})$$

Donde T_L es el tiempo total de duración de una línea y T_{HR} , el tiempo de retorno horizontal.

De la relación anterior,

$$B = \frac{n_H}{2(T_L - T_{HR})}$$

pero como

$$n_H = \frac{H}{V} n_V$$

Y, con los valores de $k = 0.7$ y $H/V = 4/3$, el ancho de banda, para una resolución de n_H elementos horizontales o líneas verticales equivalentes, está dado por:

$$B = \frac{0.67 n_V}{T_L - T_{HR}} = 0.47 \frac{N_T - N_{VR}}{T_L - T_{HR}} \text{ Hz}$$

Es claro que la expresión anterior es válida sólo para una señal de vídeo de forma senoidal que, en cierta forma representa un caso extremo de variación máxima entre elementos de imagen sucesivos. En general, el ancho de banda de imágenes reales puede ser inferior al valor dado por la aplicación de la expresión anterior.