



## Revisión de Artículos

**Mª Carmen Pujades\***

Comité de Redacción.

Estimados compañeros,

En esta publicación contamos con una muestra de cuatro reseñas de diferentes áreas de radioterapia e imagen.

Para empezar, presentamos dos trabajos relacionados con los colimadores multiláminas en radioterapia externa. En el primero de ellos, Juan Agustín Calama aborda la predicción con antelación de ciertos enclavamientos a través de una prueba dinámica diaria, consiguiendo así optimizar los tiempos de las paradas no programadas. En el segundo trabajo, Víctor Hernández trata la modelización del colimador multiláminas Agility a través de pruebas de ventanas deslizantes.

A continuación, cambiamos al ámbito de las altas tasas de dosis, donde José Paz nos detalla como se aplican técnicas numéricas para comprender la respuesta de las cámaras de ionización sometidas a elevadas tasas de dosis por pulso.

Para finalizar, Santiago Cobos nos introduce en el campo de la elaboración de rejillas antidifusoras con tecnología de impresión 3D de metal para la corrección de radiación dispersa en las imágenes de CBCT.

Desde el Comité de Redacción esperamos que sean de vuestro interés los trabajos seleccionados. Mi enhorabuena a los autores por su trabajo y muchas gracias por su contribución a esta sección. Nos vemos en el próximo número.

Un fuerte abrazo.

\* Correspondencia  
Email: mpuclau@gmail.com



## MLC performance prognosis using a degradation model based on trajectory log data from a daily test

Calama-Santiago JA, Molina-Lopez MY, Infante-Utrilla MA, Lavado-Rodríguez ME  
Med Phys 2022;49:7384–7403.

### Juan Agustín Calama-Santiago

Servicio de Oncología Radioterápica, Sección de Radiofísica, Hospital La Luz, Grupo Quironsalud, Madrid.

[jcalama@quironsalud.es](mailto:jcalama@quironsalud.es)

<https://doi.org/10.1002/mp.16004>

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

El deterioro progresivo de los diferentes componentes del MLC acaba por generar algunos de los enclavamientos más frecuentes en los aceleradores lineales. Esto puede dar lugar a paradas no programadas y en determinados casos a la pérdida de sesiones de tratamiento. Ciertos trabajos se han acercado al problema de intentar predecir con antelación estos enclavamientos a partir de la información recogida en archivos generados por el acelerador TrueBeam conocidos como “Trajectory Logs”. Sin embargo, los resultados obtenidos han sido modestos, principalmente por no discriminar el origen del error ni el tipo de enclavamiento. Nosotros nos planteamos encontrar una forma de predecir la aparición de estos enclavamientos basándonos en la misma información, recogida durante la administración de una prueba dinámica diaria, pero diferenciando por ambos factores.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El MLC es un sistema multicomponente que pueden fallar por motivos muy diferentes. No obstante, eligiendo ciertas características para la prueba diaria, y discriminando por enclavamiento (desviación de la trayectoria, primario/secundario), hemos podido acabar aislando determinadas causas predecibles y, por tanto, susceptibles de un mantenimiento predictivo. Un segundo reto fue adaptar técnicas propias de otras disciplinas como la ingeniería o la automática para calcular los tiempos de vida útil de las láminas deterioradas por estas causas. Estos métodos necesitan asunciones (inicio de degradación, valores de corte, etc.) que hemos debido obtener de un número de eventos relativamente pequeño, por lo que en el futuro el trabajo en este aspecto podría ser mejorado.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El resultado más importante ha sido demostrar la predictibilidad de los enclavamientos originados por impedimentos mecánicos al movimiento de las láminas a partir de la información del primario, y proponer una forma válida para determinar el tiempo de vida útil de esas láminas. Esto nos permitió, además, diferenciar entre diferentes causas para el enclavamiento, facilitando la intervención técnica. Otro resultado interesante ha sido demostrar que los problemas con los motores de las láminas no pueden deducirse de las lecturas del primario, al menos no utilizando exclusivamente el valor de la desviación en las pruebas propuestas en estos trabajos. Finalmente, también se ha confirmado, como mostraban trabajos previos, que el deterioro de ciertos componentes no es detectable a partir de la desviación registrada del primario, y puede dar lugar a errores importantes en el posicionamiento de las láminas durante los tratamientos, antes de acabar generando enclavamientos por discrepancias primario/secundario.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El estudio facilita la implementación de un mantenimiento predictivo para optimizar los tiempos de parada no programados y evitar en lo posible la pérdida de sesiones de tratamiento. Además, la prueba dinámica propuesta permite revelar posicionamientos de láminas incorrectos, que no serían detectables mediante pruebas “estáticas” tipo “Picket Fence”, mucho antes de que estos empiecen a ser relevantes en los tratamientos. Sin embargo, queda pendiente la predicción de los errores debidos al deterioro del motor, sobre todo por sus consecuencias en el caso de la pérdida de cuentas del encoder.



## Challenges in modeling the Agility multileaf collimator in treatment planning systems and current needs for improvement

Hernandez V, Angerud A, Bogaert E, Hussein M, Lemire M, García-Miguel J, Saez J

Med Phys 2022;49:7404–7416.

### Víctor Hernández

Servicio de Protección Radiológica y Física Médica, Hospital Sant Joan de Reus, IISPV, Tarragona. Universitat Rovira i Virgili (URV), Tarragona.

[vhernandezmasgrau@gmail.com](mailto:vhernandezmasgrau@gmail.com)

<https://doi.org/10.1002/mp.16016>

---

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Este estudio forma parte de un proyecto sobre modelización de MLCs en el que usamos dosis promedio obtenidas con pruebas de ventana deslizante (*sweeping gaps*) síncronos y asíncronos para caracterizar tanto el MLC (a partir de medidas con cámara Farmer) como el modelado implementado en el TPS (a partir de cálculos). Previamente desarrollamos un formalismo que permite, a partir de estas dosis promedio, investigar las limitaciones del modelado en el TPS y proponer mejoras en dichos modelos.

En nuestros primeros trabajos estudiamos los MLCs de Varian Millennium y HD120, que más tarde extendimos al MLC dual del Halcyon y en este trabajo damos un paso más aplicando el método al Agility de Elekta. Con cada uno de ellos hemos encontrado efectos dosimétricos interesantes y hemos aprendido mucho.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Los principales retos fueron interpretar los resultados experimentales obtenidos con el Agility que, en un primer momento, nos desconcertaron. Además, como ya habíamos visto anteriormente, conseguir importar el conjunto de tests en alguno de los sistemas de planificación utilizados (Monaco y RayStation) no es tan sencillo como debiera y, resolver esas dificultades técnicas requirió de diversas pruebas. En este trabajo contactamos con gente de varios centros, pero esto no representó ningún problema porque rápidamente encontramos compañeros encantados de colaborar, con los que hemos trabajado muy bien.

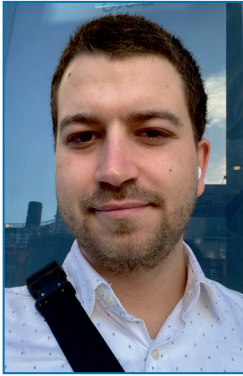
### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El Agility tiene un diseño de MLC muy distinto a los MLCs de Varian. Para reducir la transmisión interlámina, los laterales de las láminas están desfocalizados (*tilting*), en lugar de un diseño de machihembrado (*tongue-and-groove*). Además, como en el Agility las láminas sustituyen a unas mordazas, su altura es mayor que en los MLCs de Varian y están situadas más cerca de la fuente.

Este diseño (principalmente el *tilting*) provoca que el extremo redondeado de las láminas del Agility tenga un impacto dosimétrico mayor y que su efecto se manifieste en una extensión también mayor. Esto plantea dificultades para el modelado en el TPS, y vimos que RayStation y Monaco no modelizan correctamente estos efectos, lo que dificulta mucho su correcta configuración.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

En primer lugar, este trabajo explica en términos simples e intuitivos por qué el Agility es más difícil de configurar en los sistemas de planificación. En segundo lugar, para poder reproducir correctamente y sin compromisos las características del Agility es necesario mejorar los modelos de MLC. Esto facilitaría mucho la configuración del Agility en el TPS, mejoraría la exactitud del modelo y extendería su rango de validez. La buena noticia es que han mejorado el modelo de MLC en RayStation para el Agility en base a los resultados de este trabajo y que el nuevo modelo estará ya implementado en la próxima versión de RayStation (2023B).



## Numerical modeling of air-vented parallel plate ionization chambers for ultra-high dose rate applications

Paz-Martín J, Schüller A, Bourgouin A, González-Castaño DM, Gómez Fernández N, Pardo-Montero J, Gómez Rodríguez F  
*Phys Med* 2022;103:147-156.

### José Paz-Martín

Departamento de física de partículas, Universidad de Santiago de Compostela, Praza do obradoiro, Santiago de Compostela, 15782, A Coruña.

[jose.martin@usc.es](mailto:jose.martin@usc.es)

<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2022.10.006>

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La irrupción de nuevas modalidades de radioterapia que emplean dosis por pulso varios órdenes de magnitud superiores a la radioterapia convencional supone un reto para las cámaras de ionización disponibles comercialmente. Debido a la elevada densidad de portadores de carga se produce la recombinación de una fracción importante de éstos durante el proceso de deriva. Desafortunadamente, los modelos analíticos empleados en la actualidad para la determinación de la eficiencia de colección de carga (inversa del factor de corrección por saturación) presentan severas deficiencias cuando la dosis por pulso alcanza valores de cientos de mGy.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

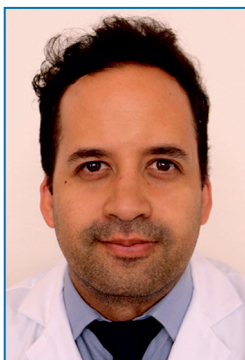
En este estudio se compara la corriente eléctrica en cada instante de tiempo inducida en una cámara de ionización durante el proceso de deriva de los portadores de carga con el modelo numérico desarrollado. Este test es mucho más exigente que simplemente comparar la carga total colectada ya que requiere una reproducción adecuada de todo el proceso dinámico que tiene lugar en la cámara de ionización. Desde el punto de vista numérico, uno de los mayores retos fue la búsqueda de unos parámetros de transporte (en particular, la velocidad y tiempo de vida medio de los electrones libres y las movilidades iónicas) con una precisión suficiente para reproducir el comportamiento real observado. La medida de la corriente eléctrica instantánea de una cámara de ionización con el ancho de banda necesario para observar la forma temporal de la corriente de electrones libres fue un considerable reto experimental. Esta corriente sigue la estructura temporal del pulso de radiación y se utilizó para comprobar la fracción efectiva de electrones libres de una cámara de ionización. La verificación experimental no hubiese sido posible sin el inestimable trabajo de los colaboradores del Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El estudio muestra que un modelo numérico como el presentado es capaz de reproducir los procesos físicos (i.e. perturbación del campo eléctrico, recombinación iónica, deriva o tiempo de vida medio de los electrones libres) que se producen en cámaras de ionización en regímenes extremos (ultra-alta tasa de dosis por pulso) allá donde los modelos analíticos actuales no son capaz de dar una respuesta satisfactoria. Además, rompe con algunos de los esquemas tradicionales de la teoría de la recombinación como la existencia de una fracción de electrones libres constante en la cámara de ionización e independiente de la dosis por pulso.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

En este trabajo se han aplicado técnicas numéricas para el estudio de las cámaras de ionización sometidas a altas tasas de dosis por pulso. Este tipo de modelos permiten además investigar multitud de efectos que no se incluyen en las aproximaciones analíticas convencionales sobre la recombinación, como la presencia de electrones durante la colección de carga o el efecto de la duración de pulso en la respuesta de la cámara de ionización. Este artículo pretende profundizar en los fundamentos de la respuesta dinámica de las cámaras de ionización y alcanzar una descripción mucho más precisa de su comportamiento.



## 3D-printed large-area focused grid for scatter reduction in cone-beam CT

Santiago F Cobos, Christopher J Norley, Hristo N Nikolov, David W Holdsworth  
Med Phys 2023;50:240–7258.

### Santiago Fabián Cobos

Departamento de Biofísica Médica, Universidad de Western Ontario, Robarts Research and Imaging Institute, London Canada.

[scobos@uwo.ca](mailto:scobos@uwo.ca)

<https://doi.org/10.1002/mp.16005>

---

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

El uso de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT por sus siglas en inglés) se ha incrementado en múltiples aplicaciones clínicas con el pasar de los años. Inicialmente, esta modalidad tenía como objetivo proveer información puramente espacial, por ejemplo, en procedimientos de angiografía guiada, o para planificación de implantes dentales. Actualmente, estos equipos de tomografía están siendo utilizados con fines diagnósticos e incluso con el fin de planificar intervenciones quirúrgicas complejas. En dichos casos, mejorar las características de contraste y uniformidad de las imágenes es necesario para evitar diagnósticos erróneos o para facilitar la segmentación de las entidades anatómicas involucradas. En la geometría de haz cónico, ambas características, contraste y uniformidad, se ven altamente impactadas debido a que la fracción de radiación dispersa generada y capturada durante el examen es ordenes de magnitud mayor comparada con geometrías de haz en abanico. Por lo tanto, este estudio describe el diseño, fabricación, e implementación de una rejilla antidifusora cruzada enfocada con el objetivo de reducir la cantidad de radiación dispersa en tomografía computarizada de haz cónico.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Las rejillas antidifusoras lineares no enfocadas han sido descritas en la literatura por otros autores extensamente. Los retos y las dificultades de este proyecto tuvieron que ver con las modificaciones y mejoras propuestas por nuestro equipo. Por ejemplo, la manufactura de rejillas lineares no enfocadas es (en términos generales) sencillo. Se pueden construir alternando láminas de plomo muy delgadas y espaciadores de fibra. Sin embargo, la fabricación de rejillas cruzadas es más complicado, e incluso más en el caso de rejillas enfocadas. El uso de impresoras 3D de metal ha sido tendencia como un método de fabricación alternativo. Sin embargo, son pocas las publicaciones describiendo el uso de tecnología de impresión 3D metálica para este fin, cuando la rejilla es lo suficientemente grande como para cubrir una porción significativa del detector. Adicionalmente, los septos de la rejilla limitan la captura de rayos X directos. Inicialmente, pensamos que este problema se podía resolver con una simple corrección de ganancia, pero en la práctica no fue así.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Pienso que además de demostrar que se puede mejorar el contraste y la uniformidad en las imágenes tomográficas al eliminar radiación dispersa usando rejillas elaboradas con tecnología de impresión 3D de metal. Nuestro estudio presenta los detalles del diseño, elaboración, e implementación de estos dispositivos de inicio a fin. Incluyendo el uso de una nueva técnica de corrección de ganancia la misma que toma en cuenta la respuesta del detector y de los pixeles afectados por la rejilla a varios niveles.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

En el campo de corrección de radiación dispersa en CBCT existe mucho debate en relación con los beneficios y desventajas del uso de rejillas. Muchos investigadores consideran que es más práctico modelar la dispersión y corregir las imágenes usando software. Especialmente cuando la rejilla es muy densa y es necesario incrementar el miliamperaje como método de compensación o cuando la corrección de ganancia asociada a la rejilla introduce artefactos de anillo en las reconstrucciones tomográficas. Nosotros demostramos que es posible mejorar la calidad de la imagen sin necesidad de incrementar el miliamperaje y que es posible corregir la ganancia en el detector sin producir artefactos de anillo.