

Detectores Digitales de Rx

Tener buenos detectores es un tema fundamental para todos los sistemas que necesitan formar imágenes, pero en el caso de los Rayos X su importancia se acrecienta, ya que tener un buen detector implica menos radiación necesaria o sea menos dosis para pacientes y operadores.

Recuerdo que hace algunos pocos años, cuando se hablaba de Tomografía Computada, parecía que definir la calidad de un equipo, consistía en saber solamente qué tan potente era el generador que alimentaba al tubo de Rayos X , algo así como elegir mi auto solo por la potencia del motor, no importando si los frenos no son acordes.

Cuando oía que tal o cual equipo tenía un generador de 45KW y otro de 50KW y que estaban trabajando en uno de 60KW, daba la impresión que estábamos en la carrera armamentista entre EEUU y CCCP durante la guerra fría.

Pocas voces se alzaban entonces en defensa de las dosis menores, menos mal que poco a poco se empezó a poner énfasis en la investigación de nuevos detectores, y las potencias ya no fueron tan importantes.

De hecho siempre es mejor tener muy buena detección, ya que con poca intensidad de Rayos X se obtienen imágenes diagnósticas.

Ahora estamos en plana carrera inversa, a ver quién obtiene mejores imágenes con menor dosis, lo cual es muy bueno.

Los detectores electrónicos tienen coeficientes que definen su calidad, básicamente son:

- 1) La “detectividad” (la capacidad de producir una salida con baja excitación),
- 2) El “bajo ruido” (en relación con la señal que producen), y
- 3) El decaimiento de señal (es decir, que tan rápido se reponen luego de haber recibido una radiación y estar listos para recibir otra)

Todos estos parámetros se evalúan bajo términos objetivos, pero primero mencionaremos algunas cuestiones importantes

Una de ellas es el “Ruido” y Por Ejemplo: una imagen con 100% de ruido, es la que aparece en un televisor cuando vemos solo “luvia”, característica de cuando falla el proveedor de señal de cable o se cortó el cable de antena. En ese caso la señal cae a cero y lo único que se aprecia es el “Ruido”.

Por eso un parámetro particularmente importante en la evaluación de un detector es la relación entre la señal y el ruido (Relación Señal / Ruido “signal-to-noise ratio” “SNR”) ya que no es lo mismo que el ruido sea el 0,05% de una señal que contiene la información de imagen, a que el ruido participe en un 10% de la misma señal.

El ruido electrónico es respuesta del detector sin excitación de Rayos X incidentes, y frecuentemente está ligado a la excitación térmica de los detectores de estado sólido o al ruido cuántico.

La excitación térmica de los átomos en el detector se manifiesta en obtener respuesta del mismo sin que haya habido una señal de Rx que la justifique, esto ocurre porque la temperatura es una forma de energía, tal como también lo es la incidencia de Rx sobre él, y la respuesta del detector depende de ambas, es por eso que los fabricantes, con el objetivo de reducir al máximo la incidencia de la temperatura fijan rangos dentro de los cuales el equipo responde adecuadamente.

El Ruido Cuántico, adiciona un ingrediente al Ruido electrónico en general, ya que responde al concepto de la Física Cuántica que expresa que en la conducción eléctrica o los fenómenos de radiación, no se producen por eventos continuos, sino en “paquetes” o “cuantos”, ya sean estos electrones o fotones, lo que ocasiona no ya una emisión continua, sino “cuántica”, es decir por paquetes o bloques.

Todos los conceptos de “Calidad” de un detector, se cuantifican en parámetros que todos los fabricantes miden según estrictas normas.

La evaluación comparativa de todos los detectores (digitales o analógicos) se puede efectuar utilizando las funciones MTF(f) (**M**odulation **T**ransfer **F**unction) y la DQE(f) (**D**etective **Q**uantum **E**fficiency) estas funciones definen la calidad, bajo términos objetivos de los sistemas de detección, y su importancia en la radiología es mucha.

Si se dibujan líneas blancas y negras paralelas, igualmente espaciadas, una a continuación de la otra, podemos definir la frecuencia en la que aparecen como “pares de líneas por cada cm”.

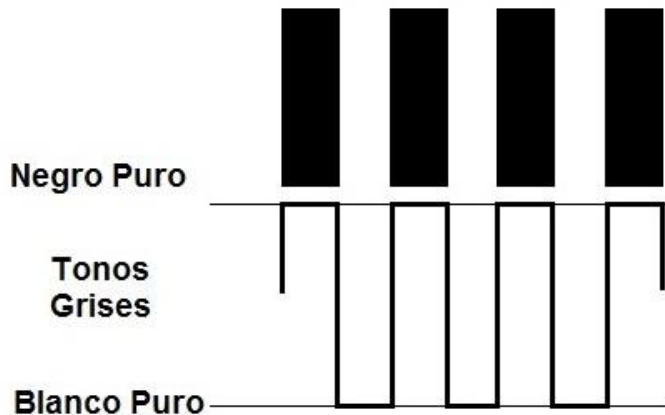
Se pueden colocar muy juntas, y entonces esa frecuencia en que aparecen en el espacio será alta, o más separadas, y así la frecuencia será baja esto se denomina “frecuencia espacial” y constituye una “modulación” ya que “modula” el color con que aparecerá una imagen del negro al blanco pasando por tonos de gris.

Cuando un patrón de líneas es captado por un detector o transferido por un sistema, ya sea óptico o electrónico, se deteriora.

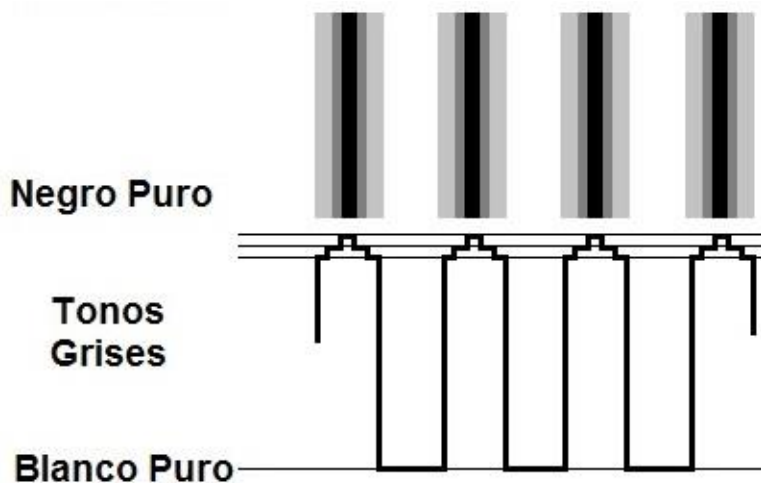
Por Ejemplo: Una imagen de un patrón de líneas, de una determinada frecuencia, es captado por el objetivo de una cámara fotográfica, y finalmente impreso en una fotografía, el resultado, es decir la imagen obtenida, no es exactamente igual a la

original, ha sufrido una degradación, porque el sistema óptico y la capacidad de resolución de la película o el detector digital no logra reproducir con precisión absoluta lo captado, esto se refleja en el hecho que, cuanto más alta sea la frecuencia espacial (mas juntas estén las líneas), llegará un momento en el cual la imagen obtenida será solo negra, es decir no se podrá distinguir separación entre las líneas.

En la figura se ve un patrón de líneas negras y blancas de la realidad de un objeto y más abajo la señal de radiación que la representa, donde hay un negro puro hubo máxima radiación y a la inversa donde no la hubo el resultado es un blanco puro



Finalmente lo que reproduce nuestro equipo es esto:



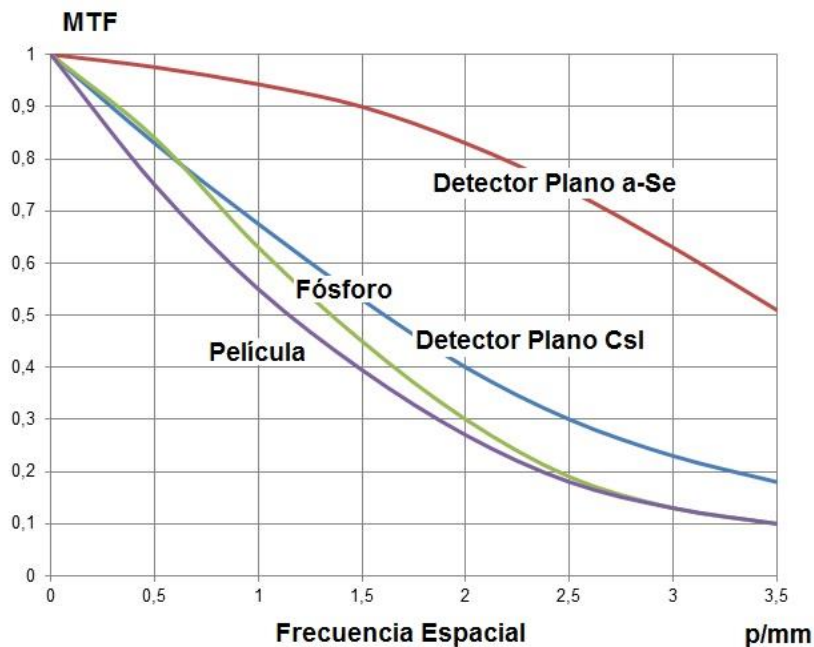
La capacidad de discriminación de las líneas, disminuye a medida que aumenta la frecuencia del patrón que queremos fotografiar.

La función MTF mide exactamente eso, es decir cómo se trasfiere la modulación, original de la realidad a la imagen.

La idea es que si se transfiriera exactamente igual, MTF valdría uno y a medida que la transferencia se deteriorara el valor de MTF iría disminuyendo.

En la práctica, respondiendo a esto, la función MTF disminuye a medida que aumenta la frecuencia del patrón, esta “frecuencia” se denomina “frecuencia espacial” y se mide en líneas par / unidad de longitud. (o mejor “pares de líneas por unidad de longitud”)

En la figura se observan comparaciones entre distintos tipos de detectores planos, el “a-Se” ó “Selenio amorfo”, detector de conversión de radiología directa, (Conversión directa es cuando el detector pasa directamente de radiación cuántica de Rayos X , a electricidad), CsI es “Cesium Iodine” scintillator, detector de conversión indirecta (la conversión indirecta es cuando el detector necesita pasar en forma intermedia por una conversión de radiación Rayos X a luz, previa a electricidad).



Una curva más alta, que se mantenga lo más cercana a uno, significa que el sistema bajo análisis resuelve mejor frecuencias espaciales altas que otro.

A una frecuencia espacial baja, tendiente a cero todas las curvas concurren a “uno” es decir reproducen fielmente el 100% del patrón de bajísima frecuencia espacial, pero por ejemplo ya a 1,5 líneas par por cada milímetro la película solo reproduce correctamente el 40% (0,4), mientras que un detector plano de Selenio amorfo (a-Se) reproduce el 90%, las pantallas de fósforo (CR) un 45% y un detector plano de Ioduro de Cesio, el 55%.

Si bien el MTF mide la eficiencia del sistema desde un punto de vista, se deben considerar también el ruido y la ganancia del detector, esto significa que dependiendo de la tecnología del detector, éste, podrá resolver muy bien una frecuencia espacial dada, pero necesitar mucha radiación incidente para brindar una

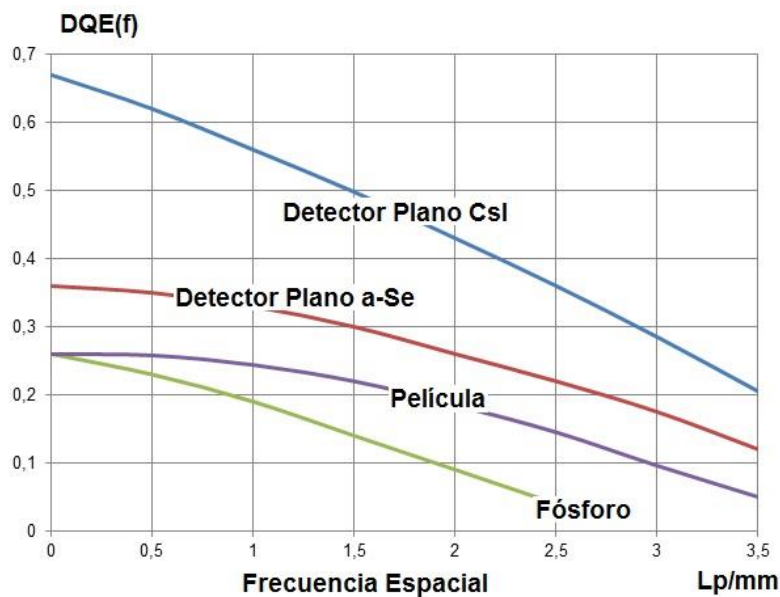
señal eléctrica utilizable, y cuanto más radiación haya presente, más ruido se produce que enmascarará la señal que nos interesa.

El parámetro que tiene en cuenta en forma más completa todas estas condiciones es el DQE (Detector Quantum Efficiency), la que también es función de la frecuencia espacial, DQE(f),

Las curvas de DQE(f) mostradas a continuación están medidas para 70KVp (aproximadamente dibujadas de las incluidas por Karl Stierstofer, en "Imaging System for Medical Diagnostic") dan el siguiente resultado:

En el gráfico se ve la superioridad de la tecnología de Ioduro de Cesio frente al Silicio amorfo, la película y el Fósforo que ocupa el último lugar).

Haciendo la misma comparación que antes, en 1,5 líneas par por mmm, un detector de CsI, resuelve el 50% del DQE, mientras que el a-Se, el 30%, la película algo más del 20% y la película sólo el 15%.



Hay que observar que en este caso el máximo valor tecnológico logrado está alrededor de un 67% por lo cual una excelente DQE rondaría ese valor en la actualidad, a diferencia del MTF que parte de 100% (uno).

Como vimos es posible determinar la calidad de un detector en términos objetivos y en parte la calidad final de una imagen debida a éstos, sin embargo la eficiencia total de un sistema depende también de otros factores que podremos revisar más adelante tales como la "Profundidad de Bit" o los métodos de Compresión de imágenes Digitales.