

# Pruebas de aceptación y puesta en servicio de un nuevo sistema con tres modalidades de imagen spect-pet-ct

Yudmila Reyes<sup>1</sup>, Leonel A Torres<sup>1</sup>, Karla Batista<sup>1</sup>, Carlos Calderón<sup>2</sup>, Adalberto Machado<sup>3</sup>,  
Yolaine Sánchez<sup>1</sup>, Consuelo Varela<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Isótopos (Centis)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (Inor)

<sup>3</sup> Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (Cecmed)

yudmilareyes@gmail.com; leonel.torres.cuba@gmail.com

## Resumen

Los sistemas de imágenes multimodales se han convertido en una herramienta importante para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de muchas enfermedades. En la Dirección de Servicios Biomédicos del Centro de Isótopos (CENTIS), se realizó la instalación del sistema SPECT-PET-CT (SCP) TRIO de la firma MEDISO. El objetivo de este trabajo fue evaluar y describir el desempeño del sistema SPECT-CT-PET de triple cabezal. Para realizar las pruebas se siguieron las recomendaciones del fabricante basadas en las normas NEMA, combinadas con los métodos sugeridos por las publicaciones del OIEA y AAPM. Se incluyeron los parámetros híbridos SPECT-CT y PET-CT y parámetros independientes para el SPECT, la CT y el PET. Se utilizaron un conjunto de maniqués físicos y clínicos. Algunos parámetros intrínsecos de los detectores del SPECT como la resolución de energía (<9%), la uniformidad intrínseca (<2.0%), la resolución espacial intrínseca ~3 mm y la tasa de conteo máxima (> 700cps), mostraron resultados relevantes. Se verificó que la sensibilidad global del sistema, favorecida en 1/3 respecto a sistemas convencionales de 2 detectores, de los tomográficos el sistema es capaz de resolver lesiones de diámetro en el orden de 7.5mm. La evaluación del funcionamiento de los componentes CT y PET mostraron resultados aceptables y se evidenció un desempeño satisfactorio del sistema integrado SPECT-CT-PET mostrando excelentes potencialidades para investigaciones básicas y clínicas, para estudios de optimización, así como grandes posibilidades de la componente SPECT-CT para proveer imágenes de óptima calidad y valor diagnóstico.

*Palabras clave:* ensayos de funcionamiento, control de calidad, tratamiento de imágenes, tomografía de emisión computerizada de fotón único, especificaciones, tomografía computerizada con positrón, puesta en servicio

## Acceptance tests and commissioning of a new system with three imaging modalities spect-pet-ct

### Abstract

Multimodal systems images have become an important tool for the diagnosis, monitoring and treatment of many diseases. In the Direction of Biomedical Services of the Isotope Center (CENTIS), the installation of the SPECT-PET-CT (SCP) TRIO system of the MEDISO firm was carried out. The aim of this work was to evaluate and describe the performance of the triple head SPECT-CT-PET system. To carry out the tests, the manufacturer's recommendations based on NEMA standards were followed, combined with the methods suggested by the IAEA and AAPM publications. The hybrid parameters SPECT-CT and PET-CT and independent parameters for SPECT, CT and PET were included. A set of physical and clinical phantoms were used. Some intrinsic parameters of SPECT detectors such as energy resolution (<9%), intrinsic uniformity (<2.0%), intrinsic spatial resolution ~ 3mm and maximum count rate (> 700cps), showed relevant results. It was verified that the global sensitivity of the system, favored by 1/3 with respect to conventional 2-detector systems, of the tomographic ones, the system is capable of resolving lesions with a diameter of around 7.5mm. The evaluation of the performance of the CT and PET components showed acceptable results and a satisfactory performance of the integrated SPECT-CT-PET system was evidenced, showing excellent potential for basic and clinical research, for optimization studies, as well as great possibilities of the SPECT-CT components to provide images of optimal quality and diagnostic value.

*Key words:* performance testing, quality control, image processing, single photon emission computed tomography, specifications, positron computed tomography, commissioning.

## Introducción

Los equipos híbridos SPECT-CT y PET-CT han permitido incrementar la calidad de los estudios imagenológicos de la medicina nuclear, así como su valor diagnóstico [1]. Para garantizar el empleo seguro, eficaz y optimizado de los nuevos sistemas multimodales, se deben efectuar pruebas de aceptación y puesta en servicio, para garantizar que el equipo cumpla las características especificadas por el fabricante, obtener los valores de referencia y para evaluar sus principales funcionalidades [2]. En la Dirección de Servicios Biomédicos del Centro de Isótopos (CENTIS) de la AENTA, CITMA, se realizó la instalación del sistema SPECT-PET-CT (SCP) TRIO de la firma MEDISO, que combina las fortalezas y ventajas de las nuevas tecnologías de la medicina nuclear con aportes de la tomografía computarizada helicoidal rápida, para mejorar la calidad y del valor diagnóstico de los estudios funcionales y metabólicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar y describir el desempeño del sistema SPECT-CT-PET de triple cabezal (Mediso AnyScan® SCP TRIO), como parte de las pruebas de aceptación y puesta en servicio (*commissioning*).

## Materiales y métodos

### 1. Sistema evaluado SPECT-CT-PET

El sistema SPECT-PET-CT (SCP) TRIO de la firma MEDISO, permite la colección de tres modalidades de imágenes que proporcionan información funcional, anatómica y metabólica. El SPECT está provisto de 3 detectores que emplean colimadores paralelos de nuevo diseño LEHRHS (Baja energía, alta resolución y alta sensibilidad) para la colección de exámenes convencionales de Medicina Nuclear. Igualmente dispone de 2 conjuntos de colimadores multi huecos (Multi Pin Hole Collimators o MPH) para estudios de neurología y de cardiología nuclear, que incrementan significativamente la sensibilidad y resolución espacial del sistema y proporcionan imágenes de alta calidad diagnóstica. El gantry permite el empleo de varias configuraciones entre los detectores incluyendo posiciones angulares entre sus cabezales de 75, 90, 120 y 180 grados. La CT presenta tecnología helicoidal de 16 cortes y permite coleccionar datos para la corrección por atenuación contribuyendo además a una mejor localización anatómica de las lesiones e incrementando el valor diagnóstico de los estudios. Por su parte, la componente PET posee 24 módulos de detectores tecnología LYSO y campos de visión axial y transaxial de 15.2cms y 50cms, respectivamente e incorporada la técnica de "tiempo de vuelo".

### 2. Pruebas de aceptación y puesta en servicio

Para realizar las pruebas de aceptación y la puesta en servicio del sistema TRIO se emplearon los métodos y procedimientos propuestos por el fabricante, así como las sugerencias del Protocolo Nacional de Control de Calidad, los protocolos publicados por el OIEA, los estándares NEMA y los protocolos de las sociedades

científicas y grupos de trabajo como el de la AAPM [3-11].

Las pruebas incluyeron evaluaciones del funcionamiento de los parámetros híbridos SPECT-CT y PET-CT, así como de los parámetros independientes del SPECT, del CT y del PET. Se usaron un conjunto de maniqués físicos y clínicos, incluyendo variantes comerciales como el Carlson, Jaszczak, HUPET, maniqué uniforme rellenable, el PLES de la NEMA, maniqué de sensibilidad PET y maniqués de diseño propio como el empleado para evaluar la resolución espacial del PET en la (figura 1); igualmente se emplearon varias fuentes puntuales y lineales de radionucleidos como el  $^{99m}\text{Tc}$ , el  $^{133}\text{Ba}$  y el  $^{18}\text{F}$ .

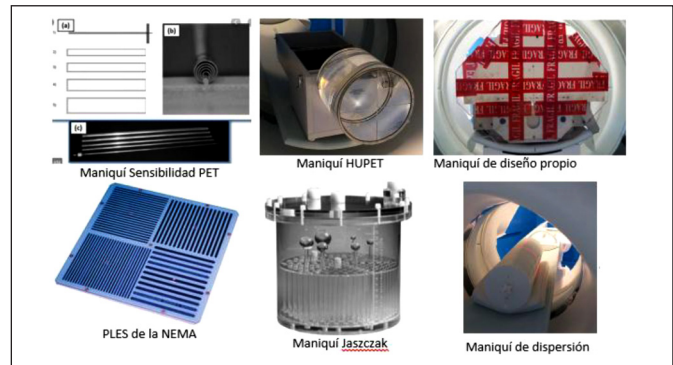


Figura 1 Maniqués usados para las pruebas

Las pruebas para el SPECT se dividieron en tres grupos, los parámetros planares, los parámetros tomográficos y los parámetros híbridos del SPECT-CT. Se evaluaron parámetros intrínsecos como la uniformidad, la resolución y linealidad espacial, la resolución energética y la tasa máxima de cuentas (MTC). Se empleó una ventana energética centrada en 140keV con ancho de ventana de 20% para realizar la colección de los datos primarios a excepción de la empleada para evaluar la uniformidad intrínseca con ventanas asimétricas centradas en 125 y 155keV (ancho de un 10%) [3]. Igualmente se evaluaron parámetros extrínsecos como la resolución y linealidad del sistema, la uniformidad y sensibilidad de la respuesta del detector con colimadores LEHRHS y MLEGP, el tamaño del pixel, etc.

En las pruebas del SPECT se verificaron los parámetros tomográficos como el centro de rotación (COR), la resolución tomográfica en aire, el ancho de corte y la resolución tomográfica con dispersión. Igualmente se evaluó el funcionamiento total del sistema SPECT con el empleo de los maniqués tomográficos de Jaszczak y Carlson, lo que permitió estimar la uniformidad tomográfica, la resolución en lesiones frías esféricas y cilíndricas, el contraste tomográfico, la linealidad tomográfica y la resolución en lesiones calientes cilíndricas. Ambos maniqués se prepararon con alrededor de 20mCi de  $^{99m}\text{Tc}$ , homogenizando sus contenidos; las adquisiciones de las imágenes se comenzaron cuando la velocidad de cuentas fue de aproximadamente 20Kc/seg. Se coleccionaron 128 proyecciones en órbita circular de 360 grados y se empleó parada por tiempo de alrededor de 40 seg por proyección, para garantizar una estadística de más de 800M cuentas por proyección. Para

el procesamiento de las imágenes se empleó el método de retroproyección filtrada, filtro Butterworth orden 25, y *cutoff* seleccionado de forma interactiva con valores alrededor de 0.40. Se empleó el método de Chang para la corrección de la atenuación ( $\mu=0.10$ ) y se construyeron cortes transversales, sagitales y coronales para la evaluación cualitativa y cuantitativa de los parámetros de funcionamiento tomográficos [4].

La evaluación de parámetros híbridos del sistema SPECT-CT incluyó la verificación del corregistro de imágenes SPECT-CT y la evaluación de la calidad de la imagen SPECT-CT, adquirida y procesada en modalidad híbrida, acorde a las sugerencias de la AAPM [5]. Las imágenes de CT se colectaron empleando 120KVP, 300mA, ancho de corte=2.5mm, colimación=20mm, Tiempo de rotación =1seg. La reconstrucción de los estudios se realizó empleando el protocolo Tera-Tomo, que incluye la corrección de atenuación a partir de los datos de la CT, corrección de dispersión por el método de Monte Carlo, así como recuperación de la degradación de la resolución con la distancia a partir de la PSF.

Las pruebas de aceptación de la CT incluyeron la evaluación de 19 parámetros de funcionamiento de esta modalidad de imágenes, entre los que se encuentran parámetros geométricos, de calidad de imágenes y dosimétricos. Entre estos se destacan la exactitud del desplazamiento de la mesa radiológica hacia dentro del *gantry* y en dirección contraria, la alineación del indicador luminoso interno con el plano de corte, la simetría circular, el espesor de corte visualizado, la resolución de bajo contraste, el número de CT, la linealidad de los números de CT, la resolución espacial, los valores medios de número de CT, así como el ruido y la uniformidad; mientras que los parámetros dosimétricos incluyeron variables como el CTDIvol y el DLP. Las pruebas se realizaron acorde al "Protocolo para el Control de Calidad a equipos de Tomografía Computarizada" del CECMED [6] y teniendo en cuenta las recomendaciones de organismos internacionales como el OIEA y la AAPM [7].

Por su parte, la evaluación de la componente PET incluyó la verificación de parámetros como la resolución energética, la resolución temporal del PET (time-hif), la homogeneidad, la calibración/verificación de la concentración radiactiva, la estimación del SUV y de la sensibilidad del sistema PET [8]. Igualmente se calculó y reportó la fracción de dispersión, las pérdidas de conteos y eventos aleatorios. Para la evaluación de la resolución espacial del componente PET se empleó un maniquí de invención propia (figura 1) que cuenta con orificios para la ubicación de los capilares a diferentes distancias de su centro (1cm, 10cm, 20cm en posición vertical y a 1cm, 10cm y 20cm en posición horizontal) y que permitió seguir las recomendaciones de la NEMA NU-2012 [9]. Finalmente, se evaluaron parámetros de funcionamiento híbridos tales como el registro del sistema PET-CT y la calidad de imagen PET-CT [10] [11]

Se utilizó como herramientas para el análisis de los resultados el paquete de software de "Mediso Image Quality Center" (NEMA software package) que permite procesar las adquisiciones de las pruebas de la gran

mayoría de los controles de los tres componentes; igualmente se utilizó el plugin NMQC de ImageJ para el procesamiento de las pruebas de QC del SPECT, así como otras herramientas complementarias de la estación de procesamiento de imágenes, como el InterViewFusion y el InterViewXP.

Finalmente, como parte de las tareas de puesta en servicio del sistema se evaluaron las funcionalidades básicas principales del SPECT-CT-PET, así como sus nuevas opciones para la adquisición-procesamiento de los estudios. Este análisis incluyó, la verificación del funcionamiento de los nuevos sets de colimadores multi-huecos de cerebro (multi pin-hole collimators - MPHIC), así como la colección de imágenes en modo de cuerpo entero planar, con el nuevo diseño de colimadores LEHRHS. Se verificaron los modos de adquisición de imágenes gatilladas y se evaluó el empleo del modo de colección de estudios tomográficos de cuerpo entero. Por último, se verificó el funcionamiento del *modo-lista* para la adquisición de diferentes tipos de estudios como tomografías, imágenes estáticas, dinámicas, estudios gatillados, etc.

## Resultados

La evaluación del funcionamiento del sistema TRIO arrojó resultados satisfactorios. Los valores que se obtuvieron de las pruebas realizadas se compararon con las especificaciones técnicas brindadas por el fabricante, así como con los resultados obtenidos durante las pruebas de aceptación en fábrica. Se emplearon como referencias o límites de aceptación para algunas de las pruebas realizadas, las propuestas del protocolo nacional.

Los resultados de las pruebas principales para evaluar los parámetros de funcionamiento del sistema SPECT-CT se resumen en la tabla 1.

En la prueba de Funcionamiento Total, para la uniformidad tomográfica, fue realizado un análisis cualitativo visual y semicuantitativo (con perfiles de actividad), que no evidenció la existencia de defectos puntuales, difusos, ni en forma de anillos, por lo que se considera que la uniformidad tomográfica es satisfactoria. Para evaluar la resolución en imágenes cilíndricas frías se obtuvieron nuevos cortes a partir de la suma de 3 de estas imágenes, la evaluación visual de las mismas mostró que el sistema es capaz de resolver sin objeción imágenes con este tipo de lesiones cuyo diámetro está en el orden de los 9.5mm, así como lesiones de 7.9mm, pero con menor definición. El análisis de la resolución en imágenes esféricas frías mostró que el sistema pudo resolver todas las lesiones del maniquí, incluyendo la de menor diámetro, que está en el rango de los 12.5mm, mientras que los valores de contrastes calculados están en el rango de 14.4 % (para lesiones de 12.7mm de diámetro) hasta 65.7 (para lesiones de 38mm de diámetro). En la sección de linealidad el sistema reprodujo la geometría de las barras frías evidenciando que no existen distorsiones en las mismas. Se evaluó cualitativamente la resolución del sistema SPECT en presencia de lesio-

**Tabla 1.** Resultado de las pruebas del SPECT-CT

Prueba	Resultado (Valido para los 3 detectores)
Uniformidad intrínseca	Uniformidad diferencial en CFOV $\leq$ 1.55%, la Uniformidad integral $\leq$ 2.03%
Uniformidad intrínseca con ventanas asimétricas	No fueron identificados ningún patrón en la imagen sugerente de defectos en los cristales los cuales se asocian a roturas del mismo.
Uniformidad extrínseca	No fueron identificados artefactos ni patrones que mostraran daños en los colimadores
Resolución espacial intrínseca	Resolución espacial en CFOV $\leq$ 2.7mm Resolución espacial en UFOV $\leq$ 2.8mm
Linealidad intrínseca	Linealidad espacial absoluta en CFOV $\leq$ 0.11mm Linealidad espacial absoluta en UFOV $\leq$ 0.15mm Linealidad espacial diferencial en CFOV $\leq$ 0.03mm Linealidad espacial diferencial en UFOV $\leq$ 0.04mm
Calibración del tamaño de pixel	Tamaño de Pixel en X=0.604 Tamaño de Pixel en Y=0.602
Resolución espacial del sistema (distancia fuente-detector: 10cms)	Resolución espacial en eje X: FWHM $\leq$ 7.9mm Resolución espacial en eje Y: FWHM $\leq$ 8.1mm
Prueba de tasa máxima tasas de cuentas (MTC)	MTC del detector1: 792Kc/seg MTC del detector2: 762Kc/seg MTC del detector3: 776Kc/seg.
Resolución energética (RE)	Resolución Energética de Detector1: 8.92% Resolución Energética de Detector2: 8.95% Resolución Energética de Detector3: 8.98%.
Sensibilidad	Detector1: 102.7cps/MBq (228 Cps/ $\mu$ Ci) Detector2: 102.2cps/MBq (227 Cps/ $\mu$ Ci) Detector3: 101.7cps/MBq (225.9 Cps/ $\mu$ Ci)
Registro Espacial Múltiples Ventanas energéticas	Corrimiento Detector1: 0.92m Detector2: 0.73mm Detector3: 0.52mm.
COR	Desplazamiento máximo de 0.12mm
Resolución tomográfica en aire	FWHM en eje X: 9.969mm FWHM en eje Y: 9.987mm FWTM en eje X: 18.16mm FWTM en eje Y: 18.20mm
Ancho de corte	Ancho de Corte: 9.897mm
Resolución tomográfica con dispersión (RTD)	La RTD en los ejes X y en Y estuvieron en el orden de los 12mm y 14 mm, respectivamente.
Corregistro SPECT-CT	Corregistro relativo X=0.268mm Y=0.728mm Z=-0.650mm Corregistro absoluto X=0.705mm Y=-0.110mm Z=-0.096mm
Calidad de imagen SPECT Calidad de imagen SPECT-CT	Las imágenes correspondientes a las secciones de uniformidad, linealidad, resolución-contraste en lesiones esféricas frías, en lesiones cilíndricas frías, en lesiones cilíndricas calientes y en lesiones rectangulares frías mostraron resultados satisfactorios tanto para el SPECT como para el SPECT-CT (Ver figura 2)

nes calientes cilíndricas a partir de los cortes tomográficos de la sección para estos fines del maniquí de Carlson, en esta sección muestran que el sistema es capaz de resolver este tipo de lesiones (cilíndricas) con nitidez hasta un diámetro de 11.4 mm

Por su parte, los resultados de las pruebas de control de calidad realizadas a la componente del CT demuestran que el equipo de tomografía computarizada evaluado se encuentra apto para su empleo en pacientes. La inspección física y visual del equipamiento y de la sala de estudios arrojó resultados satisfactorios que garantizan un empleo seguro y eficaz del componente CT. La evaluación de los parámetros geométricos tales

como la exactitud del desplazamiento de la mesa radiológica (desviación=0mm), la alineación del sistema en los tres ejes X, Y y Z (desalineación máxima=1.73mm), la simetría circular (máxima diferencia=0.83mm), la exactitud angular (desviación=0.10 °), la exactitud de la posición sobre el topograma y la verificación del ancho de los cortes tomográficos mostraron resultados en el rango de aceptación de estos parámetros.

La evaluación de parámetros de calidad de imagen también mostró resultados esperados; durante la evaluación de la resolución de bajo contraste se identificaron un número de 4 objetos, de 5 objetos visibles. Por otra parte, se obtuvo un valor de escala de contraste

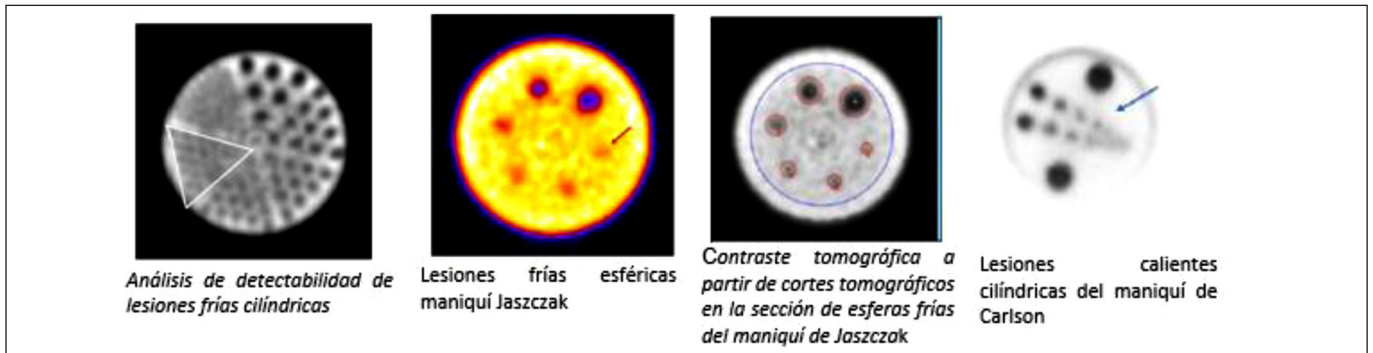


Figura 2 Resultados de la prueba de Funcionamiento Total

de  $2.01E-04$ , quedando registrado este resultado como valor de referencia. La evaluación de los números de CT para múltiples materiales mostró valores dentro de la tolerancia para cada uno de los 5 materiales evaluados [tabla 2], mientras que los resultados obtenidos en el cálculo del valor medio de número de CT en unidades de Hounfield (en medio agua) fue de 2,5, el ruido 0.28 y la uniformidad de 1.18.

Tabla 2. Número CT para diferentes materiales.

Material	#TC fabricante	#TC medido en la imagen	Diferencia (%)	#CT software	Diferencia (%)	Tolerancias (%)
Agua	0	1,93	1,93	2,00	1,93	±20%
LPDE	-65	-64,69	-0,48	-65,00	0,00	±20%
Teflón	940	965,7	2,73	978	4,04	±10%
Poliéstereno	-950	-998,70	5,13	-997,00	4,95	±10%
Ertalón	95	107,36	13,01	107	12,63	±20%

En las evaluaciones de las variables dosimétricas de la CT se obtuvieron resultados satisfactorios. Empleando protocolos de adquisición de exámenes de cráneo

el CTDIw fue de 34.40mGy y el PKL de 68.81mGy/cm, mientras que para exámenes de abdomen los valores de CTDIw y PKL fueron de 22.44mGy y 44.89 mGy/cm, respectivamente. Ambos resultados mostraron diferencias aceptables con los valores de dosis reportados por el fabricante.

Con referencia a las pruebas realizadas para la componente PET-CT, la mayoría de los resultados estuvieron acorde a las especificaciones técnicas del fabricante como se muestra en la Tabla número 3.

Dos de los parámetros evaluados (resolución energética y sensibilidad), estuvieron en el límite o por debajo de las especificaciones técnicas del fabricante. Sin embargo, al compararlos con los valores reportados durante las pruebas de aceptación de fábrica, los resultados fueron similares, por lo que fueron aceptados y tomados como valores de referencias para futuros controles de la calidad de la componente PET.

Finalmente, como parte de la puesta en servicio del sistema MEDISO SCP TRIO, se verificaron sus funciones básicas (colección y procesamiento de estudios convencionales de MN), así como las nuevas opciones del sistema para estos fines. En particular se evaluó la

Tabla 3. Resultados de la componente PET

PET	
Verificación de la resolución temporal del PET. TimeShift	Los resultados obtenidos fueron satisfactorios (FWHM < 2.3mnseg para todos los pares de módulos de detección)
Resolución Energética	Resolución energética promedio estimada fue igual a 14.5%.
Calibración y Control de Calidad del co-registro del sistema PET-CT	Corregistro relativo X=0.272m Y=0.283mm Z=0.092mm Corregistro absoluto X=1.385mm Y=0.157mm Z=-1.132mm
Evaluación de homogeneidad.	Los cortes reconstruidos se evaluaron en vistas axiales, coronales y sagitales mostrando una homogeneidad satisfactoria
Calibración/Verificación de la concentración radiactiva y estimación del SUV.	Los valores obtenidos para el factor e calibración (Ratio to Change=1.32) están en el rango). Los resultados de la evaluación del SUV estuvieron en un rango aceptable (0.96-1.00),
Resolución espacial del componente PET	Método 2D-FBP-FORE los valores se encuentran entre 4.50mm y 6.29mm Método TERA-TOMO los valores se encuentran entre 2.42mm y 2.90mm
Sensibilidad del Sistema PET	CFOV=3.72cps/kBq A 10cms del CFOV=3.67cps/kBq
Fracción de dispersión, pérdidas de conteos y medición de eventos aleatorios	Valor del Pico NECR Límite Inferior =25.2 kcps Posición del Pico NECR Límite Inferior =6.98KBq/ml Fracción de dispersión en el Pico Límite superior=41.20%
Calidad de imagen PET-CT	El análisis de estos valores versus los valores de referencia muestra que los resultados son satisfactorios

colección de estudios tomográficos con el set de colimadores multi-huecos (multi pin-hole collimators) para estudios de SPECT cerebral. Para coleccionar los datos se empleó el maniquí Derenzo, proporcionado por el fabricante, y se verificaron los protocolos específicos de adquisición y procesamiento de estos estudios. Por otra parte, se verificaron los modos de adquisición de cuerpo entero empleando diferentes velocidades de traslación, lo que permitió comprobar la correcta traslación de la camilla en el rango de escaneo programado y también el correcto funcionamiento de la opción de contornos automáticos.

Igualmente se verificó el correcto funcionamiento del modo de adquisición de cuerpo entero tomográfico, que permite coleccionar imágenes SPECT a lo largo de todo el organismo. Para ello se posicionaron 5 maniqués tridimensionales a lo largo de todo el campo de visión de cuerpo entero y se adquirió un SPECT de 5 camas en modo contorno. Las imágenes se procesaron y verificó su correcto funcionamiento con el paquete de software InterViewXP.

Por último, se evaluó la opción de colección de estudios en modo lista. Para ello se preparó un maniquí de corazón y se coleccionaron imágenes tomográficas en este modo. La reconstrucción de los estudios permitió simular diferentes tiempos de colección de los datos; las imágenes re-muestreadas fueron reconstruidas y procesadas, con resultados satisfactorios.

## Discusión

La evaluación de desempeño del sistema MEDISO SCP TRIO mostró resultados relevantes, en relación a parámetros de funcionamiento del SPECT como la resolución energética (<9%), la uniformidad intrínseca (<1.6%), la resolución espacial intrínseca (~3 mm) y la tasa de conteo máxima (> 700cps). La sensibilidad global del sistema, favorecida en 1/3 respecto a sistemas convencionales de 2 detectores, ofrece nuevas potencialidades para estudios como el Whole-Body SPECT y estudios de SPECT cardíaco en 360grados. La evaluación de parámetros tomográficos demostró que el sistema es capaz de resolver lesiones cilíndricas cuyo diámetro este en el orden de 7.5mm. Se obtuvo que los parámetros de calidad de imagen, geométricos y dosimétricos del componente CT cumplen de manera satisfactoria con los límites de aceptación.

La componente PET mostró parámetros de funcionamiento no tan relevantes, por ejemplo, la resolución energética y la sensibilidad del sistema. En particular, la sensibilidad arrojó resultados por debajo de las especificaciones técnicas del fabricante (valor reportado>4.0cps/kBq). Esta prueba se repitió en varias ocasiones, con resultados similares. Otros grupos que disponen de sistemas similares (MEDISO AnyScan CP) han reportado valores en el mismo rango. Por su parte,

la fracción de dispersión, pérdidas de conteos y medición de eventos aleatorios arrojaron resultados que están en el rango esperado y acorde con reportes previos del fabricante. Los resultados del presente estudio fueron registrados como valores de referencia para futuros controles de calidad y calibraciones.

## Conclusiones

Las pruebas de aceptación del sistema SPECT-CT-PET TRIO y la evaluación de sus parámetros de funcionamiento arrojaron resultados satisfactorios para cada una de las tres componentes del sistema y para los parámetros híbridos. Se evidenció un excelente desempeño de la componente SPECT-CT durante las labores de puesta a punto, evidenciando sus potenciales aplicaciones para investigaciones básicas y clínicas, para estudios de optimización y para mejoras de la calidad de las imágenes clínicas y su valor diagnóstico. La introducción a la práctica clínica del nuevo SPECT-CT-PET de triple cabezal Mediso AnyScan® SCP TRIO es un nuevo e interesante capítulo para la Medicina Nuclear en Cuba por todas las posibilidades que este brinda.

## Referencias bibliográficas

- [1]. EVEN-SAPIR E., KEIDAR Z and BAR-SHALOM R. Hybrid Imaging (SPECT/CT and PET/CT)—Improving the Diagnostic Accuracy of Functional/Metabolic and Anatomic Imaging, *Semin Nucl Med.* 2009; 39(4): 264-275.
- [2]. Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). Guía de seguridad para la práctica de medicina nuclear. La Habana: Cubaenergía, 2011.
- [3]. NEMA. Performance Measurements of Scintillation Cameras. NU 1-2001. USA, 2001.
- [4]. IAEA. Quality Assurance for SPECT Systems. IAEA Human Health Series No. 6. Viena: IAEA, 2009.
- [5]. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Acceptance testing and annual physics survey recommendations for gamma camera, SPECT, and SPECT/CT systems. The Report of AAPM Task Group 177. USA: American Association of Physicists in Medicine, 2019.
- [6]. Colectivo de autores. Control de Calidad de la Instrumentación de Medicina Nuclear, La Habana: Cubaenergía, 2011.
- [7]. IAEA. Quality assurance programme for computed tomography; diagnostic and therapy applications. IAEA Human Health Series No. 19, Vienna: IAEA, 2012.
- [8]. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). PET/CT acceptance testing and quality assurance. AAPM REPORT NO. 126. USA: American Association of Physicists in Medicine, 2019.
- [9]. NEMA. NEMA Standards Publication NU 2-2012. Performance measurements of positron emission tomographs. USA, 2013.
- [10]. NEMA. NEMA Standards Publication NU 2-2007. Performance measurements of positron emission tomographs. USA, 2007.
- [11]. IAEA. Quality assurance for PET and PET CT systems. IAEA Human Health Series No. 1 Vienna: IAEA, 2009.

**Recibido:** 28 de junio de 2021

**Aceptado:** 12 de julio de 2021