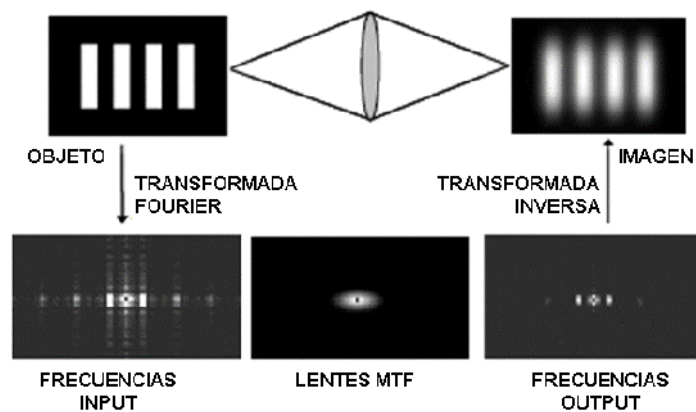


IMAGEN DIGITAL

La imagen digital es una representación numérica de valores discretos que permite compartir la información, modificarla y analizarla por aplicaciones ad hoc. Las imágenes médicas deben cumplir el estándar DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

El conjunto de ventajas de la imagen digital y la dosis paciente se ven condicionadas por el valor de los característicos y parámetros que permiten contrastar el estado de los dispositivos con las especificaciones del fabricante y los indicadores establecidos por los organismos nacionales e internacionales. Es clave conocer los resultados de referencia de los sistemas receptores, tales como la Eficiencia Cuántica de Detección (DQE), Función de Transferencia de Modulación (MTF), Función de Distribución de Punto (PSF) y la Función de Distribución de Línea (LSF).



Los dispositivos de visualización en diagnóstico representan una función crítica en la valoración e interpretación de las imágenes. Las imágenes de objetos por una modalidad son almacenadas en los PACS como un fichero con una disposición de elementos de imagen con valores digitales específicos basados en niveles de señal relativos derivados de las imágenes representadas por el equipo. El control de calidad de tales dispositivos permite comprobar la consistencia de la calidad de dichas imágenes independientemente del tiempo que fueron adquiridas.

Un observador humano está en grado de adaptarse a un amplio intervalo de valores de luminancia, aproximadamente de 10^{-2} a 10^4 cd/m². Para un estado de adaptación dado la función de respuesta P se puede aproximar a la siguiente función:

$$P = L / (L+S)$$

siendo L la intensidad de luz incidente sobre la retina y S una constante que depende del estado de adaptación. El ojo humano puede discriminar un rango de luminancias L_{\max}/L_{\min} de aproximadamente 240.

El valor de L_{max} obtenible con diferentes dispositivos de visualización es:

- 2000 – 6000 cd/m^2 para los negatoscopios
- 200 – 600 cd/m^2 para monitores de alta calidad
- 100 – 200 cd/m^2 para monitores estándar

El valor de L_{min} depende de las características del dispositivo, por ejemplo la reflexión y difusión de la luz residual ($\leq 0,002$), de la reflexión de la luz ambiental ($\leq 0,03$) e incluso de las condiciones de luz ambiental de la sala (≤ 50 lux), en general por todo ello la L_{min} no es inferior a 2-3 cd/m^2 .

Para los dispositivos de visualización médica en la actualidad coexisten dos tecnologías, los monitores CRT (cathode ray tube), donde un cañón de electrones genera, por efecto termoiónico, un "pincel de electrones", acelerado a unos 25 – 30 kV en un tubo de vacío y que incide sobre una película de partículas fluorescentes; y en segundo lugar las pantallas de cristal líquido (LCD), mediante un mecanismo de polarizar la luz de sustancias ópticamente activas.

MONITOR CRT	MONITOR LCD
Enfoque dinámico del rayo del haz de electrones	Cristal líquido plano
Panel antiestático	Píxeles multi-dominio
Panel antirreflexión	Modo vertical de alineamiento
Sensor interno y/o externo del nivel automático de negro y calibración de grises	Sensor para el ajuste de luz negra. Escala de píxel 10-bit vía subpixel o modulación temporal de frame

Tabla 1. Diferencias entre CRT y LCD

Especificación	Secundario 1 / 2 Megapixel	Primario 1 / 2 Megapixel	Primario 3 / 4 Megapixel	> 5 Megapixel
Tamaño Matriz (formato píxel)	1024x1280	1200x1600	1024x1280	1024x1280
Tamaño píxel activo, mm	0,28-0,30	0,28-0,30	0,17-0,23	0,15
Valor Luminancia	~50-100	~100-250	250	250
No-Uniformidad (Luminancia)	< 30%	< 30%	< 25%	< 25%
Tratamiento anti-reflexión	Opcional	Recomendado	Recomendado	Recomendado
Para CRTs:				
Banda ancha de amplificación a voltios p-p	160 – 200 MHz	160 – 200 MHz	160 – 200 MHz	160 – 200 MHz
Tipo fósforo	45 V	45 V	45 V	45 V
Luminancia máxima, cd/m ²	P104	P104 o P45	P45	P45
RAR a formato de píxel específico	100	100 - 300	200 – 300	200 - 300
Tamaño píxel al 5% punto	0,9 a 1,1	0,9 a 1,1	0,9 a 1,1	0,9 a 1,1
	< 3:5:1 ratio a 50%	< 3:0:1 ratio a 50%	< 2:5:1 ratio a 50%	~ 2:1 ratio a 50%
Para LCDs:				
Luminancia máxima, cd/m ²	200	200	700	700
Angulo de visión (40:1 lum. Ratio)	Depende modelo	< 80° hor, 50° ver	< 80° hor, 50° ver	< 80° hor, 50° ver
Pixels defectuosos	< 30	<10	<10	<10

Tabla 2. Especificaciones típicas de dispositivos de imagen

Curva DICOM

Los valores de imagen digital y los de luminancia sobre la pantalla, están basados en modelos de visión humana y relacionados con la forma en que la visión humana discrimina valores de píxel individual (unidades de imagen) frente al conjunto de la pantalla (matriz de la imagen).

La respuesta del ojo humano no es lineal a la variación de contraste en los niveles de luz. A bajos niveles, podemos percibir pequeños cambios en la luminancia. A mayores luminancias, el cambio debe ser mucho mayor para

poderlo percibir. La curva DICOM representa las medidas de nivel de luminancia frente a los incrementos de diferencias percibidas.

La curva DICOM fue desarrollada para representar cómo el sistema visual humano es sensible a los cambios de contraste. Se representa sobre una escala de valores ascendentes de 0 a 1023, siendo el cero el valor de mayor oscuridad y el 1023 el de mayor claridad. Cada incremento en la escala de grises representa un incremento en la luminancia, entre $0,05 \text{ cd/m}^2$ y 4000 cd/m^2 .

La curva DICOM describe la escala específica de grises de salida en un rango definido de valores de luminancias que están cerca de la linealidad de la percepción humana. La curva generalmente se representa en escala logarítmica de la luminancia frente al nivel de grises.

Por este motivo se considera una función de visualización de la escala de grises (GSDF), que describe matemáticamente el modo en el que los valores de píxel de la imagen digital deben ser convertidos en valores de luminancia (nivel de gris).

El valor de píxel viene transformado en un nivel digital (Digital Driving Level – DDL) que gobierna el sistema de visualización para producir un nivel de luminancia. Los niveles digitales que gobiernan el sistema de visualización son determinados de modo que cualquier incremento de estos valores corresponda a un incremento de luminancia apenas perceptible de parte del observador humano. La diferencia de luminancia puede ser medida por medio de un parámetro absoluto denominado “just noticeable difference” (JND).

La función de visualización (GSDF) está basada en la sensibilidad de contraste del observador humano calculada, utilizando el modelo de Barten, para un objeto estándar constituido de una superficie cuadrada de $2^\circ \times 2^\circ$, da lugar a una modulación sinusoidal de 4 ciclos/grado, inmersa en un fondo homogéneo.

Al variar el intervalo de luminancia $L_{\text{máx}}/L_{\text{mín}}$ varía el número de niveles de luminancia perceptibles, cuanto mayor sea el intervalo, mayor resultan los niveles de luminancia.

$L_{\text{mín}} \text{ (cd / m}^2\text{)}$	$L_{\text{máx}} \text{ (cd / m}^2\text{)}$	Número de niveles de luminancia perceptibles (JND _s)
0,5	120	450
1	240	530
2	480	600
5	1200	680
10	2400	730

Tabla 3. Número máximo de JND en relación $L_{\text{mín}}/L_{\text{máx}}$

GRUPO	SERIES	TIPO	IMG	DESCRIPCION
Multi Purpose (1k & 2K)	TG18-QC	Visual / Cuantitativo	1	Resolución, Luminancia, Distorsión, Artefactos
	TG18-BR	Visual	1	Patrón Briggs, Detalle bajo contraste vs. luminancia
	TG18-PQC	Visual / Cuantitativo	1	Resolución, Luminancia, Contraste transferido a impresoras
Luminance (1k solamente)	TG18-CT	Visual	1	Respuesta de luminancia
	TG18-LN	Cuantitativo	18	Serie de calibración escala de grises DICOM
	TG18-UN	Visual	2	Uniformidad de luminancia y color, y respuesta angular
	TG18-UNL	Cuantitativo	2	Igual que anterior con líneas
	TG18-AD	Visual	1	Umbral de contraste a baja luminancia para evaluación de la reflexión
	TG18-MP	Visual	1	Respuesta de luminancia (bit-depth resolution)
Resolution (1k y 2k)	TG18-RH	Cuantitativo	3	5 líneas horizontales a 3 niveles de luminancia para la evaluación LSF
	TG18-RV	Cuantitativo	3	5 líneas verticales a 3 niveles de luminancia para la evaluación LSF
	TG18-PX	Cuantitativo	1	Array de pixels para tamaño de punto
	TG18-CX	Visual	1	Array de patrones Cx y un valor de referencia para uniformidad espacial
	TG18-LPH	Visual	3	Barras horizontales a 1 pixel de anchura, 1/16 modulación, 3 niveles de luminancia
	TG18-LPV	Visual	3	Barras verticales a 1 pixel de anchura, 1/16 modulación, 3 niveles de luminancia
Noise (1k solamente)	TG18-AFC	Visual	1	Patrón de detalle de contraste 4AFC, 4 valores CD
	TG18-NS	Cuantitativo	3	Similar a RV/RH, 5 regiones uniformes para evaluación de ruido
Glare (1k solamente)	TG18-GV	Visual	2	Patrón Punto-Negro con objeto de bajo contraste
	TG18-CQ	Cuantitativo	3	Patrón Punto-Negro para medida de tasa de velo
	TG18-GA	Cuantitativo	8	Patrones de tamaños variables de Punto-Negro
Anatomical (2k solamente)	TG18-CH	Visual	1	Patrón de referencia anatómica de abdomen PA
	TG18-KN	Visual	1	Patrón de referencia anatómica de rodilla
	TG18-MM	Visual	2	Patrón de referencia anatómica de mamografía

Tabla 4. Patrones TG18-AAPM