

# Evaluación de la uniformidad intrínseca de gammacámaras en dos hospitales de la Caja Costarricense del Seguro Social

Erick Mora Ramírez<sup>1</sup>, Isaac Mora-Zeledon<sup>2</sup>, Maikol Salas-Ramírez<sup>3</sup>.

1 - Servicio de Medicina Nuclear, Hospital San Juan de Dios. Universidad de Costa Rica, Escuela de Física y Escuela de Tecnologías en Salud. San José, Costa Rica..

2 - Servicio de Medicina Nuclear, Hospital San Juan de Dios. Universidad de Costa Rica, Escuela de Física. San José, Costa Rica..

3 - Servicio de Medicina Nuclear, Hospital México, San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Escuela de Física..

## Resumen

Es bien conocido que en diagnóstico por imágenes, los procedimientos de control de calidad son importantes para verificar el correcto funcionamiento de los equipos ante ciertas condiciones de irradiación que son invariables durante el tiempo. En la Caja Costarricense del Seguro Social se ha logrado incorporar progresivamente físicos médicos en los servicios de medicina nuclear, a fin de verificar y llevar a cabo los controles de calidad de los equipos. Una de las primeras labores cumplidas por estos profesionales fue desarrollar un sistema de gestión digital de datos de control de calidad de los equipos. El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados de las evaluaciones de uniformidad intrínseca llevadas a cabo en equipos de medicina nuclear, resaltando las características de desempeño de los mismos durante aproximadamente cinco años de información sobre uniformidad intrínseca de las cámaras acumulada y analizada en el Hospital San Juan de Dios, y de casi dos años en el Hospital México.

Palabras clave: Uniformidad intrínseca, control de calidad, gammacámara.

## Abstract

It is well known that in diagnostic imaging, quality control procedures are important to verify the correct performance of the equipment under certain irradiation conditions that do not vary over time. At the Caja Costarricense del Seguro Social, in the past few years medical physicists have been incorporated in order to verify and carry on quality control tests in the instruments of the nuclear medicine departments. One of the first tasks was to develop a digital management system of data resulting from quality control tests. The aim of this work is to present the results of the analysis of approximately five years of cumulated data from gamma camera intrinsic uniformity evaluation at the San Juan de Dios Hospital, and almost two years at the Mexico Hospital.

Key words: Intrinsic uniformity, quality control, gamma camera.

## Introducción

El control de calidad de los instrumentos es fundamental en medicina nuclear para detectar alteraciones en su desempeño y aplicar medidas correctivas que permitan una interpretación adecuada de las imágenes. En la literatura se pueden encontrar numerosas publicaciones destacando la importancia de disponer de programas de control de calidad<sup>(1, 2, 3)</sup> y en algunos casos se menciona la conveniencia de que se encuentren ligados a programas de aseguramiento de la calidad<sup>(4)</sup>, para lo cual es ideal contar con físicos médicos para la evaluación de desempeño del equipamiento.

Desde hace aproximadamente cinco años, la Caja Costarricense del Seguro Social ha venido incorporando físicos médicos a los servicios de medicina nuclear; el proceso se inició en el Hospital San Juan de Dios (HSJD) con un profesional, más tarde otro físico médico se unió al Hospital México (HM) y recientemente un segundo profesional al Hospital San Juan de Dios. Se espera que en poco tiempo se pueda estar incorporando otro profesional al servicio de medicina nuclear del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia (HRACG).

Dentro de las múltiples funciones que realiza el físico médico<sup>(5)</sup> se encuentra la realización de las pruebas de control de calidad

de los equipos. Una de estas pruebas es la evaluación de la uniformidad intrínseca de las gammacámaras, que pretende evaluar el funcionamiento del instrumento ante un campo uniforme de fotones, sin que se encuentre colocado el colimador del equipo. Esta prueba es generalmente llevada a cabo por los profesionales en imagenología – o técnicos de medicina nuclear – y procesada y analizada por el físico médico del servicio.

Una de los aspectos clave de todo programa de control de calidad es el seguimiento que se lleva a cabo en los equipos con tal de establecer el rendimiento de los mismos a lo largo del tiempo. En el año 2008 se publicó información respecto al funcionamiento de tres gammacámaras del HSJD<sup>(6)</sup>, datos que fueron referidos a equipos de marca ADAC. Para este artículo se analizan datos correspondientes a una gammacámara ADAC modelo Thyurus del HSJD y dos gammacámaras Siemens modelo E.cam, una instalada en el HSJD y otra en el HM. Los datos incluidos corresponden al análisis de la uniformidad integral y uniformidad diferencial de estos equipos<sup>(6)</sup>.

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados de las evaluaciones de uniformidad intrínseca llevadas a cabo a estos equipos, con el fin de resaltar las características de desempeño de los mismos durante aproximadamente cinco años de información recogida y analizada en el HSJD y durante casi dos años en el HM. Los equipos Siemens se encuentran totalmente operativos en ambos servicios; la cámara ADAC Thyurus del HSJD se encuentra en uso aunque al final de su vida útil, mientras que un equipo similar del HM fue dado de baja hace un año y no se incluye en el análisis.

## Método

### a) Equipos Siemens.

Los equipos Siemens modelo E.cam, de dos detectores, tienen una forma de evaluación de la uniformidad intrínseca algo particular. En ellos se colocan los detectores a 36 cm de radio, sin colimadores; para el análisis de uniformidad intrínseca el equipo cuenta con un dispositivo que permite colocar una fuente puntal en medio de ambos detectores. La fuente se prepara con una actividad de 25  $\mu\text{Ci}$  (microcuries) y se verifica que la tasa de conteo sea inferior a las 45 kcps (kilocuentas por segundo); se utiliza una matriz de 1024x1024 pixeles y se adquieren 40 millones de cuentas en total. Se verifica previamente que la ventana de energía sea de 15%, centrada en el fotopico de 140 keV. Al analizar este tipo de evaluación, se puede pensar preliminarmente que los resultados serán erróneos debido a que no se garantiza una distancia entre la fuente y el detector de 5 campos de visión, según se recomienda generalmente. Sin embargo, el programa de procesamiento de datos toma en cuenta esta variable corrigiendo la imagen generada y estimando los valores de uniformidad integral y diferencial. Nuestro propósito no es comparar los resultados evaluados por el método del fabricante con otros métodos de evaluación propuestos, como por ejemplo los mencionados por la National Electrical Manufacturers Association (NEMA)<sup>(7)</sup>, sino que se trata de evaluar los resultados a lo largo del tiempo, debido a que es la forma que se utiliza en los servicios para conocer el desempeño diario de los equipos y su tendencia a mediano plazo.

### b) Equipo ADAC Thyurus.

El equipo ADAC modelo Thyurus posee un menú de mantenimiento basado en pruebas recomendadas por la NEMA<sup>(7)</sup>. Al ejecutar la prueba de uniformidad intrínseca, el sistema selecciona un protocolo en el que se adquieren 8 millones de cuentas, para una ventana de energía de 20% centrada en 140 keV, en una matriz de 256 x 256. Se utiliza una fuente casi puntal de actividad ( $\sim 300 \mu\text{Ci}$ ), colocada a un mínimo de 2 m de distancia y brindando una tasa de conteo entre 10.000 a 20.000 cuentas por segundo<sup>(8)</sup>, lo que permite una evaluación cuantitativa de la imagen. Luego se adquiere una segunda imagen separada, utilizando el mismo protocolo pero acumulando solamente 2 millones, lo que permite evaluar la imagen cualitativamente.

### c) Límites de aceptación.

Para la uniformidad intrínseca de todos los equipos se fijó un límite superior aceptable de 3,5% respecto a la uniformidad integral y de 2,5% para la uniformidad diferencial, considerando tanto el campo de visión útil (UFOV) como central (CFOV).

## Resultados y discusión

### a) Equipo Siemens HSJD.

En las tablas 1 y 2 se muestran los resultados de la uniformidad integral y diferencial para el detector 1 y 2 respectivamente de la cámara Siemens E.cam del HSJD. Los datos relacionados al promedio muestran que están dentro de valores reportados en la literatura<sup>(9, 10)</sup>. Los valores que superan los límites establecidos de 3,5% y 2,5% para la uniformidad integral y diferencial respectivamente corresponden a días donde se presentaron problemas con tubos fotomultiplicadores del equipo, los que fueron sustituidos ya que presentaron daños severos.

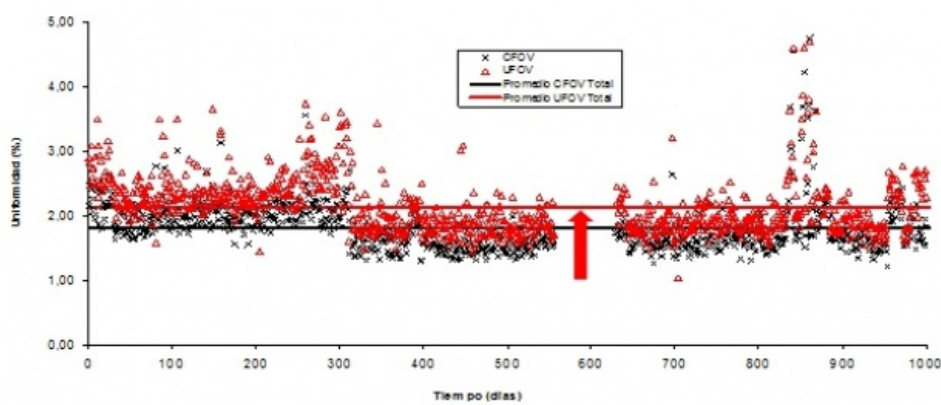
**Tabla 1.** TE.cam HSJD. Resultados de la uniformidad integral y diferencial del detector 1.

Parámetro	Uniformidad Integral		Uniformidad Diferencial	
	CFOV	UFOV	CFOV	UFOV
Promedio	1,809	2,143	1,209	1,425
Desvío Estándar	0,368	0,432	0,246	0,291
Valor Máximo	4,75	4,7	3,47	2,78
Valor Mínimo	1,22	1,05	0,82	0,96

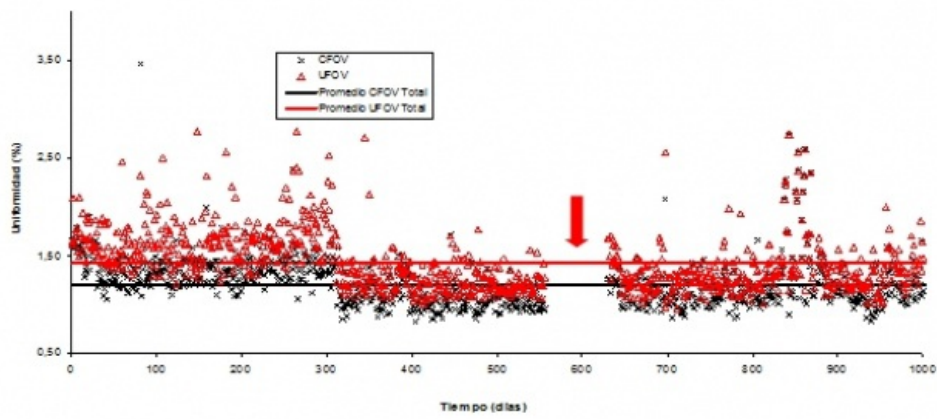
**Tabla 2.** E.cam HSJD. Resultados de la uniformidad integral y diferencial del detector 2.

Parámetro	Uniformidad Integral		Uniformidad Diferencial	
	CFOV	UFOV	CFOV	UFOV
Promedio	1,82	2,14	1,24	1,45
Desvío Estándar	0,308	0,344	0,205	0,254
Valor Máximo	3,91	4,49	2,21	2,59
Valor Mínimo	1,12	1,15	0,50	0,94

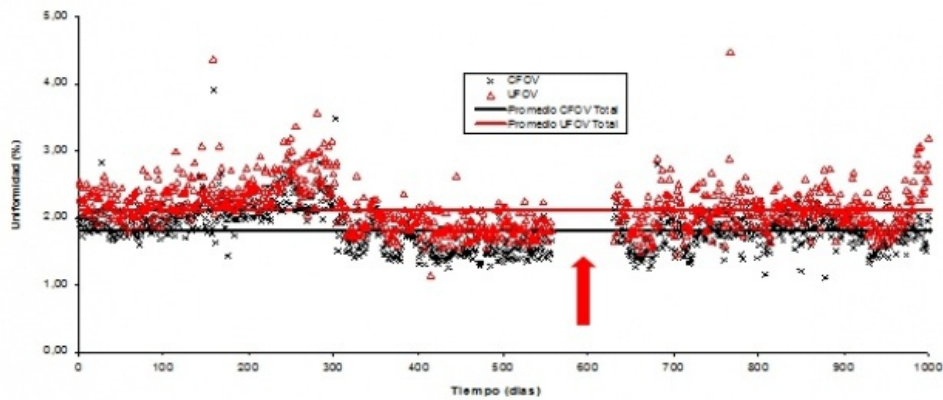
En las figuras 1, 2, 3 y 4, se muestran la variación de la uniformidad integral y diferencial para el detector 1 y 2 por un aproximado de 1000 días de medición (aproximadamente 5 años). Las flechas de color rojo señalan el periodo en que no se dispuso de material radiactivo debido a la escasez mundial del <sup>99</sup>Mo. Las figuras muestran puntos que han superado nuestro límite superior de aceptación para ambos tipos de uniformidad. Por otro lado, debido a la intervención de la empresa que brinda el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo, se han corregido situaciones donde los valores de uniformidad se han mostrado fuera del rango aceptable. En las gráficas es posible apreciar que en los primeros 300 días los valores de uniformidad son habitualmente mayores a nuestros estándares, lo que puede deberse a problemas que existían con el aire acondicionado de los recintos. Posteriormente a eso, se logró establecer un contrato de mantenimiento del sistema de aire acondicionado, lo que ha derivado en una estabilización del sistema.



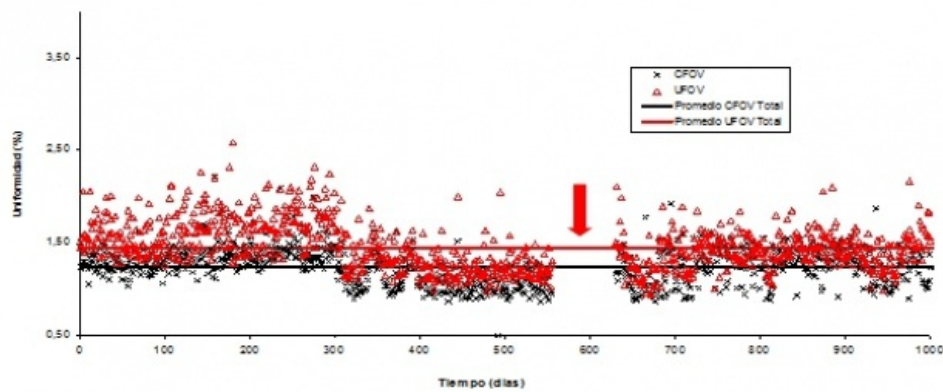
**Figura 1.** E.cam HSJD. Uniformidad integral en función del tiempo para el detector 1.



**Figura 2.** E.cam HSJD. Uniformidad diferencial en función del tiempo para el detector 1.



**Figura 3.** E.cam HSJD. Uniformidad integral en función del tiempo para el detector 2.



**Figura 4.** E.cam HSJD. Uniformidad diferencial en función del tiempo para el detector 2.

#### b) Equipo Siemens HM.

Los datos que se muestran en las tablas 3 y 4 son resultado del análisis de la uniformidad integral y diferencial de los dos detectores del equipo Siemens E.cam del HM. En las figuras 5, 6, 7 y 8 se presentan los resultados para el comportamiento del sistema por unos 250 días aproximadamente. Observando los resultados, se puede ver que se superan los límites establecidos y mencionados anteriormente; nótese que en especial se supera para los valores de la uniformidad integral, ya en el caso de la uniformidad diferencial se encuentran puntos que superan este límite por escaso porcentaje. Cabe mencionar que estas figuras no incluyen el período de escasez de  $^{99}\text{Mo}$ , ya que el físico médico se integró al servicio en setiembre de 2010, fecha posterior a dicho período.

Tabla 3. E.cam HM. Resultados de la uniformidad integral y diferencial del detector 1.

Parámetro	Uniformidad Integral		Uniformidad Diferencial	
	CFOV	UFOV	CFOV	UFOV
Promedio	1,876	2,288	1,305	1,561
Desvío Estándar	0,262	0,293	0,189	0,205
Valor Máximo	3,640	3,820	2,68	2,68
Valor Mínimo	1,450	1,340	1,050	1,260

Tabla 4. E.cam HM. Resultados de la uniformidad integral y diferencial del detector 2.

Parámetro	Uniformidad Integral		Uniformidad Diferencial	
	CFOV	UFOV	CFOV	UFOV
Promedio	1,91	2,3	1,316	1,568
Desvío Estándar	0,2	0,319	0,158	0,2
Valor Máximo	2,84	4,760	2,6	2,75
Valor Mínimo	1,47	1,230	1,08	1,22

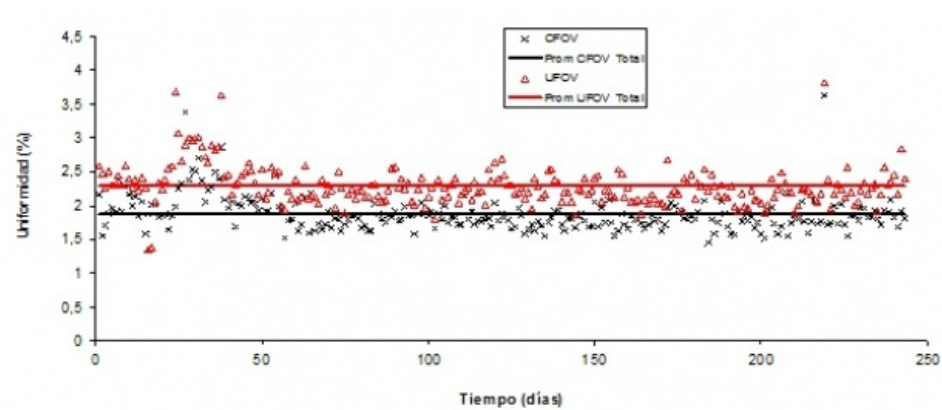


Figura 5. E.cam HM. Uniformidad integral en función del tiempo para el detector 1.

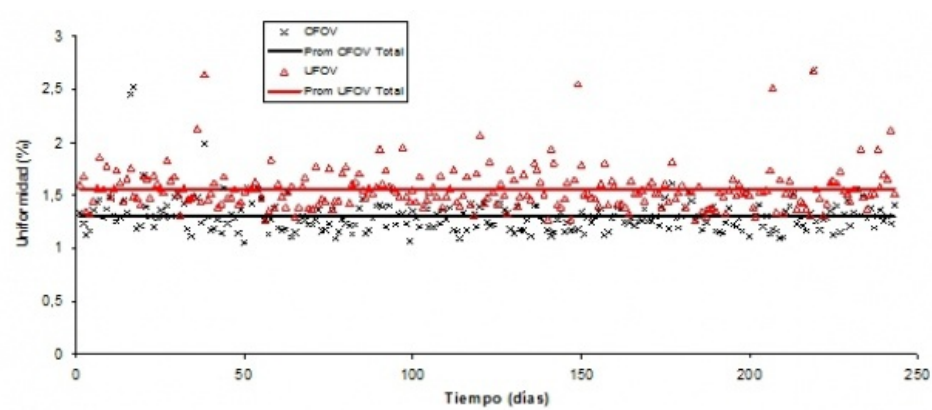
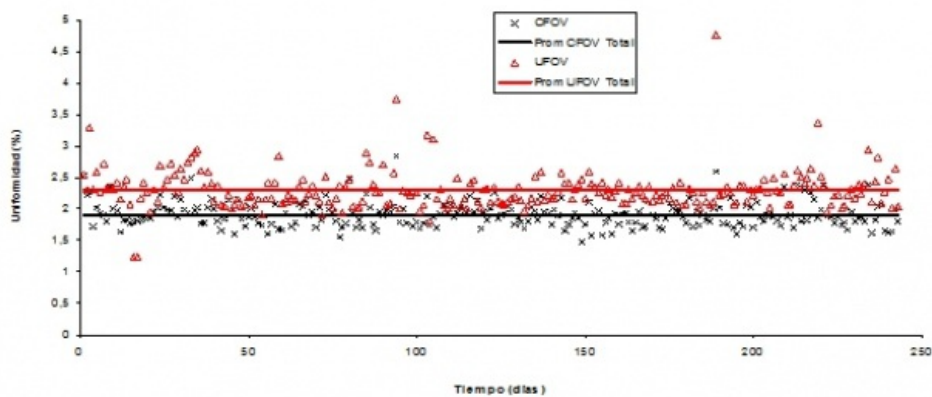
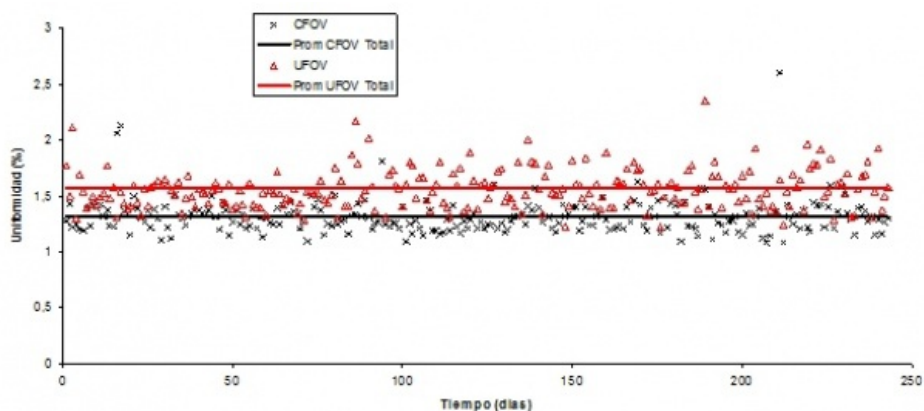


Figura 6 E.cam HM. Uniformidad diferencial en función del tiempo para el detector 1.



**Figura 7.** E.cam HM. Uniformidad integral en función del tiempo para el detector 2.



**Figura 8.** E.cam HM. Uniformidad diferencial en función del tiempo para el detector 2.

En el HM, los mayores inconvenientes que han afectado los parámetros de uniformidad han estado vinculados al suministro de electricidad, debido a la presencia de fluctuaciones importantes en el flujo eléctrico. En algunas ocasiones, esto ha causado la interrupción del trabajo con la gamma cámara debido principalmente a que la fuente de respaldo (UPS) se descarga y el equipo aparece apagado al día siguiente, lo que provoca una suspensión por más de seis horas hasta lograr la estabilidad del sistema y garantizar la obtención de una correcta uniformidad.

#### c) Equipo ADAC Thyrus.

En la tabla 5 se observan los datos correspondientes al equipo ADAC, los cuales arrojan valores que superan los límites establecidos. Este análisis se expresa con mayor detalle en las figuras 9 y 10, donde se puede apreciar que aproximadamente cada 100 días se debe estar ajustando el equipo, debido principalmente a que se trata de un instrumento al límite de su vida útil cuyo uso se ha ido extendiendo gracias a un estricto mantenimiento preventivo y correctivo. Los ajustes están relacionados con el centrado del fotopico y la generación de una nueva matriz de uniformidad, en forma periódica a intervalos ya previsibles tanto por el personal de imagenología como por los físicos médicos del SMNHSJD.

Los datos fueron recogidos a lo largo de aproximadamente 1000 días, pudiendo notarse el periodo durante el cual no hubo aprovisionamiento de  $^{99}\text{Mo}$ . En un trabajo previo<sup>(6)</sup> se había podido observar este fenómeno aproximadamente cuatro años atrás aunque en menor escala; con los nuevos datos y abarcando mayor tiempo, es posible apreciar una tendencia a la periodicidad.

Cabe mencionar que el SMNHSJD ya inició las acciones correspondientes para lograr la sustitución de esta cámara de campo de visión pequeño, ya que como se mencionó previamente, el equipo se encuentra al final de su vida útil y presenta marcada inestabilidad. Un equipo similar instalado en el HM dejó de funcionar por un daño que se consideró irreparable y fue dado de baja.



Tabla 5. ADAC Thyrus HSJD. Resultados de la uniformidad integral y diferencial.

Parámetro	Uniformidad Integral		Uniformidad Diferencial	
	CFOV	UFOV	CFOV	UFOV
Promedio	1,82	2,11	1,35	1,54
Desvío Estándar	0,433	0,668	0,298	0,488
Valor Máximo	4,07	4,34	2,85	3,34
Valor Mínimo	1,01	1,04	0,82	0,84

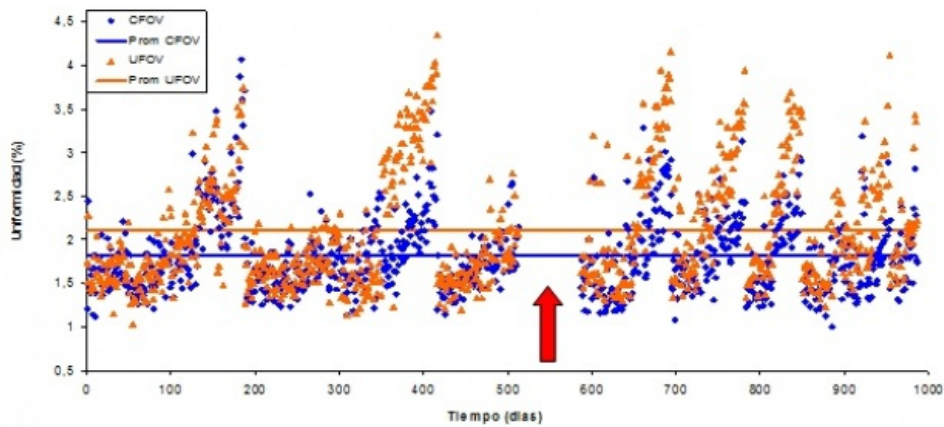


Figura 9. ADAC Thyrus HSJD. Uniformidad integral en función del tiempo.

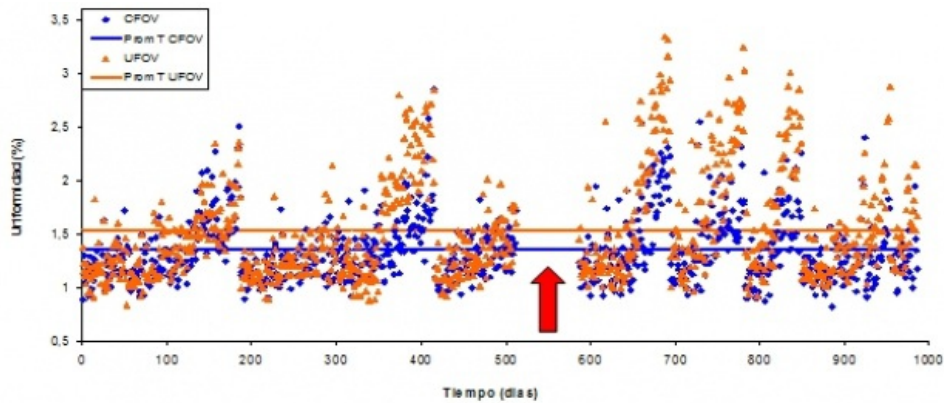


Figura 10. ADAC Thyrus HSJD. Uniformidad diferencial en función del tiempo.

## Conclusiones

En ambos hospitales las gammacámaras Siemens muestran gran estabilidad a pesar de haber presentado algunos fallos en sus tubos fotomultiplicadores, esto último en el SMNHJSD. La cámara ADAC modelo Thyrus debe ser ajustada aproximadamente cada tres meses por factores electrónicos, probablemente debido a que se encuentra al final de su vida útil. El gerenciamiento digital de los datos en el marco de un programa de Control de Calidad permite un análisis del desempeño de los equipos de medicina nuclear a lo largo del tiempo, detectando períodos de inestabilidad que ayudan a establecer las necesarias medidas preventivas y correctivas, o aún aconsejar el reemplazo de un instrumento.

## Referencias

01. Hines H, Kayayan R, Colsher J, et al. Recommendations for implementing SPECT instrumentation quality control. Eur J Nucl Med 1999;26:527-32.
02. Busemann-Sokole E, Plachcńska A, Britten A, et al. Routine quality control recomendations for nuclear medicine intrumentation. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2010;37:662-71.
03. Quality control atlas for scintillation camera systems. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003.

04. Quality management audits in nuclear medicine practices. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2008.
05. El físico médico: Criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en América Latina. Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, 2010.
06. Mora-Ramírez E. Intrinsic flood-field uniformity evaluation. Publicado en el Proceedings 12th IRPA, 19-24 Octubre 2008. <http://www.irpa12.org.ar/index.php>.
07. Performance Measurements of Scintillator Gamma Cameras. National Electrical Manufacturers Association Standards Publication No. UN-1-12001. Washington DC, 2001.
08. ADAC Thyris Operator's Manual, Version 3.5, 1996.
09. Cherry SM, Sorenson JA, Phelps ME. Physics in Nuclear Medicine. Saunders, Philadelphia, USA, 2003; pp. 227.
10. Zanzonico P. Routine quality control of clinical nuclear medicine instrumentation: A brief review. J Nucl Med 2008;49:1114-31.