

DUDA METODICA EN LA APLICACION DEL SISTEMA DE LIMITACION DE DOSIS *

Dolores CARRILLO y Francisco DIAZ DE LA CRUZ

* Este trabajo fue el objeto de una ponencia presentada en el Hospital Provincial de Madrid el día 23 de mayo de 1985, dentro de las Jornadas de Actualización de Protección Radiológica.



Dolores CARRILLO. Doctora en Ciencias Químicas. Diplomada en Ingeniería Nuclear. Desarrolla su actividad profesional en el CSN. Becaria de los Gobiernos alemán, danés, finés, noruego e italiano, así como del Organismo Internacional de Energía Atómica y de la JEN.



Francisco DIAZ DE LA CRUZ. Licenciado en Ciencias Matemáticas. Doctor Ingeniero. Diplomado en Ingeniería Nuclear. Colaborador con la JEN desde 1966 y posteriormente con el CSN, en temas de Seguridad Radiológica.

La protección a la población contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes es el principal objetivo de las ramas del campo nuclear conocidas por: Seguridad Nuclear, Protección Radiológica y Seguridad Radiológica. Cada una de ellas ha introducido, de forma un tanto revolucionaria, unos conceptos de tal índole que constituyen actualmente la «punta de lanza» más respetada, discutida o despreciada dentro del marco de la tecnología nuclear.

«Punta de lanza» en tres sentidos:

- Como movimiento progresista que abre nuevas perspectivas en las aplicaciones tecnológicas.
- Como asignatura difícil que obliga a los expertos a profundas reflexiones.
- Como estructura convergente hacia un mejor bienestar social.

Y así, el objetivo de la Seguridad Nuclear puede compendiarse en lo que se ha llamado «seguridad a ultranza» o «seguridad en profundidad». La Protección Radiológica mantiene obsesivamente la idea sobre «dosis tan bajas como razonablemente pueda conseguirse»; la Seguridad Radiológica busca con afán dinámico un equilibrio justo entre el costo social y el beneficio económico.

La seguridad a ultranza se materializa por la introducción de «barreras» técnicas o administrativas que impiden, disminuyen o retardan la liberación de radiactividad de sus habituales lugares de confinamiento. Su meta, pues, se glosa en dos palabras: «escape nulo».

La obsesión de «lo menos posible», que constituye la temática central de este artículo, pone a prueba el ingenio de los proyectistas, técnicos o usuarios para conseguir alcanzar la frontera entre lo posible y lo imposible. La meta se denomina «Optimización».

La idea de justicia social que late en el balance que cualquier actividad humana presenta al hacer el cómputo entre el detrimento que impone a unos y el beneficio que produce a otros es la gran tarea, todavía en ciernes, que tiene ante sí la Seguridad Radiológica. La meta es una inequación: Costo < Beneficio, aplicados ambos términos no al individuo en particular, sino a la Sociedad en general.

El marco de estas disquisiciones, que solamente reflejan la opinión de sus autores, es la Protección Radiológica, y más concretamente los criterios de su optimización, es decir, remedando una expresión circense: «lo más bajo todavía».

La definición académica de Protección Radiológica es impecable:

«La rama del saber humano que trata de garantizar un nivel de protección contra los efectos nocivos de las radiaciones

ionizantes que sea aceptable y aceptado por la Sociedad».

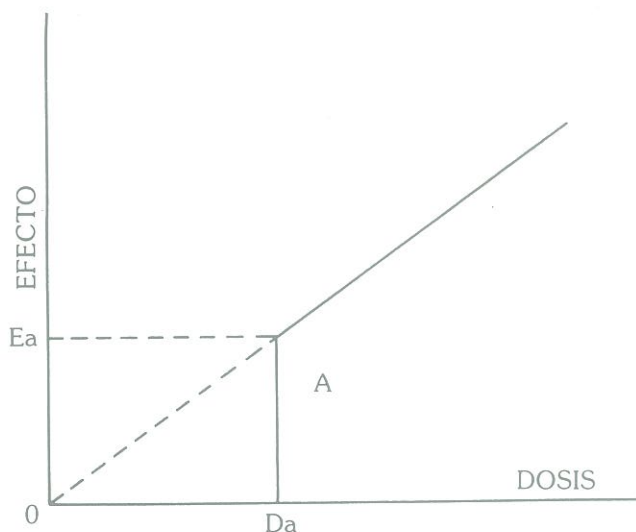
No obstante, su interpretación es complicada. ¿Qué se entiende por «tratar de garantizar»? ¿Qué encierra el objetivismo contenido en «nivel aceptable para la Sociedad»? ¿Cómo puede conseguirse un «nivel aceptado por la Sociedad»?

Antes de intentar dar adecuada explicación a los interrogantes planteados conviene conocer los diferentes enfoques asociados a distintos colectivos que, de una forma u otra, se ven involucrados dentro del campo de la Protección Radiológica.

Al menos existen seis profesiones, que si bien tienen como horizonte la protección de la población, su aproximación a ella es distinta.

La primera pertenece al campo del estudio y de la investigación, tratando de determinar los efectos que producen las radiaciones en la materia viva y, como consecuencia, el deterioro que sufren los seres que las reciben y absorben. Otro colectivo profesional actúa en forma similar al anterior, solamente se distingue en que la materia objeto de su consideración es materia inerte y su finalidad es la detección de las radiaciones para conseguir su cualificación y cuantificación. Un tercer colectivo lo constituyen las Instituciones Internacionales o Nacionales, como en España es el Consejo de Seguridad Nuclear, responsables de establecer criterios, normas, guías, etc., que enmarcan cuantitativamente las radiaciones ionizantes que procedentes de instalaciones nucleares o radiactivas o de cualquier actividad que conlleve un riesgo nuclear, puedan afectar negativamente al hombre y su medio. Otro grupo de profesionales tienen en cuenta las normas, criterios o guías emanadas de la autoridad, y proyectan, construyen u operan dichas instalaciones o actividades. El quinto colectivo lo constituyen aquellos profesionales que tienen como misión el hacer cumplir las disposiciones contenidas en los Reglamentos de Protección contra las Radiaciones y por lo tanto de hacer que los efectos asociados al uso pacífico de la energía nuclear sean «los más bajos posibles». Por último, el sexto colectivo es el más especial, lo forma el personal sanitario que por una parte recibe radiaciones que deterioran su integridad física, pero por otra someten a sus pacientes a unos campos de radiación cuyas consecuencias, en cuanto a valores de dosis, quedan fuera del marco de los Reglamentos antes citados.

Convendría hacer una reflexión sobre este colectivo, que a los que no tenemos la fortuna de pertenecer a él nos causa,



icómo no!, una gran admiración. Su meta es la vida, y su preocupación el conseguir la salud y bienestar de sus pacientes. Para ello voluntariamente se someten a campos de radiaciones que les afectan de forma negativa, pero consiguen que otros se vean aliviados en sus enfermedades. Es difícil, muy difícil, que puedan ponerse límites de protección, contenidos en Reglamentos, a quienes por salvar una vida exponen la suya. Dada la procedencia de los autores de estas líneas, el Consejo de Seguridad Nuclear, no estaría de más, puesto que también el personal sanitario entra dentro de su marco de consideración radiológica el recomendarles que siguieran las directrices marcadas por las personas autorizadas de sus Instituciones para que las radiaciones que han de absorber, por el beneficio de terceros, fuesen las «menos posibles». En lo que respecta a las radiaciones que ellos han de decidir que otros reciban, sería también prudente que fuesen «las menos posibles» congruentes con el beneficio del paciente. En resumen, que este colectivo sanitario sea respecto de sus enfermos como los responsables de la protección radiológica son respecto de ellos.

Volviendo de nuevo al tema de la definición de lo que se entiende por Protección Radiológica se tratará de explicar la interpretación de los interrogantes expuestos intentando que sea única para los colectivos profesionales anteriormente considerados.

— «Tratar de garantizar». Con estas palabras se pretende decir que según el estado actual del conocimiento sobre la tecnología nuclear y sobre los efectos nocivos de las radiaciones y que según el leal saber y entender de los expertos en la materia puede asegurarse razonada y razonablemente un cierto nivel de protección. Es propio de la limitación humana el no poder de manera absoluta garantizar algo, ya que pueden surgir, sobre todo en obras realizadas por el hombre, imprevi-

tos imposibles de predecir hasta que, o bien porque suceden o bien porque mediante el estudio o experimentación, pueden descubrirse; una vez se ponen de manifiesto se intenta buscar las soluciones pertinentes. Por tanto, «tratar de garantizar» significa que el experto ha tomado todas las medidas, conocidas o exigidas hasta el presente, en el desempeño de su trabajo para hacer aceptables o aceptados los niveles de protección.

— «Nivel aceptable para la Sociedad». Es lógico pensar que nadie aceptaría los riesgos asociados a la radiación si en contrapartida no recibiese un beneficio. Más aún, el grado de aceptabilidad depende también del grado de beneficio. Este concepto, pues, aceptación-beneficio es variable. Actualmente existen criterios de protección que de forma relativa se aceptan internacionalmente; la relatividad se encuentra en la cuantificación del costo social (nivel de aceptabilidad) y en el beneficio económico. «Aceptable» será, pues, en el contexto de este artículo, el correspondiente al nivel de protección acorde con el Reglamento español sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.

— «Nivel aceptado por la Sociedad». Sería conveniente que lo que es «aceptable» para los Organismos Nacionales de los que emanan las normas de protección radiológica, basadas en el saber y experiencia de sus componentes, expertos en estos temas, también fuera aceptado por la Sociedad a través de sus Instituciones representativas. Con ello se conseguirían dos efectos beneficiosos. El primero una aceptación colectiva del punto de equilibrio entre el beneficio económico y el detrimento radiológico. El segundo efecto, derivado de la aceptación anterior, proporciona una confianza de la Sociedad en sus expertos nuclea-

res científicos, investigadores, autoridades, proyectistas, ingenieros, operadores, usuarios, etc., evitando las frecuentes polémicas que de alguna forma la deteriora. «Aceptado» tendrá, pues, la misma significación que «aceptable».

Casi toda la base experimental sobre los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes se encuentra contenida en un solo conjunto de datos: aquellos correspondientes a los damnificados por las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki. Sobre esta base empírica, tan macabra, se han construido dos hipótesis: la lineal y la del umbral. La primera en esencia establece que toda exposición, no importa cual sea su valor, es dañina. La segunda establece que por debajo de un cierto valor la exposición no tiene ningún tipo de efecto. Los Organismos Internacionales han optado por la primera, quizá en base a la ignorancia y en aras a la seguridad. ¡Todo hubiese sido distinto, al menos para las prácticas de la protección radiológica, si se hubiese fijado un umbral! Toda polémica hubiese cesado si se garantizara a la población un nivel de radiación inferior a dicho umbral. ¡Pero es tan difícil garantizar un nivel nulo!

La solución más airosa está en la compatibilización de ambas hipótesis a través del denominado «nivel aceptable» ya citado, y que ha de ser fijado mediante el proceso de optimización de la instalación o actividad, como más adelante se expone. La figura representa gráficamente la hipótesis lineal. Si mediante las técnicas costo-beneficio se llegara a determinar el efecto que compense el beneficio obtenido, se conocería la dosis que sería aceptable (y aceptada) que recibiese la población. Sea E_a y D_a tales efecto y dosis aceptables, respectivamente. A efectos prácticos D_a es una dosis umbral, por debajo de ella es aceptable el riesgo.

Esta solución que zanjaría cualquier discusión sobre lo adecuado o no de una instalación o actividad es matemáticamente sencilla, pues sólo es un cambio de origen en el sistema de referencia, de O a A , o más concretamente de O a E_a (considerando nulo el efecto aceptable). Pero socialmente esta solución es muy difícil porque, dejando aparte consideraciones técnicas de aplicación, que después se desarrollarán, se encuentra la sospecha humana de que el riesgo lo soporten unos y los beneficios se los llevan otros.

Para hacer frente a la problemática de encontrar una vía de solución razonable que permitiera la aceptación de la energía nuclear, la Comisión Internacional de Protección Radiológica sentó los principios del Sistema de Limitación de Dosis, que fue desarrollado por el Organismo Internacional de Energía Atómica, adoptado por la Comisión de las Comunidades Europeas y finalmente recogido en los Reglamentos de Protección Radiológica.

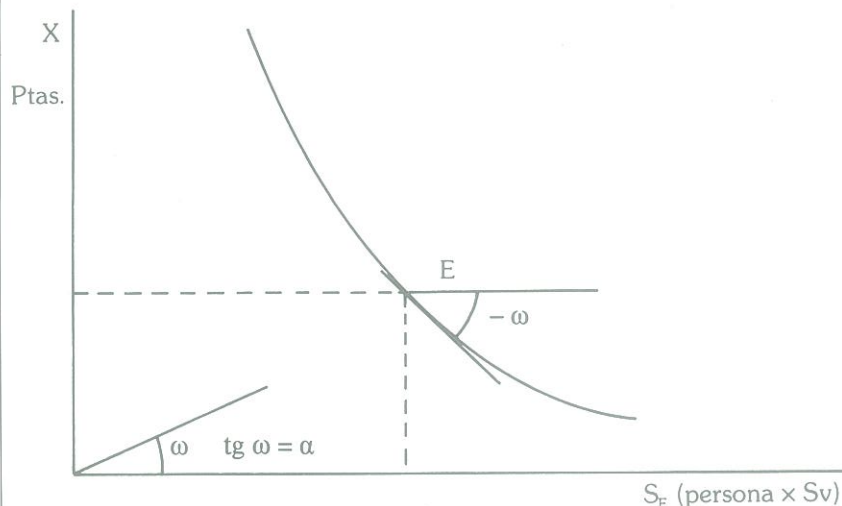
Tres son los principios en los que se fundamenta tal Sistema, a saber:

TODA LA GAMA DE SERVICIOS EN EL CAMPO DE LA ENERGIA NUCLEAR

- Servicios de mantenimiento: Shotpeening, extracción de tubos, taponado, lancing, descontaminación, etc.
- Asistencia técnica durante las paradas y en operación
- Servicios de combustible. Recargas
- Tratamiento de residuos
- Servicios para la disminución de dosis. Electro pulido de equipos de las piscinas de almacenamiento y del reactor, descontaminación de equipos y edificios, etc.

LECOCUSEA

General Moscardó, 27 - 28020 MADRID -Teléfono: 254 70 00 - Telex 43713 - GNCC-E



- Justificación de la práctica (instalación o actividad). Este principio tiene un carácter económico, político, de intereses nacionales, etc.
- Optimización de la práctica. Su carácter es de tipo social.
- Limitación de los efectos asociados a la práctica, con un carácter humanitario.

Y así, ninguna práctica (instalación o actividad) deberá ser autorizada si no está justificada, optimizada y respeta ciertos límites en cuanto a los efectos radiológicos que induce a la población.

Comenzando por el principio de la limitación, es preciso señalar que garantizan a la población el que no se producirán efectos no estocásticos entre ella. Puede vulgarizarse este criterio diciendo que «cualquier efecto que aparezca, que pueda ser atribuible a las radiaciones ionizantes procedentes de la instalación o actividad, es pura coincidencia», es decir, con el respeto a los límites, la aparición, en un cierto individuo de la población, de un determinado efecto, es debida al azar.

Antes de desarrollar los otros dos criterios conviene introducir la siguiente expresión, que mezcla datos monetarios correspondientes a costos tangibles e intangibles:

$$B = V - (P + X + Y)$$

en donde:

- B es el beneficio neto.
- V es el beneficio bruto.
- P es el costo básico de la producción, excluidos los de protección.
- X es el costo de alcanzar un cierto nivel de protección.
- Y es el costo del detrimento asociado a la práctica de que se trate.

Se puede concluir que una práctica está justificada cuando el beneficio neto es positivo. Es decir, $B > 0$. Desde un punto de vista económico la conclusión es lógica, pero puede haber razones varias que incluso con $B < 0$ la práctica sea justificable. Así pues, al tratar de justificar alguna instalación o actividad

aparecen factores que salen fuera del marco de la protección radiológica. Decisiones políticas, oportunidades de mercado, prestigio internacional, estrategias comerciales, etc., son argumentos que pueden ser esgrimidos en favor de la introducción o no de una práctica nuclear en un determinado país.

Si bien un análisis de justificación no es exigido en el Reglamento, se hace necesario un análisis de optimización. También en su planteamiento este análisis es sencillo; consiste en reducir las dosis colectivas, y de aquí el detrimento radiológico, a un valor tal que las nuevas reducciones sean menos significativas que el esfuerzo adicional necesario para alcanzar dichas reducciones.

En la expresión ya comentada:

$$B = V - (P + X + Y)$$

a mayor X, es decir, un nivel de protección mejor, le corresponde menor Y, es decir, existe menos detrimento.

El problema está en elegir X de forma que con el Y asociado al mismo se consiga un B máximo, o, lo que es lo mismo, un $(X + Y)$ mínimo. Esto, matemáticamente, corresponde a que, tomando como variable independiente la dosis efectiva colectiva S_E , B sea máximo, es decir, $\frac{dB}{dS_E} = 0$, que puede interpretarse

también como que B es independiente del valor de S_E , es decir, del detrimento; se consigue, pues, un resultado aséptico, el beneficio económico se independiza del detrimento que produce. Análogamente, tanto V como P no dependen de S_E ; por tanto, cuando $\frac{dX}{dS_E} = -\frac{dY}{dS_E}$ se alcanza el equilibrio que persigue la Seguridad radiológica.

La figura presenta X en función de S_E . Es una función decreciente a medida que aumenta el precio de los medios de protección, X; el detrimento radiológico, expresado en S_E , disminuye.

Si, como es usual, se denomina α al valor de $\frac{dY}{dS_E}$, es decir, al valor mone-

tario del detrimento, el punto E será aquel punto de la curva $X = f(S_E)$ en donde la pendiente de su tangente geométrica sea $-\alpha$.

Cualquier aumento de X más allá de E traería como consecuencia una disminución del detrimento no justificada.

Es en la aplicación práctica de este criterio de optimización cuando surgen las dificultades. Es lógico que α tome un valor fijo para todo tipo de instalaciones o prácticas, pues se refiere a los efectos radiológicos nocivos que se producen en las personas. También parece lógico que sea el mismo para toda la humanidad o bien sea función del nivel económico o social de cada país. Pero, ¿cuánto? En cálculos hechos en otros países, el valor de α ha oscilado entre 10 y 1.000 \$ USA.

El costo X puede distribuirse de diversas formas. O bien estableciendo barreras entre la radiación o el hombre, o bien el de disponer de un cierto número de personas que se turnasen en el trabajo con radiaciones, o bien una solución mixta. Sobre esto nada se ha estudiado.

En instalaciones complejas, los sistemas de protección necesitan de un mantenimiento a lo largo del tiempo que es preciso cuantificar en el momento de conceder la licencia. Las oscilaciones del mercado hacen problemática una evaluación de X con estrechos márgenes de incertidumbres.

Se puede dar la paradoja que fijado $\bar{\alpha}$, el punto E de la figura haya que irlo desplazando hacia un lado o hacia otro, según los precios del mercado. Pudiéndose dar la circunstancia de que prácticas licenciadas con cierto período de tiempo de desfase que, aún estando optimizadas, induzcan en la población afectada unos grados de detrimentos distintos; dándose la paradoja, o la realidad, de que la vida de una persona está también sometida a las veleidades del mercado económico.

El hecho es que en el país tomado como primero y mentor en el terreno de la tecnología nuclear, la justificación no se hace y la optimización únicamente ha quedado definida para las centrales nucleares y su ciclo de combustible, y viene expresada en forma de límite. Esta forma de pensar ha sido seguida por algunos países de la Comunidad Europea.

En conclusión puede decirse que, actualmente, los límites establecidos en los Reglamentos para la protección individual y los límites autorizados por la Administración han de ser considerados como la aplicación más positiva y eficaz del denominado sistema de Limitación de Dosis, y que ha de quedar en el buen quehacer de todas las personas que trabajan en el complejo campo nuclear el considerar en cada caso particular, y para cualquier situación, aquellos criterios que emanen de sus conocimientos para hacer posible una verdadera optimización. Es, pues, en la formación del personal profesionalmente expuesto en donde hoy por hoy radica el hacer realidad la frase a menudo utilizada, no siempre con acierto, «tan bajo como pueda razonablemente conseguirse».