

Evaluación “a distancia” de calidad de imagen en Tomografía Computada: validación de una herramienta

Adlin López Díaz, Rey Daniel Almeida Montes, Jeniffer Garrido Reyes, Carlos Fabián Calderón Marín, Leonel Alberto Torres Aroche y Yudmila Reyes González

1. INTRODUCCION (OBJETIVOS)

Este trabajo tuvo el objetivo de verificar una herramienta automatizada, que permite evaluar de forma versátil y amplia, parámetros cuantitativos de CI (CCI), a partir del procesamiento remoto o in situ de las imágenes DICOM generada con los maniqués disponibles en cada institución.

2. METODOLOGIA

Este trabajo forma parte de las verificaciones para la puesta en marcha de una aplicación (denominada EvaCT), desarrollada por la primera autora en MATLAB 7.8.0 versión 2009a, que puede calcular un conjunto de parámetros de calidad de imagen a partir de las imágenes DICOM generadas por equipos de TC en maniqués variados, destinados al CCI.

Procesa las imágenes seleccionadas por el usuario para cada conjunto de pruebas de CI. Las pruebas y metodologías empleadas en la herramienta se describen en la tabla 1, que recoge todos los procesamientos realizados y sus detalles más importantes. Siempre que los parámetros obtenidos por EvaCT tuvieron contraparte de cálculo por el fabricante (parámetros clásicos), se compararon estadísticamente y se aplicaron los niveles de tolerancias establecidos por el fabricante; cuando no fue posible se empleó como criterio el Protocolo Nacional [2] y/o las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) [8]. Para la comparación de variables numéricas clásicas se empleó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon (no paramétrico, pareado) con nivel de confianza del 95% y $p < 0,05$ de significación estadística (IBM SPSS Statistics 20, IBM, Armonk, NY). En los casos de las variables y/o pruebas no referidas por el fabricante (descritas en este caso como no clásicas) como la resolución de bajo contraste, la escala de contraste, la relación contraste ruido, el FWHMp y FWHMbp; etc. se analizó su comportamiento temporal, así como la relación física existente y su dependencia a través de la estimación del coeficiente de correlación muestral de Pearson, con nivel de confianza del 95% y $p < 0,05$ de significación estadística. Se establecieron los valores promedio y las desviaciones estándar (DE) para emplear como referencia para futuras evaluaciones (referencia y/o línea de base).

Tabla 1

Parámetros y/o pruebas	Metodología y/o expresión	Notas
Ruido *	Se siguen indicaciones del protocolo nacional.[2]	La evaluación del ruido se ejecutará no sólo en la imagen central, sino también en aquellas más externas.
Número de TC *	Se siguen indicaciones del protocolo nacional. [2]	La ROI en agua o equivalente. Verificar que no existan artefactos.
Uniformidad de No. de TC*	Se siguen indicaciones del protocolo nacional. [2]	Verificar que no existan artefactos.
Linealidad de los números de TC y Escala de Contraste**	Se siguen indicaciones del protocolo nacional. [2] por ajuste lineal o por diferencias absolutas	El número de lesiones depende del maniqué. En caso de aplicarse el ajuste lineal, verificar el R^2 del ajuste ($R^2 \geq 0,95$). El valor de la pendiente de la gráfica obtenida en la prueba de linealidad del número TC
Resolución de bajo contraste**	Se siguen indicaciones del protocolo nacional. [2]	Lesiones/estructuras de materiales con bajo número atómico efectivo (ejemplo: acrílico y aire)
Distorsión espacial*	Se siguen indicaciones del protocolo nacional. [2]	La imagen debe ser siempre circular nunca elíptica.
Resolución Espacial de alto contraste***	Se calcula el $FWHM_{50\%}$, según elección del usuario, acorde con el maniqué, por metodologías variadas: 1.- Empleando alambres o lesión puntual de alto contraste, ajuste función gaussiana, acotado como FWHMp. [2-4] 2.- Empleando estructuras circulares o cuadradas de materiales definidos a partir del ajuste de la Función de dispersión de borde. Acotado como FWHMbp. [5,6]	EvaCT tiene la capacidad de calcular la resolución espacial a partir de perfiles en X e Y, sobre un punto de material (función puntual) de alto contraste o a partir de alambres ubicados en dirección de ambos ejes. [2-4] Puede determinarse también la resolución espacial sobre estructuras de materiales conocidos, trazando perfiles en dirección de los ejes X e Y, que van desde el centro de la estructura, hasta una vecindad fuera de ella. [5,6]
Relación Contraste-Ruido**	Según la expresión: $RCR = \frac{VMP_{estructura} - VMP_{fondo}}{\sqrt{\frac{DE_{estructura}^2 + DE_{fondo}^2}{2}}}$	A partir de regiones de interés definidas sobre cada lesión/ estructura del maniqué, y el material de fondo, VMP es el número de HU promedio en estructura o fondo y DE es la desviación del número de HU respectivamente.[3,4,5,6]

4. CONCLUSIONES

La herramienta EvaCT fue capaz de evaluar satisfactoriamente los parámetros cuantitativos de calidad de imágenes en un equipo Mediso de forma diferida, brindando además una mayor información sobre las métricas relacionadas con la calidad de imagen, por lo que supera la información disponible y aumenta las potencialidades del mismo. Después de un estudio inicial, esta herramienta permite instaurar los valores de referencia del equipo y comparar resultados en el tiempo, como elemento facilitador para establecer un monitoreo sistemático, favoreciendo a largo plazo la implementación de la normativa nacional y su consolidación, así como la creación de estrategias de intervención en caso necesario.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS IMPRESCINDIBLES

- CECMED, "Resolución CECMED No.43/2021. Regulación E 95-21 Protocolo para el Control de Calidad a Equipos de Tomografía Computarizada, CECMED,." CECMED, 2021.
- Almeida Montes, Rey Daniel (2022) Implementación de un sistema para evaluación a distancia de parámetros de calidad de imagen de Tomografía Computarizada. [tesis de licenciatura] Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas InSTEC-UH, Departamento de Física Nuclear, Universidad de La Habana.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los parámetros calculados por la herramienta EvaCT, en estos 17 exámenes completos, se muestran y discuten a continuación. Los resultados de los valores promedios por corte (0,525 mm, 5 mm y 10 mm) y su desviación estándar para los parámetros como el Número de TC, Ruido, Uniformidad, Distorsión espacial, Artefactos, Parámetros relacionados con la sensibilidad y la Relación Contraste Ruido, se reportan en la Tabla 2.

Tabla 2

Parámetros y/o estructura	Corte 0,625 mm		Corte 5 mm		Corte 10 mm	
	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE
Número de TC (en agua) (UH)	1,3	0,6	0,7	0,9	0,6	0,6
Ruido (%)	0,9	0,1	1,5	0,8	1,1	0,7
Uniformidad (UH)	0,4	0,4	0,8	0,7	0,6	0,6
Distorsión (mm)	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4
Artefactos	No se Observan					
Números de HU por estructura						
Polystyrene* 950 ± 10%	-994	1,9	-964,1	19,2	-968,4	19,9
Teflón* 10%	940 ±	959	4,4	925,5	14,8	931
Ldpe* 20%	-64 ±	-64,5	2,4	-65,5	1,8	-64,8
Ertalon* 20%	95 ±	109	2,3	101,8	2,6	103,1
Delrin* 10%	325 ±	359	1,9	344,9	6,7	347,1
Acrylic* ± 20%	130	140	2,8	133	2,9	134,7
Escala de contraste	0	4,0E-07	1,9E-04	3,0E-06	1,9E-04	3,8E-06
Resolución de contraste	0	3,5E-06	2,3E-04	5,0E-06	2,3E-04	4,5E-06
R ² (rango)	0.98-1		0.98-1		0.99-1	
RCRp por estructura						
Polystyrene	-130	25,6	-130,8	120,4	-178	141,7
Teflón	-6,9	0,9	-8,5	8	-10,8	8,5
Ldpe	11,8	2,1	12,2	10,7	18,9	16,4
Ertalon	15,4	2,6	16,2	14,3	24,8	20,8
Delrin	38,4	5,9	43,8	40,9	64,8	56
Acrylic	96,5	10,2	106,1	96,2	153,1	125,4

Tabla 3

Estudio	corte 0,625mm		corte 5,0mm		corte 10mm	
	FWHM _{bp} (mm)	FWHM _p (mm)	FWHM _{bp} (mm)	FWHM _p (mm)	FWHM _{bp} (mm)	FWHM _p (mm)
1	0,8	1,5	1,6	1,0	1,4	0,8
2	0,8	1,5	1,6	1,0	0,5	1,5
3	0,6	1,4	0,5	1,5	0,5	1,5
4	0,7	1,0	1,9	0,9	1,0	0,9
5	0,7	1,5	0,6	1,0	0,8	1,5
6	0,7	1,4	1,4	1,0	0,7	1,0
7	0,8	1,5	0,5	1,5	1,0	1,0
8	0,8	1,5	1,2	0,8	0,8	0,9
9	0,8	1,5	1,3	0,8	1,3	0,8
10	0,8	1,5	0,9	1,0	0,5	1,5
11	0,7	1,4	0,6	1,5	0,7	1,0
12	1,0	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5
13	0,8	1,5	1,3	1,0	0,9	1,1
14	0,8	1,5	1,1	0,9	0,9	1,0
15	0,7	1,5	0,4	0,7	0,5	1,5
16	0,7	1,5	1,3	0,8	0,7	1,0
17	0,9	1,4	0,8	1,0	0,5	1,5
Promedio	0,8	1,4	1,0	1,0	0,8	1,2
DE	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3
Correlación estadística de los parámetros con la RCRp						
Parámetros	r	p	r	p	r	p
Escala de contraste	0,2	0,4	-0,8	~0	-0,8	~0
Resolución de BC	0,1	0,8	-0,8	~0	-0,7	0,003
FWHM _{bp}	-0,3	0,2	-0,6	0,016	-0,6	0,012
FWHM _p	-0,3	0,2	0,6	0,007	0,8	~0

CONTACTO

Adlin López Díaz, PhD. adlinlopez2607@gmail.com