

# NUEVAS TECNOLOGÍAS: GENERALIDADES SOBRE APLICACIONES DE TOMOGRAFIA COMPUTADA DOBLE ENERGIA EN ESTUDIOS TORÁCICOS.

TM. Gonzalo Espinoza Ortiz  
Centro de Imagenología HCUCH

Varias aplicaciones de Tomografía Computarizada de Energía Dual (TCDE) se volvieron clínicamente disponibles con la mejora y el progreso recientes en la tecnología de los Tomógrafos Computados.

El potencial de las tecnologías de energía dual para mejorar la caracterización tisular y evaluar la composición del material se demostró con trabajos iniciales en los años 1970 y 1980, pero las limitaciones técnicas en ese momento, como la adquisición prolongada de datos causaba artefactos de movimiento que limitaron el uso de estos conceptos para práctica clínica.

Dentro las de las aplicaciones clínicas de la doble energía en estudios torácicos analizaremos:

C.1 Estudios de Perfusión Pulmonar en Trombo Embolismo Pulmonar.

C.2 Caracterización de Nódulos Pulmonares y Evaluación en Cáncer Pulmonar.

## **C.1 Estudios de Perfusión Pulmonar.**

El Trombo Embolismo Pulmonar (TEP) es una enfermedad muy común asociada con una morbilidad significativa y mortalidad potencial. El diagnóstico clínico de TEP es difícil y desafiante porque los síntomas comunes, como la disnea, la taquicardia, el dolor torácico agudo y el síncope, son inespecíficos.

La alta resolución espacial de la Tomografía Computada (TC) idealmente permite la visualización de las arterias pulmonares hasta las ramas de sexto orden. Como consecuencia, la TC multidetector ha surgido como el gold estándar diagnóstico para la evaluación de pacientes con sospecha de TEP en los últimos años.

La TC de doble energía (TCDE) permite obtener las imágenes de perfusión pulmonar en conjunto con la fase angiográfica y de esta manera evaluar toda la información relevante dentro de un examen rápido considerado de emergencia.

El yodo en comparación con otros materiales, por ejemplo, tejido blando, muestra un aumento proporcionalmente mayor de los valores de TC o Unidades de Hounsfield al ir disminuyendo el voltaje del tubo de rayos X, esto se puede usar TCDE para visualizar la distribución de material de contraste yodado en diferentes órganos.

La perfusión pulmonar es un proceso dinámico de flujo sanguíneo pulmonar a lo largo del tiempo, la obtención de imágenes del volumen capilar pulmonar o de la sangre capilar es un sustituto aceptado para la perfusión pulmonar. Durante la primera pasada de un bolo de agente de contraste inyectado por vía intravenosa, la distribución del agente de contraste se puede considerar como una buena estimación de la perfusión local.

Si pudiésemos describir en términos simples cómo realizar un examen de perfusión pulmonar en un TC doble energía deberíamos comenzar mencionando que el protocolo tiene como objetivo mostrar tanto las arterias pulmonares y la perfusión pulmonar a partir de un único examen (es la ventaja de hacerlo en un equipo de doble energía).

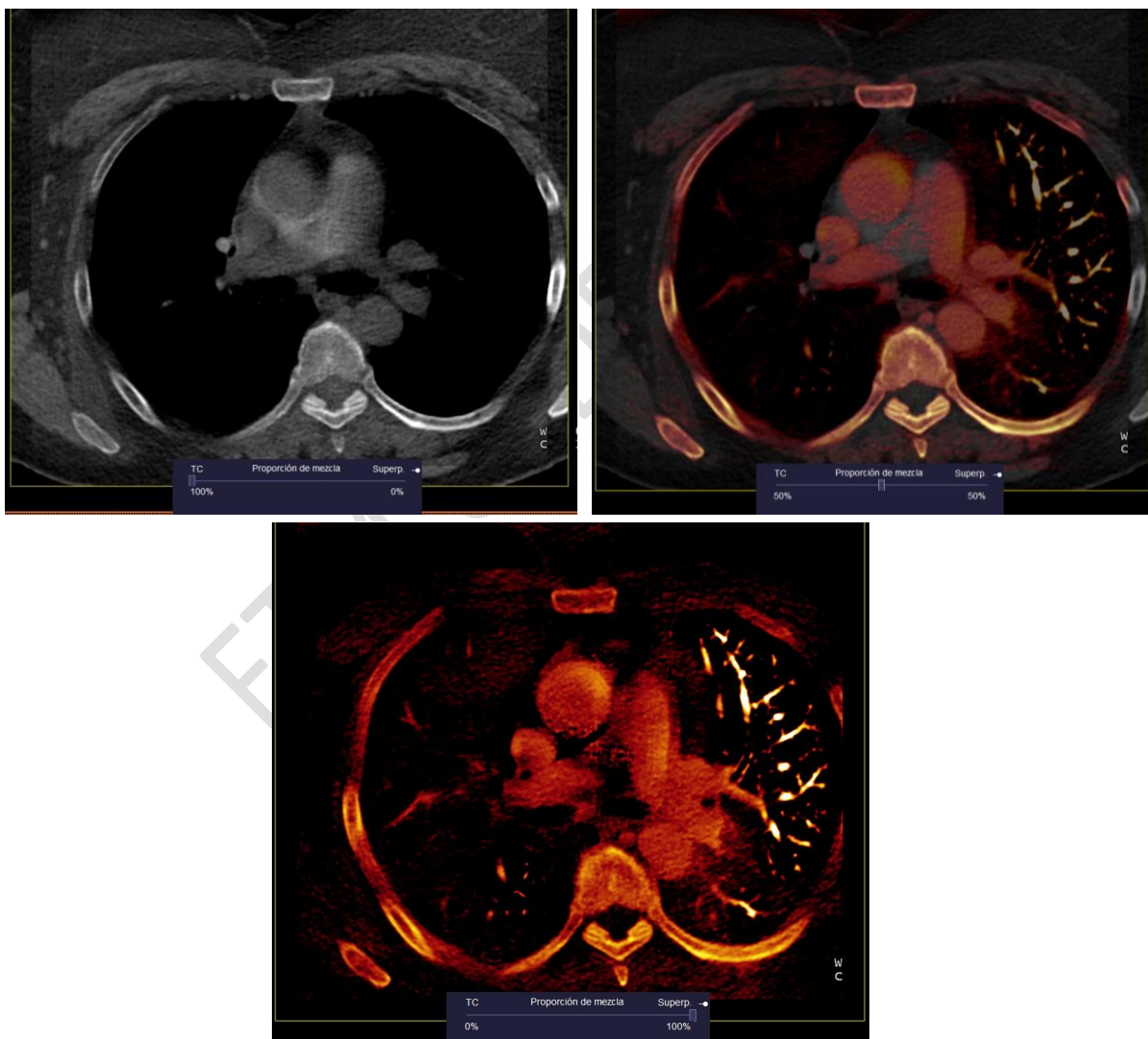
La dirección de exploración debe ser caudo-craneal para evitar los artefactos generados por la entrada de medio de contraste altamente concentrado en la vena subclavia o la vena cava superior. Además, se debe usar solución salina para compactar el bolo de contraste y evitar el artefacto en estrella de la vena cava superior al momento en que se realizará el escaneo de la región.

Se recomienda el uso de un medio de contraste a base de yodo de alta concentración para la TCDE a fin de mejorar la diferenciación del yodo mediante el algoritmo de post-procesamiento de doble energía.

El retraso del escaneo debe ser un poco más largo (por ejemplo, 7 s) para permitir que el material de contraste pase al parénquima pulmonar. Para determinar la llegada de contraste y el momento en que se debe comenzar el estudio, se debe realizar mediante sensor de bolo o también conocido como bolus tracking, donde la región de interés (ROI) debe realizarse en la arteria pulmonar.

El software Syngo DE Lung PBV de Siemens HealthCare permite una vista multiplanar del set de datos codificado por colores. El software también permite establecer una relación de mezcla entre un "conjunto de datos virtual de 120 kV" (que sería un mix entre la imagen de alta energía 140 kV y de baja energía 80 kV) no codificado como referencia y el parénquima pulmonar segmentado y codificado por color.

Esta relación de mezcla puede establecerse con fluidez entre 0% que muestra una "imagen CT tradicional"(en escala de grises) y 100% donde solo se visualiza el parénquima pulmonar segmentado y codificado por color (**Figura 1**).

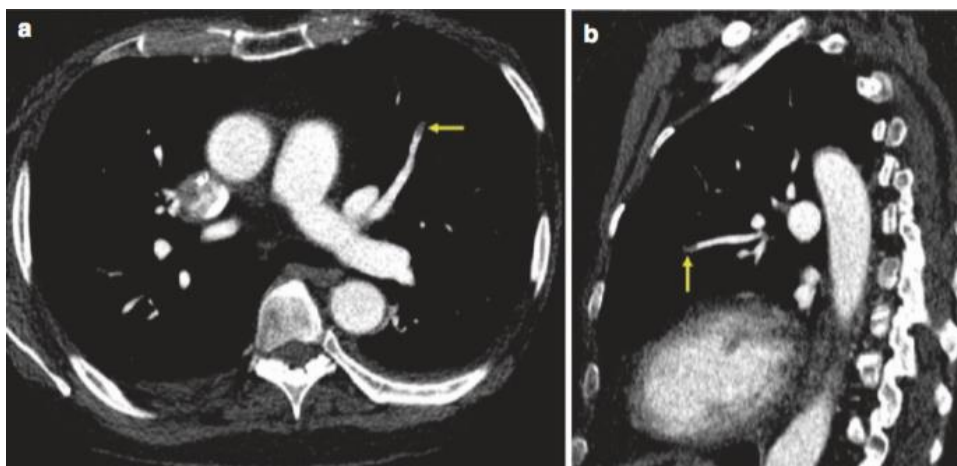


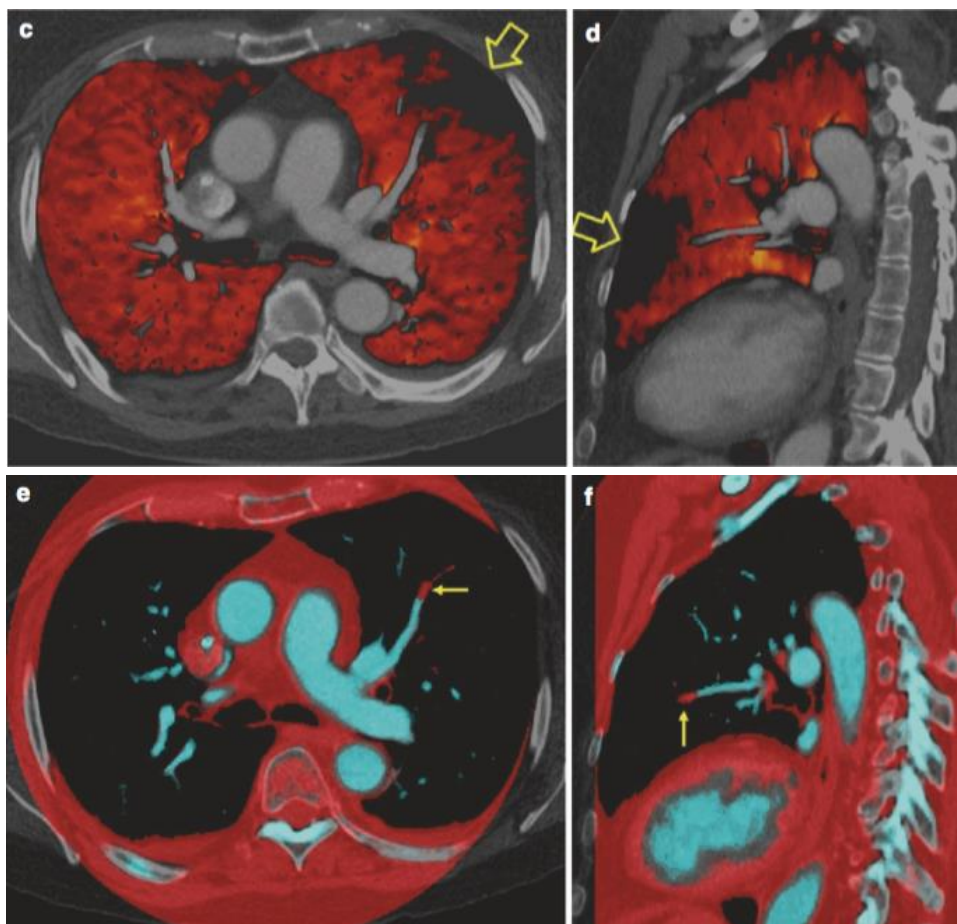
**Figura 1.** Ejemplos de imágenes doble energía en donde podemos manipular el grado de superposición entre una imagen tradicional de TC y un mapa de yodo. En la imagen superior izquierda se puede visualizar una imagen que tiene asignado un 100% hacia los números CT por lo tanto se puede ver una imagen de tomografía computada estándar. En la imagen superior derecha se ve una contribución de un 50%

imagen en escala de grises y un 50 % de imagen de mapa de yodo (por lo que se ve como una imagen de TC superpuesta con un mapa de yodo). En la imagen inferior se puede visualizar una 100% de contribución de mapa de yodo para formar la imagen. Este porcentaje se puede ir variando por el operador.

La principal aplicación clínica para el análisis de imagen de perfusión pulmonar por TCDE es la detección de TEP. Las imágenes normales codificadas por colores muestran una distribución de yodo pulmonar simétrica y homogénea, lo que indica una perfusión fisiológica e igualmente distribuida. Dependiendo del código de color utilizado, el código de color debe ser homogéneo sin ningún cambio localizado, de otro modo debe considerarse un defecto de perfusión regional, por ejemplo, un TEP central agudo o un TEP recurrente crónico.

Los defectos de perfusión locales se consideran consistentes con la presencia de TEP, especialmente si se localizan periféricamente, en forma triangular y en una distribución segmentaria (**Figura 3**).





**Figura 3.** TC de doble energía de una paciente de 65 años con TEP. Las reconstrucciones axiales (a) y sagitales (b) virtuales de 120 kV que muestran un émbolo segmentario en el segmento lingular del pulmón izquierdo (flechas amarillas). El correspondiente defecto de perfusión en forma de cuña se visualiza claramente (flechas abiertas) en las reconstrucciones oblicua axial (c) y sagital (d) por color que codifica la distribución del medio de contraste en el parénquima pulmonar. Mediante el código de color del contenido de yodo (en calipso) en los vasos pulmonares, el émbolo se puede identificar y visualizar directamente: flechas en (e) y (f).

## C.2 Caracterización de Nódulos Pulmonares y Evaluación en Cáncer Pulmonar.

La TC de tórax con medio de contraste sigue siendo el estudio de imágenes estándar en pacientes con sospecha de nódulos pulmonares o cáncer de pulmón. El amplio uso clínico de la TC multidetector de corte fino, conduce inevitablemente a la detección de un gran número de nódulos pulmonares. Los ensayos previos en la detección de cáncer de pulmón han demostrado que la mayoría de las personas con cierto perfil de riesgo tendrá al menos un nódulo pulmonar no calcificado. En la biopsia quirúrgica, aproximadamente el 50% de estos nódulos pulmonares indeterminados resultarán benignos (Swensen 2000). Por lo tanto, la caracterización no invasiva de los nódulos pulmonares mediante imágenes

es de gran importancia en el estudio clínico de los nódulos pulmonares detectados de forma incidental.

En el empleo de la TC estándar con medio de contraste, la caracterización de los nódulos pulmonares se basa en criterios morfológicos simples, por ejemplo, márgenes irregulares o espiculados como un signo de malignidad o calcificaciones como un signo de benignidad.

La TC de energía dual (TCDE) permite una visualización selectiva del medio de contraste yodado en una sola exploración y, por lo tanto, se puede utilizar como un sustituto para evaluar el volumen de sangre local (Johnson et al., 2007). Además del componente funcional de la TCDE, se puede procesar una exploración de TC estándar con propiedades de imagen equivalentes a una TC de energía única estándar (120 kV).

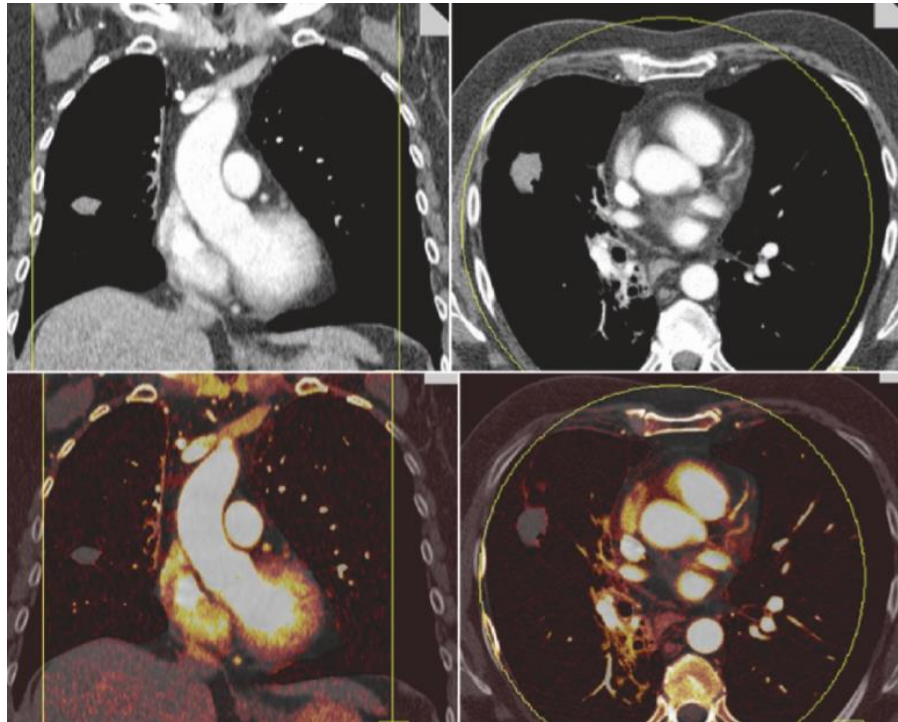
### **C.2.2. Uso de la TC de doble energía para el análisis y categorización de nódulos pulmonares.**

El contenido de yodo puede visualizarse de forma selectiva mediante TCDE en las imágenes codificadas por colores (mapas de yodo) que se pueden fusionar con la imagen de TC en escala de grises (Johnson et al., 2007).

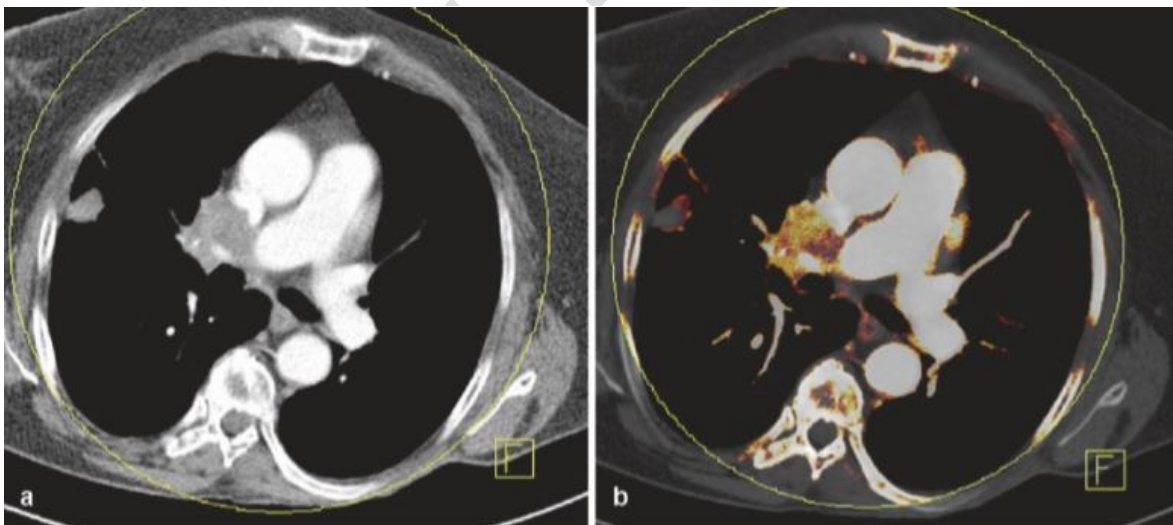
Al analizar el grado de captación de un nódulo pulmonar después de la inyección de medios de contraste yodado, los nódulos pulmonares malignos pueden diferenciarse de los nódulos benignos (Swensen y col., 1995b, 1992; Yamashita y cols., 1995; Zhang y Kono, 1997; Jeong et al. 2005).

El principal beneficio clínico de un escáner de doble energía de adquisición única en comparación con un TC con contraste dinámico sería que el tumor completo está cubierto en un solo examen y que el método no es tan susceptible para el movimiento respiratorio ya que los datos se adquieren en un único escaneo durante una sola respiración, por lo que la dosis de radiación podría reducirse significativamente.

Además de la diferenciación de nódulos pulmonares (**Figuras 6 y 7**), otra aplicación potencial de la TCDE podría ser la evaluación de la respuesta terapéutica mediante el análisis de cambios en la distribución del yodo tumoral (**Figura 8**).



**Figura 6.** Estudio de TCDE de un paciente de 63 años con un nódulo pulmonar detectado incidentalmente en un estudio imagenológico anterior, que posee densidad de partes blandas. Los mapas de yodo de TCDE (fila inferior) muestran solo una menor captación de yodo (esto se puede ver ya que la captación se vería como un encendido color naranja, como se visualiza en los grandes vasos) del nódulo indicando una lesión benigna. La biopsia guiada por TC reveló un hamartoma.



**Figura 7.** Paciente de 74 años con un CPCNP central y un nódulo pulmonar periférico adicional de densidad de partes blandas dentro del lóbulo superior derecho (a). El mapa de yodo de TCDE (b) muestra una captación elevada de yodo del CPCNP central pero solo una captación menor de yodo dentro del nódulo pulmonar periférico como indicador de benignidad. Las tomografías computarizadas de seguimiento revelaron un pseudotumor inflamatorio.

A modo de conclusión podemos decir que la diferenciación del medio de contraste yodado por TCDE puede ser un marcador sustituto potencial para el volumen de sangre regional y, por lo tanto, la angiogénesis. En las imágenes pulmonares, esto tiene un valor potencial para la caracterización no invasiva de los nódulos pulmonares y la evaluación de la respuesta en el cáncer de pulmón.

ETM U. DE CHILE