

IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE REGISTRO DOSIMÉTRICO. EVALUACIÓN INICIAL DE RESULTADOS OBTENIDOS.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: Eugenio Sánchez Aparisi, Víctor Moreno Ballester, Raúl Mut Pons, Elsa Alonso Muñoz, Vanesa Galindo Tomás, Verónica Sáiz Blasco

Objetivos Docentes

El objetivo de este trabajo es exponer los cambios efectuados en la dinámica del servicio y en los protocolos técnicos de trabajo derivados de la implantación de un sistema de registro automático de dosis y de la evaluación posterior de los resultados recogidos.

Revisión del tema

El incremento de la actividad radiológica derivada de la mejora en la resolución temporal y espacial de los equipos de imagen médica y su uso cada vez más extendido como elemento decisivo en la toma de decisiones clínicas, es un hecho objetivo de la práctica asistencial actual (1).

El beneficio clínico de la realización de pruebas de imagen médica basadas en radiaciones ionizantes justifica el riesgo que supone la radiación de los diferentes tejidos relacionado con la magnitud de la dosis absorbida. Existe un riesgo determinista dependiente de dosis altas, y por ello poco probable en TC, y un riesgo estocástico, que se corresponde con carcinogénesis y efectos genéticos en la descendencia del individuo irradiado constituyendo la principal preocupación cuando adultos y niños se someten a una TC. El riesgo estocástico de la radiación no parece tener dosis umbral, y la carcinogénesis se considera en la actualidad mucho más importante que los efectos genéticos. El riesgo total de un paciente se relaciona con la dosis efectiva, que depende de la dosis en cada órgano, medida en sieverts (Sv), así como de la radiosensibilidad de estos (2,3,4).

Existe una mayor incidencia de cáncer, estadísticamente significativa, en población irradiada en un rango de 50 mSv, es decir, en el espectro de la radiología convencional y la TC (5).

De forma estándar, la intensidad de radiación en los exámenes de TC se basa en una medida dosimétrica llamada CTDI (Computed Tomography Dose Index), la cual se mide sobre un fantoma acrílico de 16 o 32 mm de diámetro en estudios de cabeza y cuerpo respectivamente en miligray (mGy) (5).

La cantidad total de radiación que incide en un paciente concreto o DLP (Dose Length Product) es el producto del CTDI y la longitud del escáner (en cm) y se mide en milligray por centímetro (mGy*cm). De esta forma el DLP tiene en cuenta la intensidad de la radiación (CTDI) y la longitud del examen siendo por tanto indicativo de la cantidad total de radiación utilizada para la realización de un examen concreto de TC.

El CTDI y DLP son los parámetros estandarizados de dosis en CT y deben ser especificados tanto en los protocolos técnicos de trabajo como en las especificaciones de las características técnicas de los equipos para comparación de dosis respecto de niveles internacionales de referencia y para evaluación de las diferentes tecnologías de reducción de dosis.

Por otro lado el riesgo es proporcional a la dosis acumulada en los órganos y cada exploración contribuye pues a la exposición durante la vida. La radiación en adultos y personas mayores no conlleva el mismo riesgo de cáncer que en niños debido a que muchos cánceres inducidos por la radiación, en particular tumores sólidos, no se manifestarán durante décadas. De este modo la dosis de radiación administrada es especialmente importante en niños por el aumento relativo del riesgo de cáncer en los años de vida comparado con los adultos (5, 6, 7, 9).

Así, los estándares de calidad en radiodiagnóstico y de protección radiológica justifican la necesidad de revisar de forma permanente las dosis administradas durante la realización de los estudios de imagen, con especial atención a las modalidades de mayor irradiación y en la población pediátrica.

Recientes normativas europeas en materia de protección radiológica establecen la obligatoriedad de las instituciones de contar, de forma obligatoria a partir de 2018, con sistemas que garanticen el registro de las dosis administradas en el curso de exploraciones de imagen médica basadas en el uso de radiaciones ionizantes (8).

Los sistemas automáticos de registro obtienen la información de los datos contenidos en la cabecera DICOM de las imágenes realizadas con equipos de adquisición digital, gestionando datos tanto de la actividad realizada, tipo de protocolos utilizados, distribución horaria, de los técnicos especialistas y radiólogos responsables del estudio, de las series y dosis de radiación administrada en las diferentes modalidades (Tomografía Computarizada, mamografía, fluoroscopia y radiología convencional), como demográficos y morfométricos de los pacientes. (Imagen 1)

El análisis de esta información, permite tomar decisiones organizativas en cuanto a la distribución de la actividad e identificar la variabilidad de la práctica asistencial y las áreas de mejora relacionadas con la optimización de los protocolos técnicos, incidiendo así de forma directa en la seguridad clínica y en la mejora de la calidad asistencial al establecer como objetivo la mejora de la relación calidad de imagen-dosis. (Imagen 2 y 3)

El establecimiento de Alertas por protocolo y por paciente, permite identificar exploraciones que exceden el umbral de dosis establecido en los estándares de las sociedades científicas de referencia y la elaboración de un historial dosimétrico por paciente que recoge las dosis acumuladas en las distintas exploraciones identificando aquellos pacientes que han recibido dosis efectivas altas potencialmente lesivas o que requieran vigilancia. (Imagen 4 y 5)

RESULTADOS

La implementación del sistema coincide con la apertura del nuevo hospital de Gandía y con la instalación del equipamiento de imagen totalmente digital que incluye dos equipos de TAC de 64 y 128 detectores, mamógrafo con tomosíntesis, dos arcos quirúrgicos y de intervencionismo, así como cuatro

equipos de radiología convencional y un equipo portátil. A la circunstancia del cambio en cuanto al espacio físico del servicio, hay que añadir el hecho de tratarse de nuevos equipos no conocidos por los profesionales y con mayores prestaciones, implicando así un período inicial de formación y de actividad “en rodaje” con menores tasas de actividad y con incorporación progresiva de protocolos en los diferentes equipos (cardio CT, Colono CT, Perfusión CT, Volume Rad, Tomosíntesis, Telemando digital).

Los informes iniciales muestran de forma descriptiva las exploraciones realizadas por frecuencia, edad y protocolo, identificando la distribución de los protocolos más usados en cada equipo y las dosis emitidas de forma más habitual.

Tras la evaluación inicial identificamos como primera medida la necesidad de registrar datos antropométricos (peso y altura) y edad del paciente para disminuir el rango de dispersión de valores de dosis obtenidos al ser éstos factor dependientes. Así mismo, identificamos la necesidad de introducir nuevos códigos de pruebas en el RIS más equiparables a los protocolos de estudio empleados.

Establecimos en base al rango de dosis administradas, unos umbrales de alerta propios del servicio basados en la actividad realizada y posteriormente se introdujeron en el sistema umbrales de referencia externos para determinar umbrales de alerta por estudio y por paciente. (Imagen 6, 7, 8 y 9)

Los informes periódicos emitidos identifican los protocolos de trabajo más habituales susceptibles de optimización que son modificados en cuanto a parámetros de adquisición y evaluados por los facultativos del servicio que validan la calidad de la imagen obtenida de manera que en informes posteriores muestran las tendencias de dosis y el resultado de las modificaciones realizadas. (Imagen 10, 11, 12, 13, 14 y 15).

Simultáneamente se realizan intervenciones formativas con el personal técnico mostrando los resultados preliminares y las acciones de mejora a realizar en cuanto a centraje y posicionamiento de pacientes, rangos de exploración, revisión permanente de la aplicación y justificación de las alertas.

Imágenes en esta sección:

Seguimiento	Análisis	Informes	Administración		
CT		CVIR	IMMOGRAFÍA	RADIOFLUOROSCOPIA	HERRAMIENTAS ANALÍTICAS
DLP por examen		DAP por examen	OO por examen	DAP por examen	Comparación de dosis
DLP por protocolo		K _{AP} por examen	OO acumulada más elevada por paciente	DAP acumulado más elevado por paciente	
CTDI _{vol} y DLP por adquisición		DAP acumulado más elevado por paciente	Exámenes de dosis elevada	Exámenes de dosis elevada	
DLP acumulado más elevado por paciente		K _{AP} acumulado más elevado			
Listado de exámenes de dosis elevada		Exámenes de DAP de dosis elevada			
		Exámenes de K _{AP} de dosis elevada			

Fig. 1: Información de parámetros dosimétricos de las diferentes modalidades conectadas al servidor.

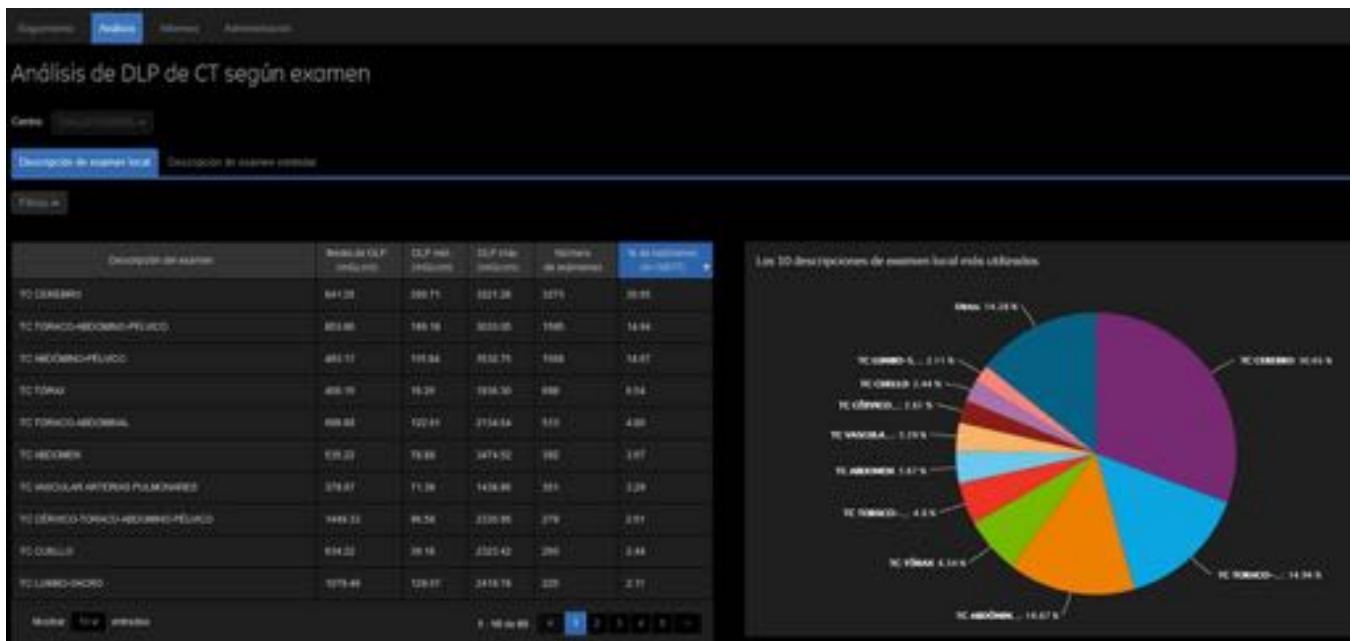
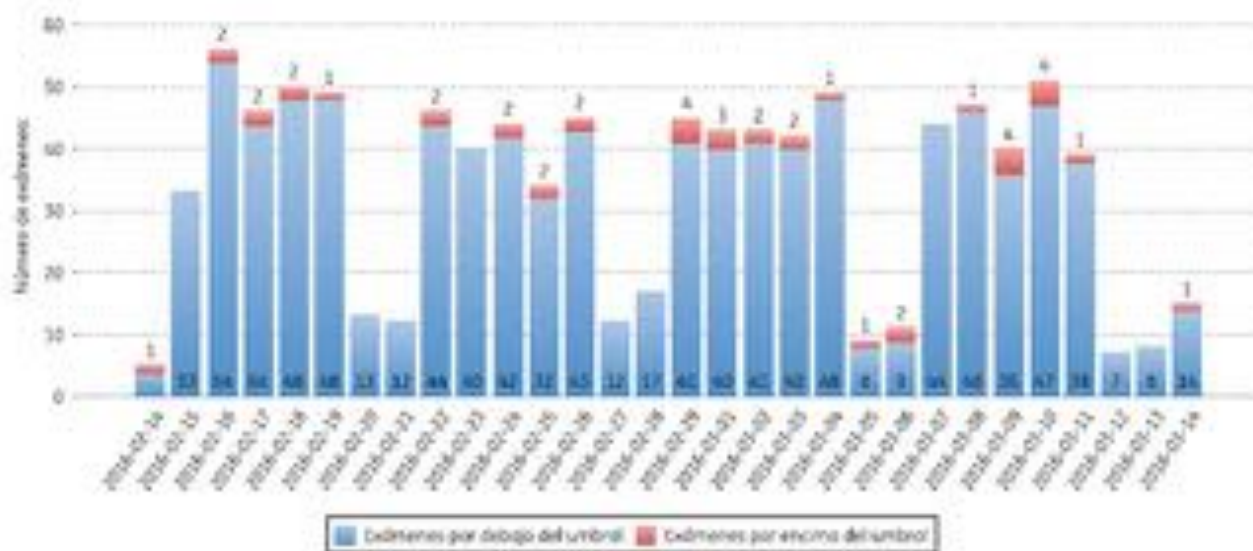


Fig. 2: Distribución de protocolos más frecuentes en el conjunto de la actividad de la TC.

Análisis basado en los días

El módulo de alertas en Dosewatch no está configurado por descripción de examen local para el centro seleccionado. Los exámenes se agrupan por descripción de examen local pero las alertas visualizadas no se ocultan por umbrales de descripción de examen local.



Número de exámenes detallado por días

Este gráfico no tiene en cuenta las descripciones de exámenes con menos de 10 exámenes.

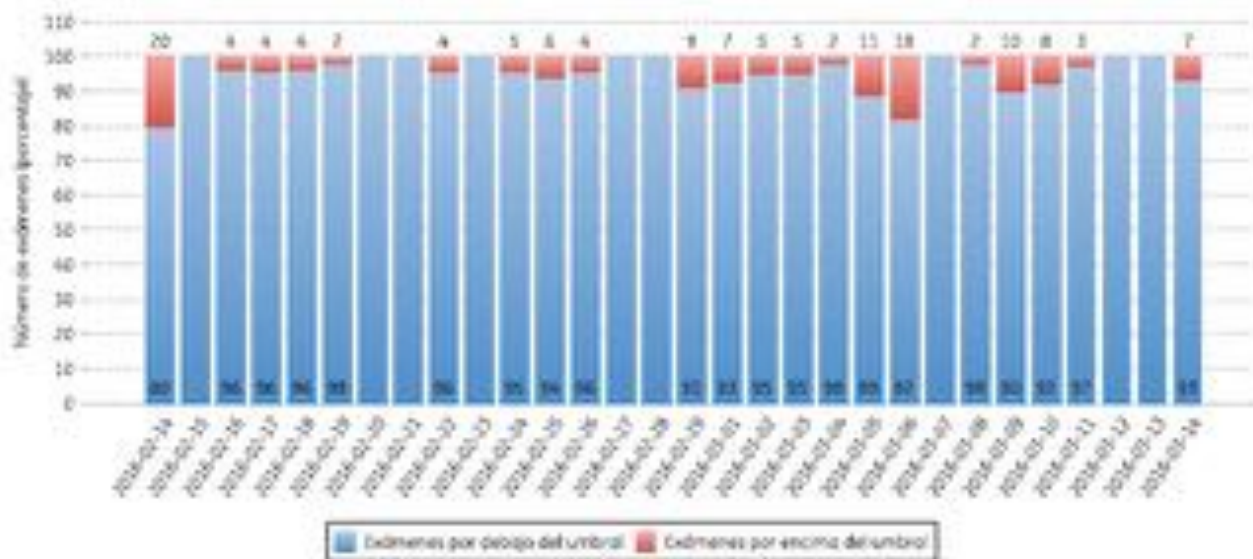


Fig. 3: Distribución de la actividad por días con representación de estudios por encima del umbral de dosis.

Lista de trabajo de CT

Estudios programados **Estudios realizados**

Estados

Fecha de inicio	Fecha fin	Fecha inicio	Fecha fin	Nombre y país	ID de estudio	Edad	Sexo	Nº de visitas	Descripción de estudio	Procedencia	IMP (M€)	Nº
		2014-03-10	10:25			46	26.64	00041000270620	TC-0200000	Optima-IMP (2)	380.16	3
		2014-03-10	10:31			56	23.36	00041000270620	TC-030000	Optima-IMP (2)	237.60	3
		2014-03-10	10:34			73	23.75	00041000270620	TC-0200000	Optima-IMP (2)	174.85	3
		2014-03-10	11:34			26	24.37	00041000270620	TC-000000-040000	Optima-IMP (1)	113.64	3
		2014-03-10	11:41			66	21.51	00041000270620	TC-0000000	Optima-IMP (1)	872.20	2
		2014-03-10	11:50			46	23.66	00041000270620	TC-030000	Optima-IMP (1)	166.75	3
		2014-03-10	11:21			47	23.40	00041000270620	TC-0000000	Optima-IMP (2)	385.10	2
		2014-03-10	11:54			73	27.75	00041000270620	TC-0200000	Optima-IMP (1)	307.14	2
		2014-03-10	11:52			69	26.26	00041000270620	TC-000000-FORNO-0400000-PELUCO	Optima-IMP (2)	1228.78	3
		2014-03-10	10:52			54	27.54	00041000270620	TC-030000	Optima-IMP (1)	380.24	3
		2014-03-10	10:41			37	23.69	00041000270620	TC-030000	Optima-IMP (1)	430.84	3
		2014-03-10	10:38			60	47.26	00041000270620	TC-000000-PELUCO	Optima-IMP (2)	3026.15	3
		2014-03-10	10:36			23	16.30	00041000270620	TC-FORNO-0400000-PELUCO	Optima-IMP (1)	174.85	3
		2014-03-10	20:34			64	26.16	00041000270620	TC-000000-PELUCO	Optima-IMP (2)	1720.16	3
		2014-03-10	09:50			64	26.47	00041000270620	TC-0200000	Optima-IMP (1)	386.17	2
		2014-03-10	09:41			73	16.50	00041000270620	TC-FORNO-0400000-PELUCO	Optima-IMP (1)	460.50	3
		2014-03-10	20:34			47	23.74	00041000270620	TC-FORNO-0400000-PELUCO	Optima-IMP (2)	1747.47	3
		2014-03-10	09:24			61	26.14	00041000270620	TC-0200000	Optima-IMP (2)	170.60	2
		2014-03-10	09:24			64	24.80	00041000270620	TC-000000-PELUCO	Optima-IMP (1)	307.20	2
		2014-03-10	09:10			61	26.14	00041000270620	TC-FORNO-0400000	Optima-IMP (2)	380.17	3

Fig. 4: Lista de estudios realizados por modalidad con identificación de alertas justificadas y sin justificar.

Los 10 estudios con dosis más elevadas

ID del paciente	Número de referencia	Fecha del examen	Total del DLP del estudio (mGy.cm)
	0095410002799379	2016-03-02	3448.38
	0095410002816779	2016-03-04	3379.54
	0095410002805943	2016-02-16	2973.14
	0095410002757888	2016-02-29	2139.95
	0095410002814038	2016-02-29	2028.94
	0095410002784721	2016-02-23	1995.56
	0095410002815132	2016-03-03	1983.88
	0095410002778804	2016-02-15	1967.37
	0095410002785787	2016-02-29	1944.10
	0095410002781988	2016-02-25	1920.27

10 pacientes con la dosis acumulada más elevada

ID del paciente	Edad del paciente	DLP acumulado (mGy.cm)
	null	13382.03
	37	11660.79
	75	8332.02
	null	7896.90
	57	7346.14
	72	7045.41
	50	7018.42
	76	6920.07
	51	6910.78
	54	6815.21

Fig. 5: Historial dosimétrico de pacientes e identificación de los estudios de dosis más elevadas en un periodo de trabajo.

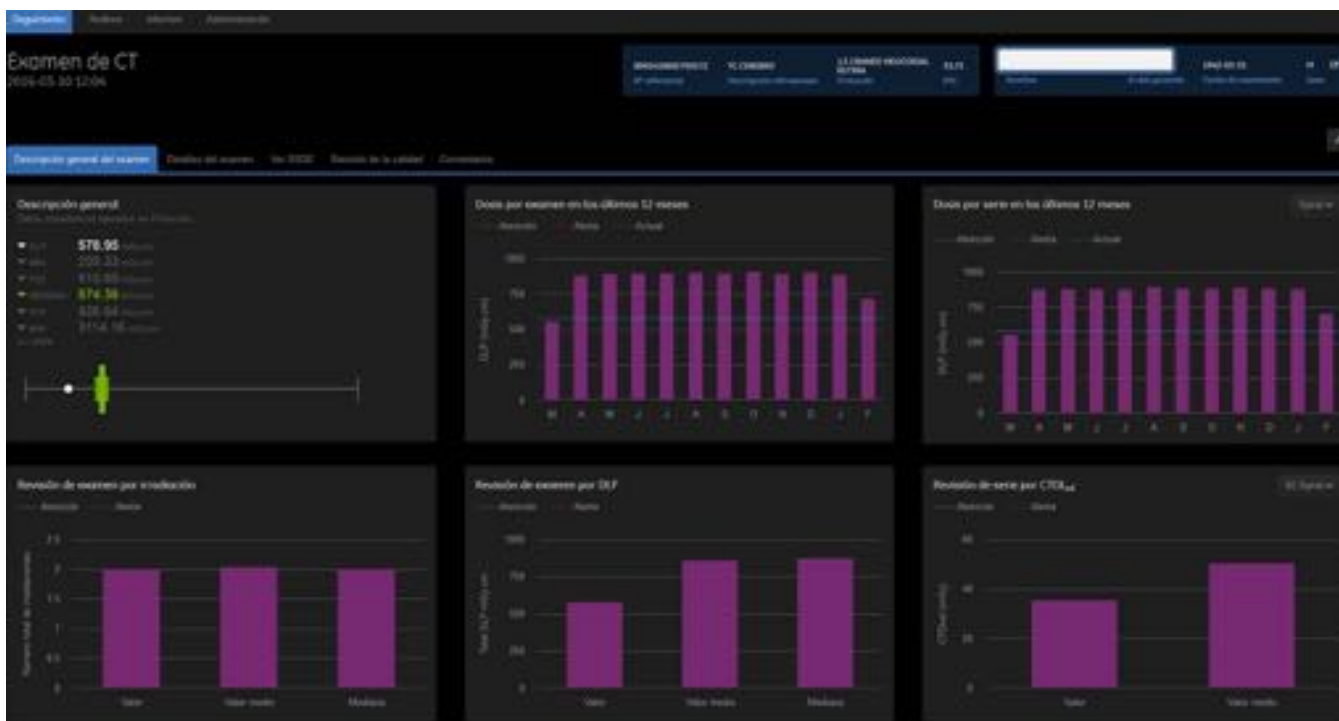


Fig. 6: Descripción del examen y comparación con el conjunto de estudios del mismo protocolo y respecto a valores de referencia.

Descripción de la serie	Descripción de la serie	Tipo de serie	Protocolo	Proyecto analítico estudio	Examen Length (min)	Dose Range (mSv)	Modulo Tipo	Modulo de CTDIvol (mSv)	CTDIvol (mSv)	DLP (mSv-cm)	Efectiva Dose (mSv)
1	Exam	Constant Angle	13 CORNED HELICIONAL RUTINA		3:30:57						
2	Exam 070	Exam	13 CORNED HELICIONAL RUTINA	Head	1:42:57	1.43 a 1.71 G	13 CORNED Helicoidal-Plano	20.54	21.02	376.95	1.22

Examen de serie	Descripción de la serie	Tipo de serie	Protocolo	SI	Total Corrientes (mA)	Total Exposiciones (seg)	mmAs	Exposición Total (mAs)	Suma de exposiciones (mAs)	FAK	Angulo (Gr)	Time (Seg)	Time (Min)	Time (Seg)	Time (Min)	Time (Seg)
1	Exam	Constant Angle	13 CORNED HELICIONAL RUTINA	100	10	10				0.02	0.00					
2	Exam 070	Exam	13 CORNED HELICIONAL RUTINA	100	100	400	1000.00	470.00	0.00	0.02	20.00	4	40.00			

Fig. 7: Detalle del examen realizado (nº de series, dosis y características de cada serie).

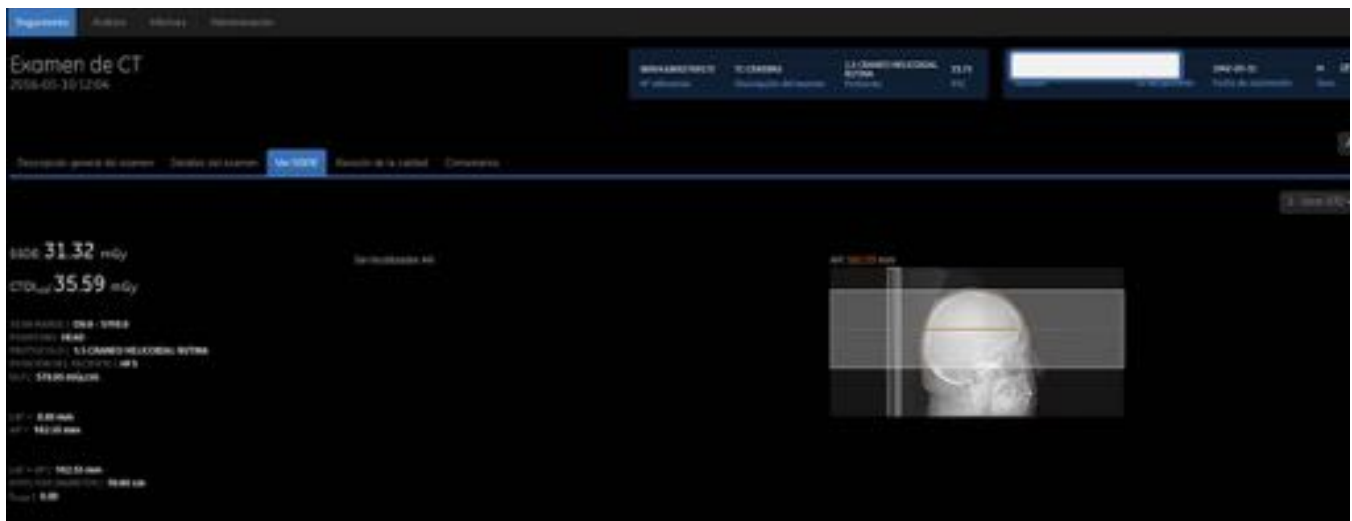


Fig. 8: SSDE (Size Specific Dose Estimates).

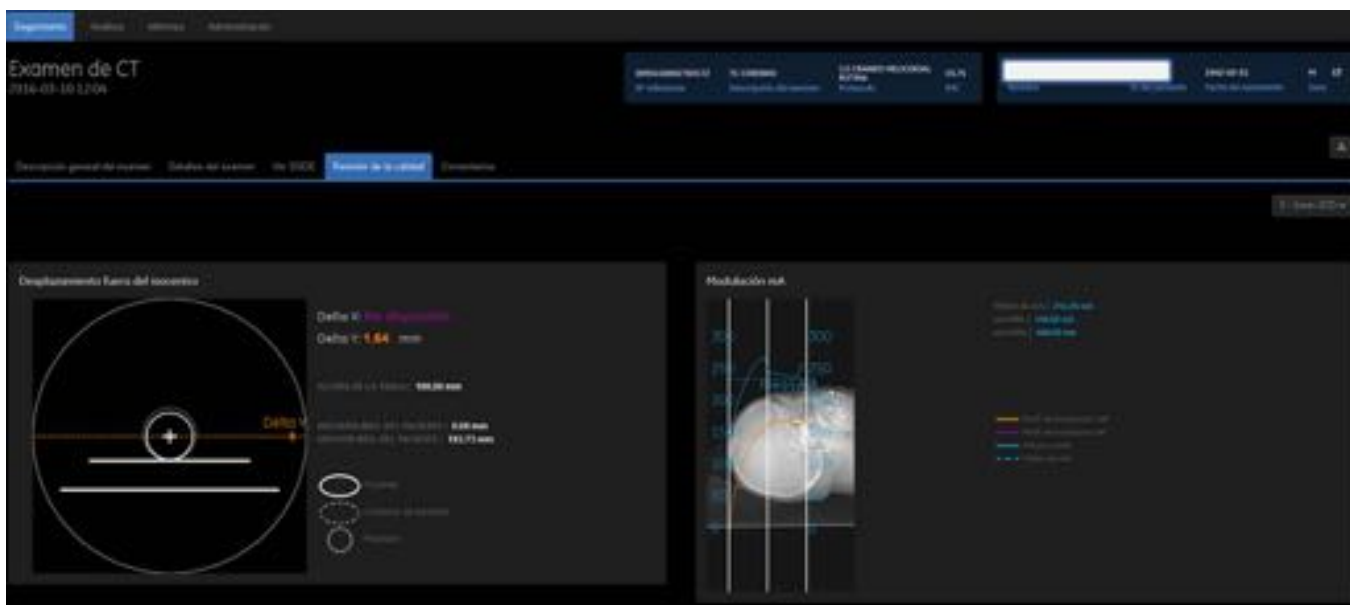


Fig. 9: Revisión de la calidad del estudio en cuanto a centraje y desviación del isocentro del gantry.

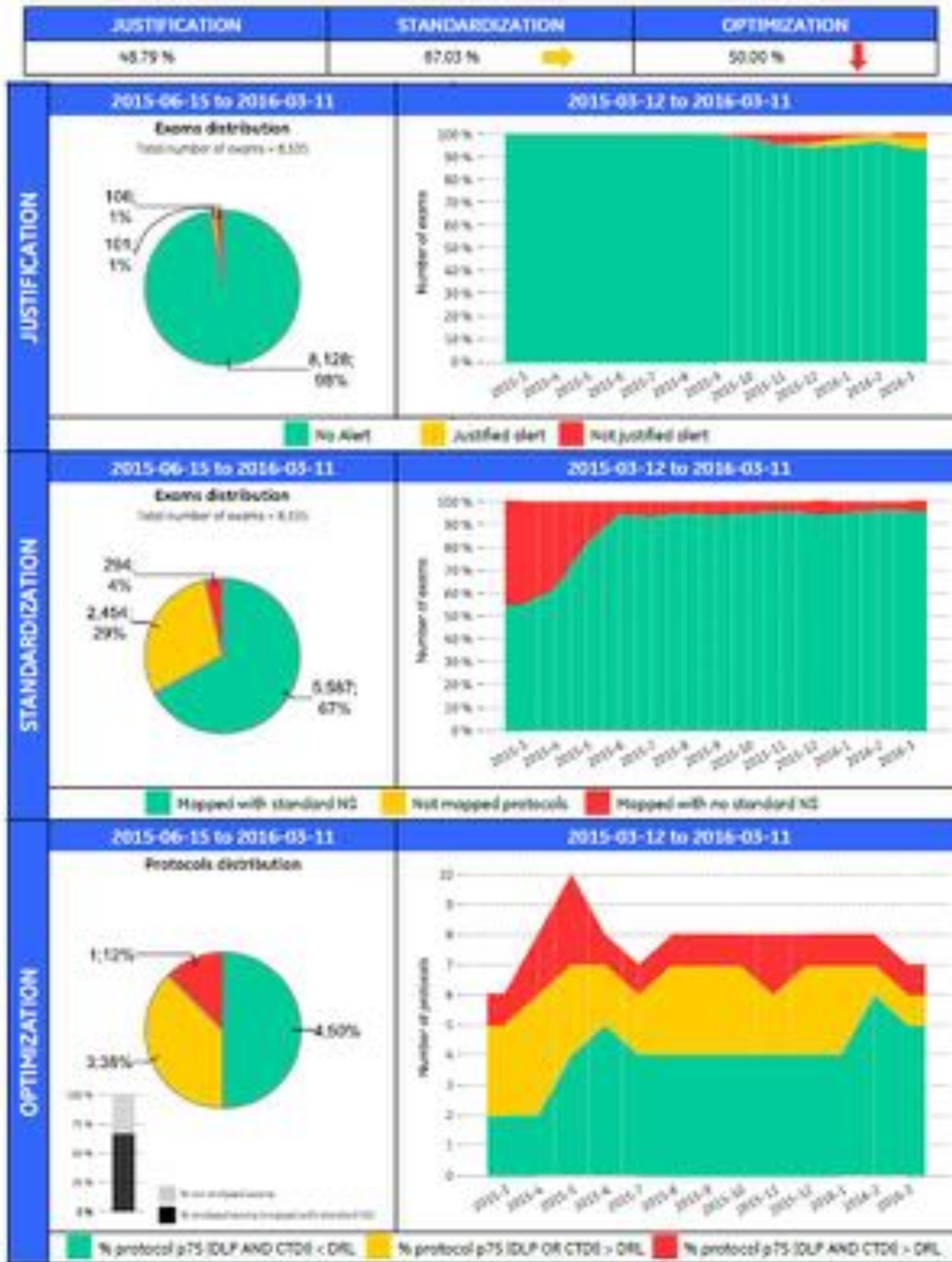
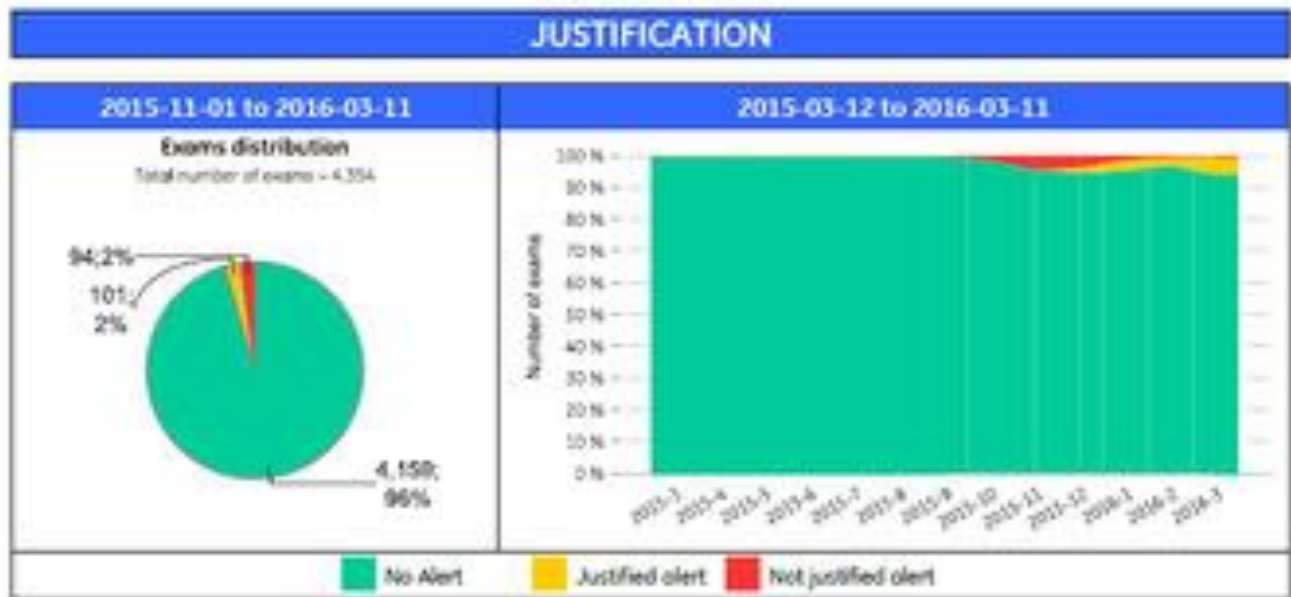
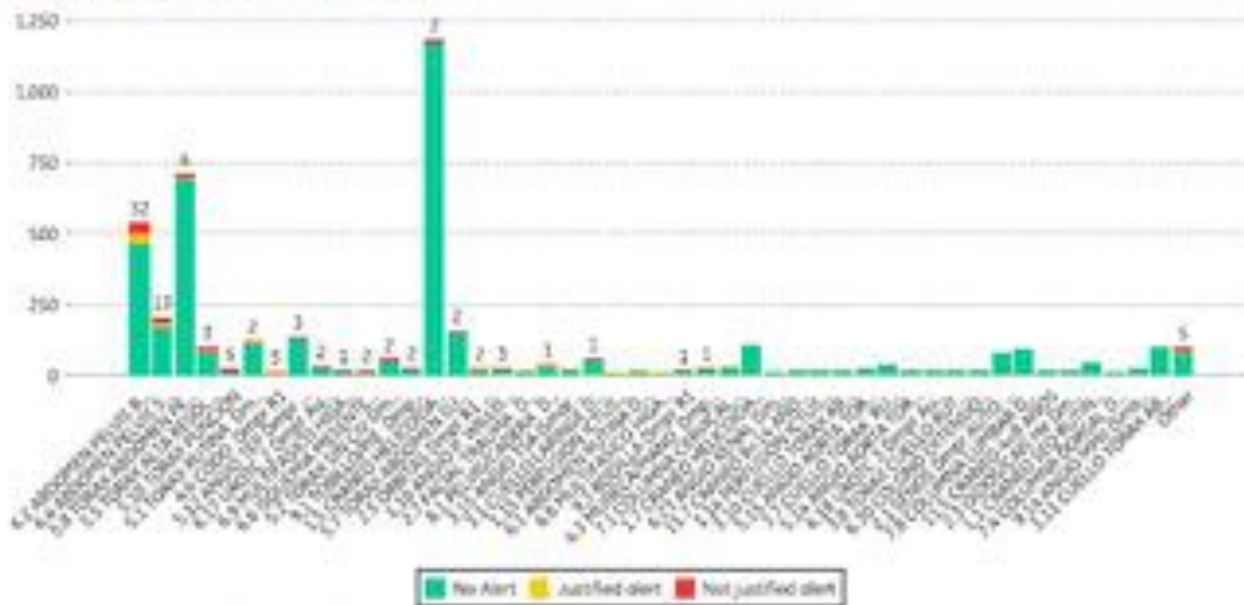


Fig. 10: Informe periódico de Justificación, Estandarización y Optimización de protocolos.



The aim of the JUSTIFICATION analysis is to reduce the number of alerts and particularly the number of not justified alerts. The following analysis allows identifying the protocols with the highest number of alerts, understanding the alerts causes and tracking the justification.

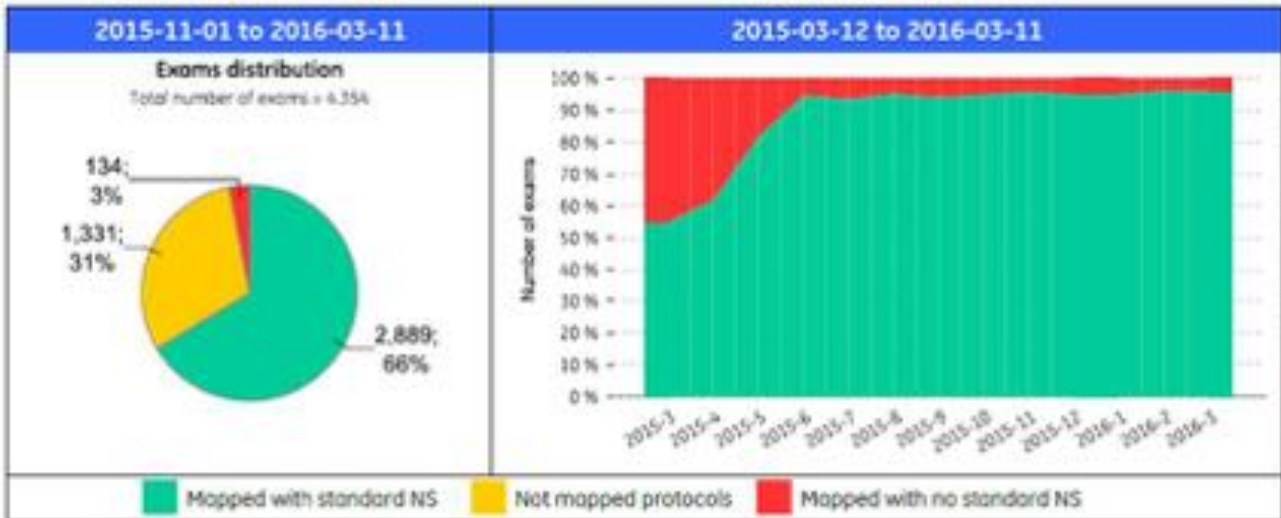
Alerting protocols overview



Number of exams with no alert, justified alert and not justified alert by protocol.
The protocols are sorted from the highest number of alerts to the lowest.
All the protocols with less than 20 exams are deployed in "Others"

Fig. 11: Detalles de la Justificación de estudios. Porcentaje de estudios justificados. Gráfica de evolución de la justificación.

STANDARDIZATION



NS = Total Number of Irradiations without scout and bolus tracking

The aim of the STANDARDIZATION analysis is to reduce the number "Mapped protocols with not standard NS" and the number "Not mapped protocols". Firstly, the following analysis allows identifying the mapped protocols with the highest number of not standard NS (TNI) and understanding the cause the causes of those variations. Secondly it allows identifying the not mapped protocols and analyzing the variation of the NS (TNI).

1) Mapped protocols analysis

Mapped protocols overview

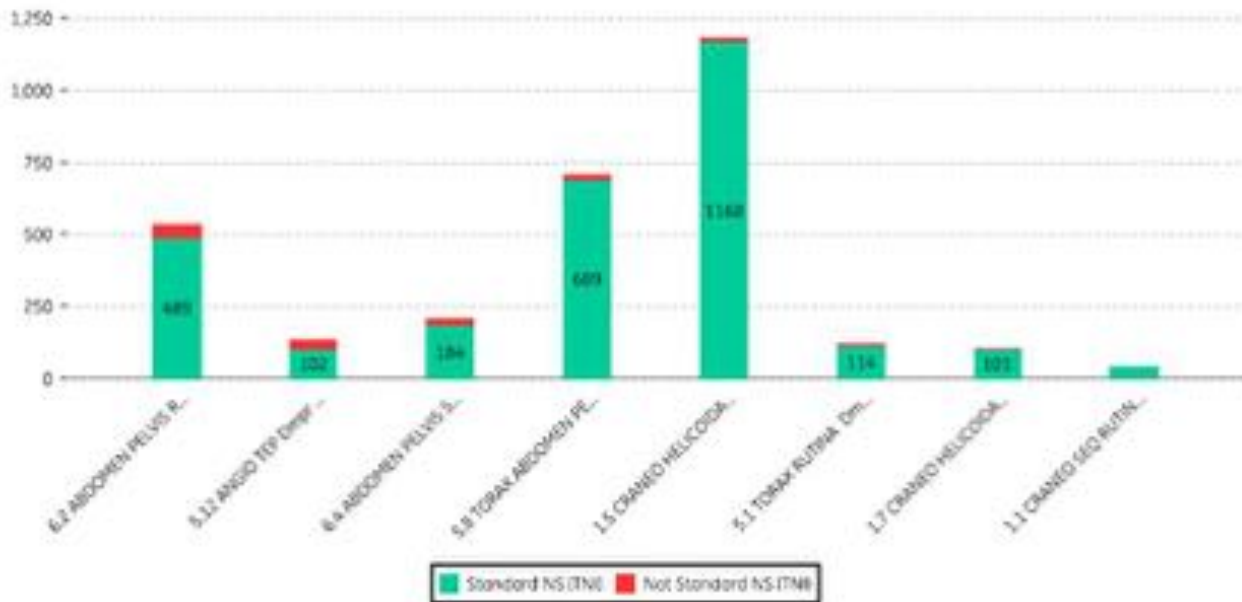
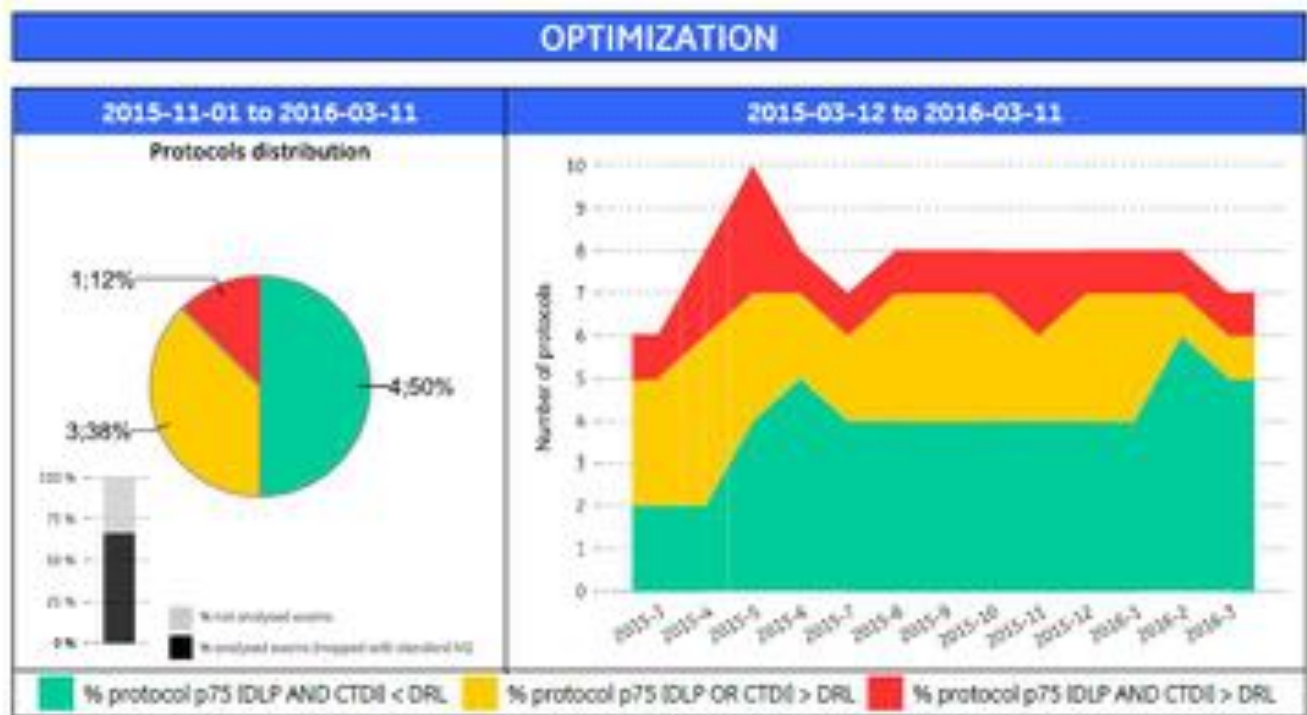


Fig. 12: Análisis de la Estandarización. Porcentaje de estudios ajustados a protocolos estándares. Gráfica de evolución.



The aim of the OPTIMIZATION analysis is to reduce the dose levels for the "Mapped protocols with standard NS". The following analysis allows identifying the Mapped protocols with standard NS that are above the DRL level (defined with the radlex mapping) and analyzing those protocols.

Dose Reference Level (DRL) analysis - 2015-11-01 to 2016-03-11

Device	RPID	NS	Protocol name	# Exams	P75 of Max series CTDI _{vol} (mGy.cm)	P75 of Total DLP (mGy)	Max CTDI DRL (mGy.cm)	Total DLP DRL (mGy)	CTDI diff	DLP diff
Optima 660 (2)	RPD22	1	1.8 CRANEO HELICOIDAL RUTINA	1188	53.68	913.54	55.00	900.00	-2.08 %	1.73 %
Optima 660 (2)	RPD240	2	5.8 TORAX ABDOMEN PELVIS 2 Cajas Dmsr Auto R2	880	13.59	1117.95	15.00	1550.00	-9.45 %	-27.67 %
Optima 660 (2)	RPD286	1	6.2 ABDOMEN PELVIS Dmsr Auto R2	489	9.54	494.08	17.00	850.00	-43.91 %	-23.99 %
Optima 660 (2)	RPD286	1	6.4 ABDOMEN PELVIS SIN Dmsr (Paralel) Dmsr Auto R2	184	10.59	515.84	17.00	850.00	-37.66 %	-20.67 %
Optima 660 (2)	RPD18	1	6.3 TORAX RUTINA Dmsr Auto R2	114	22.66	428.50	10.00	330.00	28.60 %	29.65 %
Optima 660 (2)	RPD240	2	5.12 ANGIO TEP Dmsr Auto R2 Smart Preset	100	25.90	429.85	15.00	1550.00	72.67 %	-72.91 %
Optima 660 (2)	RPD22	1	1.7 CRANEO HELICOIDAL ISQUENSA	101	53.98	904.56	55.00	900.00	-1.90 %	2.73 %
Optima 660 (2)	RPD22	1	1.1 CRANEO 500 RUTINA	42	47.53	764.38	55.00	900.00	-13.62 %	-15.07 %

This table shows a DRL analysis for all protocols mapped with a standard NS (TNI). The P75 values (Max series CTDI_{vol} or Total DLP) that are above the DRL threshold are displayed in red writing.

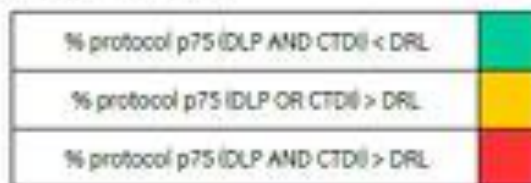


Fig. 13: Detalles de la Optimización de estudios. Porcentaje de estudios optimizados respecto a los valores de referencia (DRL).

Protocols analysis

The analysis below only considers the protocols that are displayed in orange or red in the "DRL analysis" table above.

1) L5 CRANEO HELICOIDAL RUTINA (RPID22)

DLP scatter plot - 2015-11-12 to 2016-03-11



This graph shows the scatter plot of DLP exams (one point represents one exam) with the DRL level.

Series Analysis - 2015-11-01 to 2016-03-11

	# series	Mean DLP (mGy.cm)	Mean scan length (mm)	Mean CTDi (mGy)	Mean kV	Mean mA	Mean max mA	Mean pitch	Noise Index	% Iterative Recon.
First series	1568	808.54	157.29	48.24	120.00	124.46	199.81	0.97	40.00	2.99

Fig. 14: Optimización del protocolo de TC Craneal. Gráfica evolutiva tras incremento del nivel de ruido.

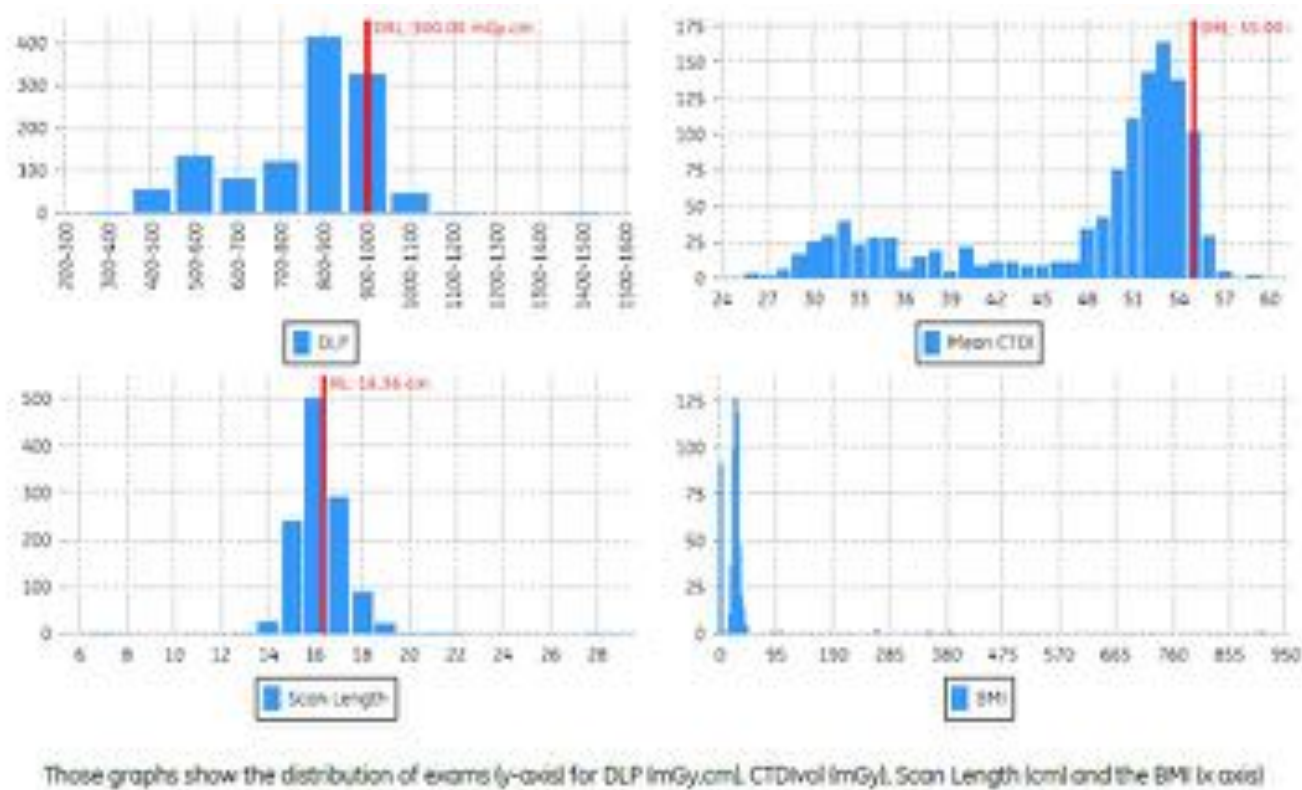


Fig. 15: Análisis de la Optimización del protocolo de TC Craneal respecto a los niveles de referencia.

Conclusiones

Los desarrollos tecnológicos de los nuevos equipos de imagen (Reconstrucción iterativa, OM y exposimetría automática) constituyen mejoras fundamentales para la reducción de dosis, pero la optimización de los protocolos de trabajo requiere de una gestión proactiva de la actividad basada en herramientas fiables y robustas que exploten los datos intrínsecos de las exploraciones.

Bibliografía / Referencias

1. David J. Brenner - N Engl J Med 2007; 357:2277-2284 Computed Tomography — An Increasing Source of Radiation Exposure
2. AJ Einstein, MJ Henzlova, S Rajagopalan. JAMA 2007. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography.
3. K Rothkamm, S Balroop, J Shekhdar, P fermie, V Goh. Radiology 2007. Leukocyte DNA Damage after Multi-detector ROW CT: A Quantitative Biomarker of Low-Level Radiation Exposure.
4. AB de Gonzalez, M Mahesh, KP Kim. Arch Intern Med 2009. Projected cancer risk from computed tomographic scans performed in the United States in 2007.
5. R Smith-Bindman, J Lipson. Arch Intern Med 2009. Radiation dose associated with common

- computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer.
6. MS Pearce, JA Salotti, MP Little, K McHugh, C Lee. The Lancet 2012. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study.
 7. DJ Brenner, EJ Hall. Radiology 2012. Cancer risk from CT scans: now we have data. What next? .
 8. COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom
 9. EI Piechowiak, JFW Peter, B Kleb, KJ Klose. Radiology 2015. Intravenous iodinated contrast agents amplify DNA radiation damage at CT.