

UF6

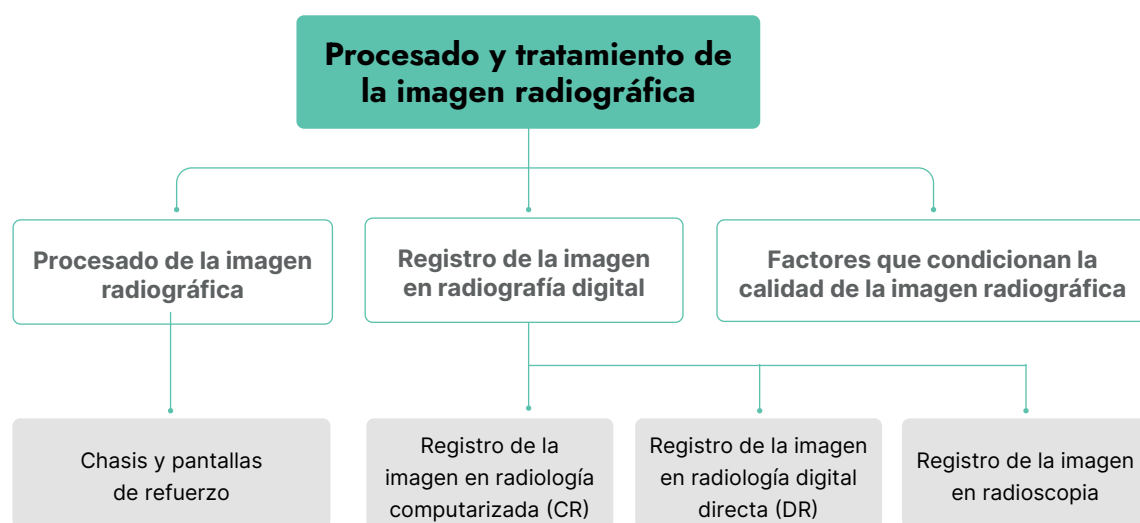
Procesado y tratamiento de la imagen radiográfica

Fundamentos físicos y equipos

ÍNDICE

Mapa conceptual	03
1. Procesado de la imagen radiográfica	04
1.1. Chasis y pantallas de refuerzo	05
2. Registro de la imagen en radiografía digital.....	07
2.1. Registro de la imagen en radiología computarizada (CR)	09
2.2. Registro de la imagen en radiología digital directa (DR).....	09
2.3. Registro de la imagen en radioscopia	10
3. Factores que condicionan la calidad de la imagen radiográfica	12

Mapa conceptual



01 Procesado de la imagen radiográfica

La película radiográfica está formada por una base de poliéster muy delgada y flexible cubierta uniformemente de una emulsión reactiva a los rayos X compuesta por haluros de plata (98 % de bromuro de plata y 2 % de yoduro de plata), distribuidos por la película como una red de microcristales.

Las películas pueden caracterizarse por su sensibilidad, contraste, resolución y latitud (en el sistema digital, hablamos de «rango dinámico» en lugar de «latitud»). Estas propiedades están determinadas por la forma, el tamaño y la homogeneidad en la distribución de los cristales sobre la base de poliéster.

Sensibilidad

Definición: velocidad con la que la película responde a la radiación.

Observaciones: la sensibilidad de la película depende del tamaño del grano, así, las emulsiones de grano grueso son más sensibles y, por lo tanto, más rápidas que las de grano fino. Cuanto más alta es la sensibilidad de una película, menos exposición o cantidad de radiación se necesita para obtener una determinada densidad.

Contraste

Definición: define el rango de tonos de gris. Los mayores contrastes se obtienen cuando solo se contemplan estos dos colores.

Observaciones: la homogeneidad del tamaño y la distribución de los cristales mejoran el contraste.

Resolución

Definición: permite identificar las estructuras próximas y de pequeño tamaño como independientes.

Observaciones: los cristales pequeños y de forma homogénea mejoran la resolución a costa de ser menos sensibles a la radiación, por lo que los tiempos de exposición (y con ello la radiación absorbida por el paciente) serán más largos.

Latitud

Definición: es el rango de valores de exposición (kVp y mAs) ante los que reacciona la película.

Observaciones: ante una exposición de baja carga, la respuesta será preferentemente de los cristales más grandes, dado que son más sensibles.

Esquema 1. Principales características de las películas radiográficas.

La película radiográfica es de un solo uso, es decir, una vez expuesta a los fotones y revelada, la imagen es única y definitiva, sin posibilidad de editarla sometiéndola a posprocesos que permitan modificar el resultado final. La obtención de la imagen pasa por una serie de etapas:

- » La exposición a los fotones causa ionizaciones en la emulsión y forma átomos de plata metálica (centros sensibles) en función de la incidencia sobre la película. La distribución de estos centros sensibles conforma la denominada imagen latente.
- » Durante el revelado, la emulsión se somete a un agente reductor (revelador), que amplifica el efecto de la exposición y de la imagen latente.
- » Posteriormente se produce la fijación, en la que se detiene el revelado y se eliminan los cristales de haluro no revelados o expuestos de la emulsión, para proceder al posterior lavado y secado de las películas radiográficas.
- » Tanto el revelado como la fijación son procesos químicos que se realizan mediante una máquina reveladora, o bien de forma manual por el técnico en un cuarto oscuro para evitar el velado de la película, aunque este tipo de procedimientos, con algunas excepciones en radiología dental, está prácticamente en desuso.

1.1. Chasis y pantallas de refuerzo

Para proteger la película, facilitar su manipulación y reducir la dosis de radiación a los pacientes se emplean los chasis y las pantallas intensificadoras o de refuerzo.

El chasis o casete es el soporte rígido de plástico o fibra de carbono que contiene la película radiográfica. Los chasis tienen diferentes tamaños para ajustarse a la película.

Para mejorar la eficiencia en la estimulación de la película, una o ambas caras interiores del chasis se encuentran cubiertas por pantallas intensificadoras o de refuerzo.

Su función consiste en convertir los fotones de rayos X que alcanzan la pantalla intensificadora en luz visible. Esto se consigue gracias a que los elementos activos de la pantalla (tierras raras, como el sulfóxido de gadolinio activado o el terbio) se comportan como fluorescentes, es decir, absorben los rayos X incidentes (por efecto fotoeléctrico) y remiten fotones de mayor longitud de onda que pueden impresionar la película radiográfica en contacto con la pantalla.

El espectro de emisión de los fotones de fluorescencia (azul, verde o UV) varía según el tipo de elemento activo que se emplee en la pantalla intensificadora.

El formato de la radiología digital CR (radiología computarizada) emplea chasis muy similares a los descritos para la película radiográfica. La diferencia fundamental es que estos chasis digitales no contienen película, sino una lámina de memoria fotoestimulable (o lámina IP), que funciona según los principios de la fosforescencia y que requiere de un procesamiento en una máquina procesadora para generar una imagen, en este caso digital.

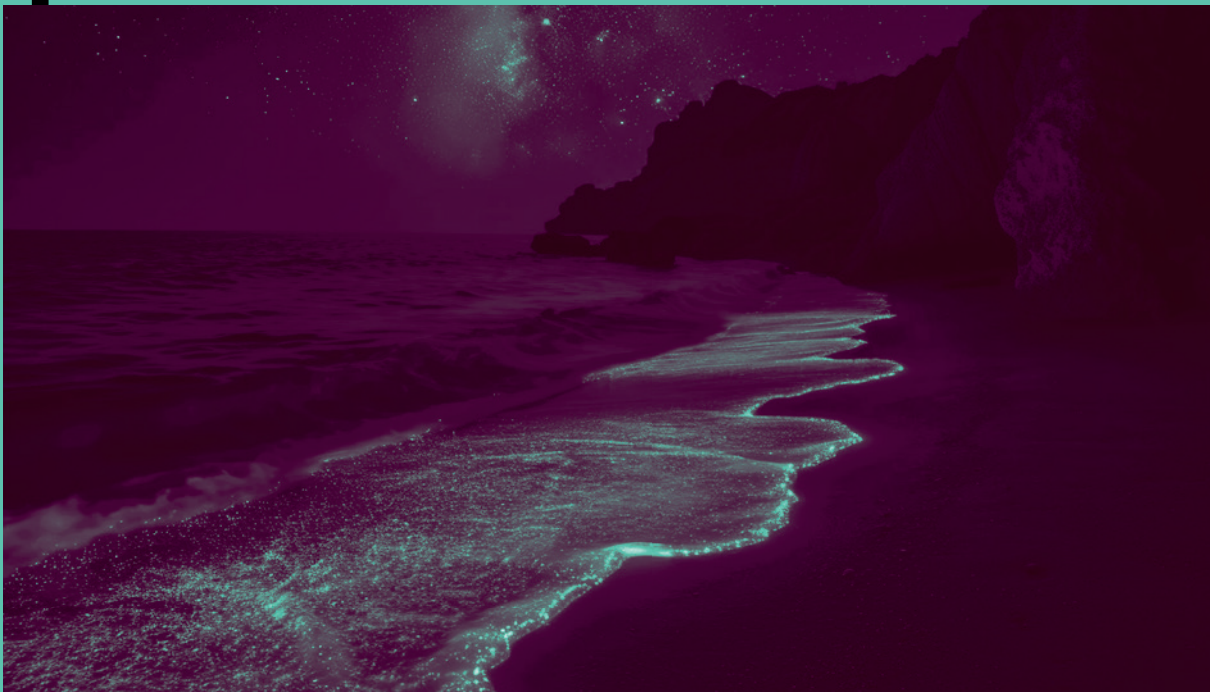
Los materiales que emiten luz al ser sometidos a una radiación externa se llaman *luminiscentes*. Dentro de estos, hablamos de los que emiten luz únicamente durante el tiempo que dura el estímulo de radiación incidente (*fluorescentes*) y de los que continúan emitiendo luz una vez ha finalizado este (*fosforescentes*).



VÍDEOLAB

Para consultar el siguiente vídeo sobre el procesado y tratamiento de la imagen radiológica, escanea el código QR o [pulsa aquí](#).

1 CASO PRÁCTICO



FOSFORESCENCIA Y FLUORESCENCIA

Hay materiales que emiten luz tras la exposición a la radiación ultravioleta. En función de si siguen emitiendo una vez ha cesado la exposición o no, se denominan fosforescentes o fluorescentes.

¿Puedes hacer un cuadro-resumen para explicárselo a un compañero tuyo de clase que no lo ha entendido bien?

SOLUCIÓN

La fluorescencia es un fenómeno que tiene lugar solo mientras el material está siendo activado por la energía ultravioleta. Cuando cesa la fuente de energía excitadora, la emisión también lo hace. Este fenómeno se aplica en industria para detención de fugas, detección de huellas y documentos, en espectáculos y en decoración.

La fosforescencia es la capacidad que tiene un material para retener parte de la energía que recibe y desprenderla en forma de luz visible. No solo durante el tiempo de excitación, sino que también continúa desprendiendo esa energía una vez haya cesado el estímulo.

El material expuesto a la fuente de radiación externa es:

LUMINISCENTE	FLUORESCENTE	Deja de emitir una vez cesa la exposición a radiación UV.
	FOSFORESCENTE	Continúa emitiendo a pesar de haber finalizado la exposición a la radiación UV.

02 Registro de la imagen en radiografía digital

La digitalización supone asignar a cada una de las unidades de la imagen un valor discreto que las caracterice y que permita tratarlas como un conjunto de datos sobre los que se pueden aplicar diferentes posprocesos que optimizan su uso diagnóstico.

Para ello, la imagen se construye sobre una matriz, que se caracteriza por el número de unidades de imagen o píxeles que la forman. Generalmente, las matrices se definen por su número de filas y columnas; por ejemplo, una matriz de 512×512 indica que posee 512 filas y 512 columnas, lo que daría un total de 262.144 píxeles o unidades de imagen.

En relación con el tamaño de las matrices y de sus píxeles, se puede definir uno de los parámetros de calidad de la imagen más relevantes: la resolución espacial.

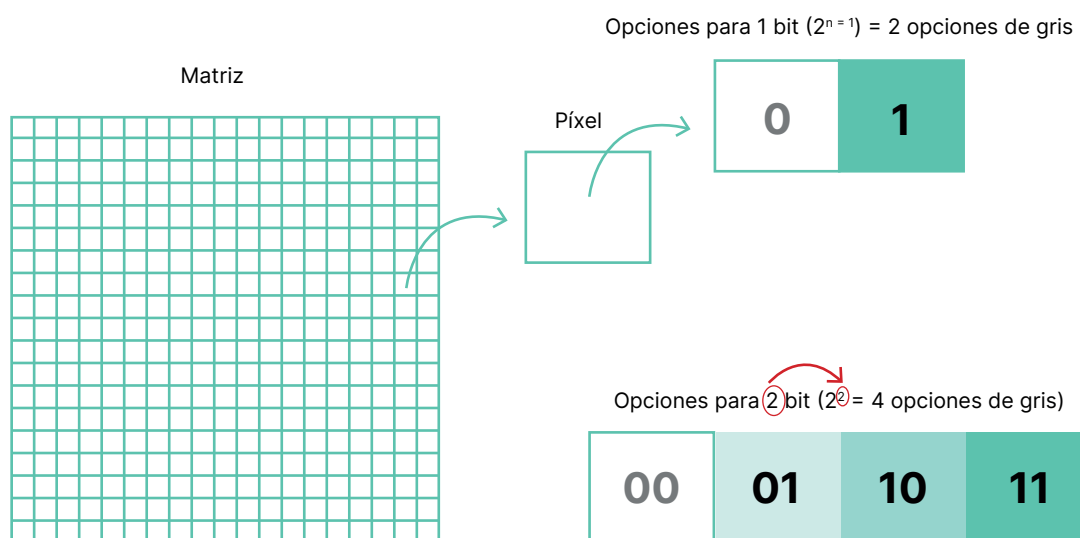


Fig. 1. Esquema de los diferentes factores a considerar en la imagen digital.

La **resolución espacial** es la capacidad del equipo para representar nítidamente estructuras de pequeño tamaño. Cuanto menor sea el tamaño del píxel, mayor capacidad para representar estructuras pequeñas, es decir, mayor resolución espacial. Asimismo, el tamaño de la matriz también condiciona la resolución espacial, de forma que cuantos más píxeles tenga la matriz de la imagen, mejor será su capacidad para discriminar detalles. Comúnmente, las matrices varían de tamaño en función de las necesidades del equipo, variando desde las de 128×128 hasta las de más de 4000×4000 con los que cuentan ciertos equipos.

Para caracterizar una estructura anatómica, además de delimitarla espacialmente, debemos caracterizar su densidad y diferenciarla de las densidades que tiene alrededor. Esta diferenciación se consigue generando un contraste basado en la atenuación que sufren los fotones al atravesar dicha estructura, y que en la imagen es representado por diferentes niveles de gris en un rango entre el blanco y el negro. El rango de tonos de gris disponibles para cada píxel determina la resolución de contraste.

La **resolución de contraste**, o rango dinámico, viene determinada por otro parámetro informático, el número de bits. Este valor representa el número de alternativas de gris al que puede optar cada píxel de la matriz, y puede calcularse como 2^n , siendo n el número de bits y 2 las opciones que ofrece el código binario (0 y 1), de forma que en un equipo que operase con 1 bit, cada píxel solo optaría a 2 colores, será blanco o será negro, puesto que $2^1 = 2$; en caso de que el equipo operase con 8 bits, cada píxel de la imagen puede tomar valores de $2^8 = 256$ opciones de gris; por lo que al aumentar el número de bits, se incrementa exponencialmente el número de alternativas que puede tomar cada píxel, y con ellos el rango de grises en la escala. Este rango de grises (o rango dinámico) se ajusta mediante una función matemática relacionada con la intensidad del haz que registra el receptor de la imagen.

2.1. Registro de la imagen en radiología computarizada (CR)

La radiología computarizada (CR) es el sistema digital de transición entre la película radiográfica y los receptores de imagen digital directa (DR). La radiología computarizada utiliza láminas fotoestimulables de memoria (IP, *Imaging Plates*) que hacen uso de las propiedades de fosforescencia del material de la lámina como medio temporal para almacenar la imagen radiológica. Estas placas se colocan dentro de chasis o casetes de plástico o fibra de carbono que constituyen el receptor de imagen CR. Una vez sometidas a la exposición de los rayos X son procesadas en una serie de pasos en una procesadora, donde la lámina de memoria se somete a un proceso denominado *fosforescencia fotoestimulada*, que dará lugar a la imagen diagnóstica.

2.2. Registro de la imagen en radiología digital directa (DR)

En el sistema de radiología digital directa (DR-DDR) se transfiere la información al sistema informático de forma inmediata tras la exposición. Actualmente conviven varias tecnologías diferentes para la obtención de las imágenes en radiología digital:

- » Los dispositivos acoplados de carga (CCD) son componentes comunes en las cámaras digitales y los telescopios. Básicamente transforman la luz que reciben en señales eléctricas gracias a los diodos fotosensibles que los componen. Los sistemas CCD se combinan con dispositivos ópticos adecuados para transferir la luz emitida: por ejemplo, un intensificador de imagen.
- » Los detectores de rayos X de radiografía digital de panel plano (*Thin-Film Transistor* o TFT) pueden dividirse en:

Sistemas de conversión directa

En los que la intensidad de la radiación se convierte directamente en carga eléctrica tras interactuar con una capa de selenio amorfo (Se-a). La carga recogida en cada condensador es amplificada y cuantificada por los dispositivos electrónicos conforme a un valor de código digital para cada píxel de la imagen.

A

Sistemas de conversión indirecta

Que operan en dos fases: en primer lugar, la intensidad de la radiación incidente es convertida en luz visible mediante un material intensificador, y posteriormente se genera la carga eléctrica. La carga recogida en cada fotodiodo es amplificada y cuantificada por los dispositivos electrónicos de lectura conforme a un valor de código digital para el píxel en cuestión.

B

Sistemas de recuento de fotones

Basados en el recuento individual de los fotones de rayos X incidentes sobre un receptor de estado sólido (silicio cristalino). Junto al silicio se utilizan placas de aluminio que actúan como electrodos entre los que se aplica tensión, de manera que la carga originada por los rayos X en cada interacción es convertida en un registro de pulso eléctrico.

C

Esquema 2. Detectores de rayos X de radiografía digital de panel plano.

2.3. Registro de la imagen en radioscopia

Los equipos para fluoroscopia se caracterizan por poseer un sistema intensificador de imagen cuya función consiste en transformar los rayos X que recibe en luz visible de alta intensidad mediante un proceso fluoroscópico. Generalmente, estos equipos acoplan el intensificador de imagen a una cámara de vídeo mediante un dispositivo acoplado de carga (CCD), lo que permite que las imágenes sean visualizadas (y grabadas) en un monitor de televisión. Los avances tecnológicos de los últimos años incluyen el uso de los sistemas detectores de paneles planos (TFT) en los fluoroscopios, reduciendo así la dosis de radiación de los pacientes y mejorando el contraste y la resolución espacial.



Fig. 2. Equipo de fluoroscopia.

2 CASO PRÁCTICO



TAMAÑO DEL CHASIS

Dependiendo de la zona a radiografiar se elige un tamaño de chasis. Normalmente se expresa en cm (o pulgadas) y los más comunes para los procedimientos radiográficos (no orales), son:

18 × 24 cm	30 × 40 cm
24 × 30 cm	35 × 43 cm

En tu trabajo en urgencias te solicitan realizar varias radiografías a un mismo paciente. Suponiendo que le haces una sola proyección por región, intenta elegir el tamaño de chasis más apropiado según el tamaño de la región, para:

Rx cráneo	Rx antebrazo
Rx pelvis	Rx codo
Rx abdomen	Rx tórax
Rx dedo mano	Rx columna cervical

SOLUCIÓN

CHASIS	REGIÓN
18 × 24 cm	Rx columna cervical, rx dedo mano
24 × 30 cm	Rx cráneo, rx codo
30 × 40 cm	Rx antebrazo
35 × 43 cm	Rx pelvis, rx tórax, rx abdomen

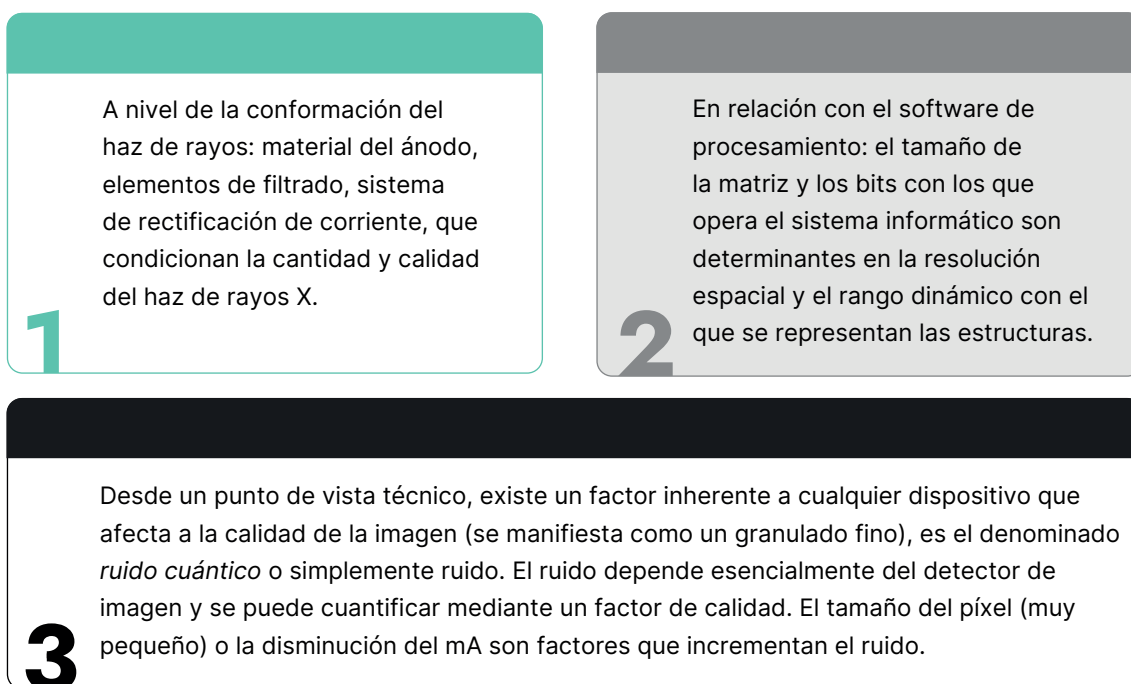
03 Factores que condicionan la calidad de la imagen radiográfica

Para poder analizar los factores que afectan a la calidad de la imagen radiológica se deben observar diferentes factores y conocer su repercusión sobre la adquisición.

Factores dependientes de parámetros técnicos: estos se refieren a las magnitudes pautadas por el técnico para cada disparo, que definen el haz de radiación y que determinan la resolución de contraste y la densidad óptica de la imagen; son el kV, el mA y el tiempo de exposición o la corriente instantánea en mAs.

La influencia en la energía (calidad o capacidad de penetración) y la intensidad (cantidad de rayosX) ya fueron descritas en unidades anteriores.

Factores dependientes de las características del equipo: estas se refieren a elementos del diseño del propio equipo de adquisición que condicionan sus prestaciones y, por tanto, la calidad de la imagen.



Esquema 3. Factores dependientes de las características del equipo.

INCREMENTOS DE...	EFECTOS DE LAS MODIFICACIONES SOBRE...	
	CANTIDAD DE RAYOS X	CALIDAD DE LOS RAYOS X
kVp	Aumenta	Aumenta
mA, tiempo y mAs	Aumenta	No cambia
Rectificación de onda*	Aumenta	Aumenta
Filtración	Disminuye	Aumenta la energía promedio del haz

**Entiéndase el incremento en la rectificación de la onda como un incremento en el número de fases: desde el mínimo, representado por la monofásica, hasta la rectificación trifásica y las altas frecuencias.*

Tabla 1. Efectos del incremento de ciertos parámetros sobre el haz de rayos X.

Factores geométricos: el haz de rayos X muestra cierta divergencia respecto a la fuente en función de la distancia, que se manifiesta en la representación de la imagen radiográfica mediante la magnificación. La magnificación es el aumento de tamaño en la representación de una estructura como consecuencia de la relación geométrica entre la fuente y el objeto, SOD o DFO, y el objeto y el receptor de la imagen, SID o DFRI, de manera que este factor de magnificación puede cuantificarse mediante la siguiente expresión:

$$\text{Factor de magnificación} = \frac{SOD}{SID}$$

Si se desea conocer el tamaño real de una estructura anatómica a partir de su representación radiográfica, debe medirse el tamaño sobre la imagen y dividir por el factor de magnificación. Para minimizar la magnificación de la imagen, hay que reducir la distancia entre el objeto radiografiado y el receptor de la imagen tanto como sea posible, o bien aumentar la SID. En los protocolos de posicionamiento de los pacientes se tienen en cuenta estas distancias para minimizar los efectos de la magnificación sobre ciertas regiones anatómicas.

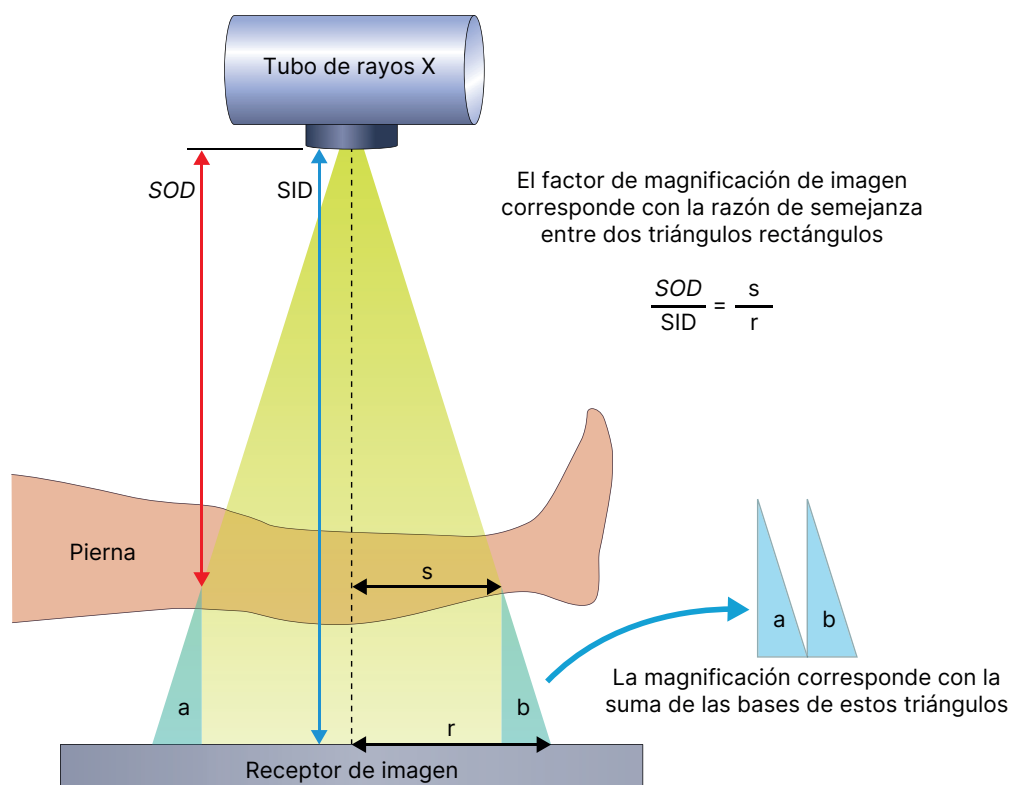


Fig. 3. Relaciones geométricas que determinan la magnificación en la imagen radiológica.

En una imagen pueden aparecer diferentes grados de magnificación en función del grosor de la región y de la posición del paciente en relación con el receptor de esta; para referirse a estas diferencias de magnificación se emplea el término *distorsión*.

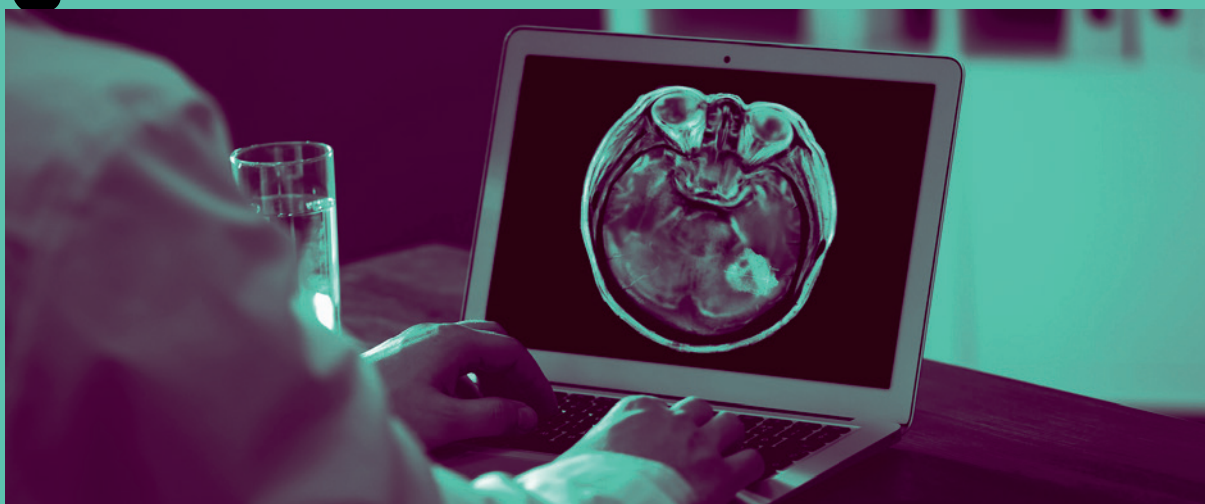
Es el caso de la imagen de ambos riñones cuando se ha realizado una radiografía lateral (uno se encuentra más próximo que el otro al receptor y su magnificación será menor), o cuando en una imagen aparecen estructuras de distinto grosor (las regiones gruesas se ven más afectadas por la distorsión). De esta manera, tanto el grosor como la posición u orientación son factores geométricos que pueden alterar la calidad de la imagen.

Factores dependientes del paciente: el grosor y el tamaño de la región a radiografiar del paciente también condicionan la calidad de la imagen. Existe una gran variabilidad en los grosores de las regiones corporales de los distintos sujetos; por ejemplo, el perímetro de la región abdominal entre un sujeto obeso y otro muy delgado puede ser muy significativo, lo que condiciona los parámetros de exposición y puede influir en la calidad de la imagen. Un mayor espesor supone una mayor atenuación por parte del tejido, así como un incremento en los parámetros de la exposición.

Los **artefactos** son aquellos elementos que aparecen en una imagen y que no se corresponden con ninguna estructura anatómica ni con ninguna estructura que exista en la realidad en el sujeto objeto de estudio. En radiología convencional se deben esencialmente a movimientos del paciente, a la presencia de elementos metálicos o de otro tipo que no se han retirado antes de la exploración, o bien a selecciones inadecuadas en los parámetros técnicos.

Con determinados pacientes y en ciertas exploraciones se requiere el uso de elementos inmovilizadores o anestesia para evitar los desenfoques de la imagen a causa de un movimiento. La borrosidad cinética ocasionada por el movimiento es uno de los motivos más frecuentes de repetición de una exploración radiológica; esta es la causa por la cual el técnico da la instrucción de «no respire y no se mueva» cuando se va a realizar el disparo de rayos X, así como que los tiempos de exposición sean lo más cortos que sea posible.

3 CASO PRÁCTICO



FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA IMAGEN RADIOLÓGICA

Durante tus prácticas en el hospital debes tomar nota de cómo mejorar la calidad de la imagen y has decidido hacer un cuadro-resumen que podría contener los siguientes factores con una pequeña definición para saber reconocerlos:

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| » Resolución espacial. | » Relación señal/ruido. |
| » Resolución de contraste. | » Artefactos. |
| » Resolución temporal. | » Distorsión. |
| » Borrosidad. | |

SOLUCIÓN

Factores que afectan a la calidad de la imagen radiológica:

- » Resolución espacial: capacidad para representar estructuras de pequeño tamaño. Depende de la matriz.
- » Resolución de contraste: capacidad para representar distintos tonos de gris que permitan diferenciar una estructura de las adyacentes.

» Resolución temporal: capacidad para adquirir una imagen en el menor tiempo posible.

» Borrosidad:

- Geométrica: depende del tamaño del foco ($a > \text{tamaño de foco} > \text{penumbra}$ y $< \text{nitidez en la imagen}$), de la distancia entre el objeto y el receptor de imagen (DORI) y de la distancia entre el foco y el objeto (DFO) ($> \text{DORI}$ y $> \text{DFO} = < \text{penumbra}$).
- Cinética: depende del tiempo de exposición ($> \text{tiempo} > \text{borrosidad cinética}$ y $> \text{nitidez en la imagen}$).
- Del propio objeto: al no ser una estructura perfectamente geométrica, sus bordes son difícilmente representables (contorno del objeto).

» Relación señal/ruido: la relación entre la señal y el ruido representado en la imagen ($> \text{RSR} > \text{calidad de imagen}$).

» Artefactos: imágenes representadas que no tienen relación con la anatomía.

» Distorsión: magnificación del objeto representado, que es dependiente de la DORI, de la DFO y de la distancia entre el objeto y el receptor de imagen (DFRI); cuanto más alejado esté el objeto del RI, mayor será la magnificación.

X T A R T
FP SALUD