

RADIACIONES

¿Qué son?

Las radiaciones son formas de energía que se emiten básicamente de dos maneras: particuladas o corpusculares y electromagnéticas. A su vez, pueden ser ionizantes o no ionizantes, lo cual se aclara mas adelante.

Las radiaciones particuladas tienen relación directa con el movimiento de electrones, protones y neutrones, los cuales forman parte natural de los átomos. Estas radiaciones son características, por ejemplo de la radioactividad, donde se emiten dos tipos de radiaciones: Alfa y beta.

Radiación Alfa: emitida por partículas alfa, compuestas por dos protones y dos neutrones, ellas tienen bajo nivel de penetración en tejidos (aproximadamente 100 micras).

Radiación beta: Emitida por partículas beta y que a su vez es de dos tipos: electrón negativo y electrón positivo o positrón. Estas tienen alto poder de penetración en superficies y tejidos (aproximadamente 1000 micras).

Una tercera radiación, se emite de los núcleos radioactivos es la **radiación gamma** que es electromagnética, no particulada como las anteriores. Los rayos gamma se irradian como fotones o cuantos de energía y pueden penetrar fácilmente hasta 30 cm de tejido o varias pulgadas de plomo.

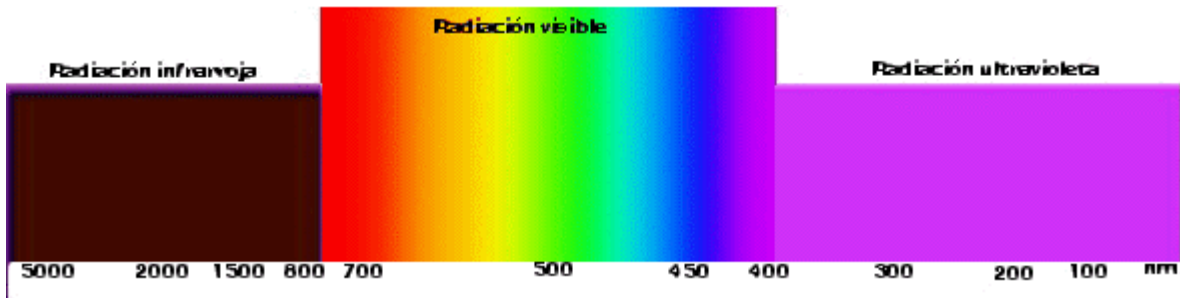
Los rayos gamma son el nivel de energía mas alto de lo que se conoce comúnmente como espectro electromagnético que se expresa como "ondas" y veremos a continuación:

El espectro electromagnético

La luz se puede definir como radiación electromagnética, una forma de energía radiante. Hay varios tipos de ondas electromagnéticas, incluyendo los rayos ultravioleta, rayos infrarrojos, ondas de radio, los rayos-X entre otras.

Del espectro total, sólo percibimos una pequeña parte, la que llamamos luz visible. Cada tipo de radiación tiene su longitud de onda característica. La longitud de onda quiere decir la distancia, en la dirección de propagación de una onda electromagnética periódica, entre dos puntos consecutivos con la misma fase en un instante de tiempo. La longitud de onda se expresa en metros. Las divisiones decimales del metro más utilizadas son: el micrómetro $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$; el nanómetro $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. Aquí consideramos el nanómetro como unidad de medida, que por tanto corresponde a una milmillonésima de metro.

La figura muestra la región de luz visible y las tres regiones en que la energía de ultravioleta, luz azul e infrarrojos pueden causar daño al ojo humano. Sin embargo, existen longitudes de onda mas cortas que el ultravioleta (rayos X, rayos gamma, rayos cósmicos) o mas largas que las del infrarrojo (ondas de radio, microondas, etc.), no visibles y que complementan el espectro. **Entre mas corta sea la longitud de la onda mayor probabilidad de penetración posee.**



RADIACIONES IONIZANTES:

*“Se conocen bajo este nombre a las radiaciones electromagnéticas o corpusculares capaces de producir **iones**, directa o indirectamente, a su paso a través de la materia y comprende las radiaciones emitidas por los aceleradores de partículas, las substancias radiactivas (alfa y beta), los rayos gamma, rayos X, así como los neutrinos (partículas atómicas de las cuales aún no se conoce suficientemente).*

Las radiaciones ionizantes son aquellas capaces de emitir electrones orbitales, procedentes de átomos ordinarios eléctricamente neutros, que dejan tras sí iones de carga positiva. Los electrones así proyectados pueden causar a su vez nueva ionización por interacción con otros átomos neutros. Las radiaciones ionizantes, algunas de naturaleza corpuscular, otras electromagnéticas, son las que encuentran mayor aplicabilidad en la ciencia y la industria.

RADIOTOXICIDAD.

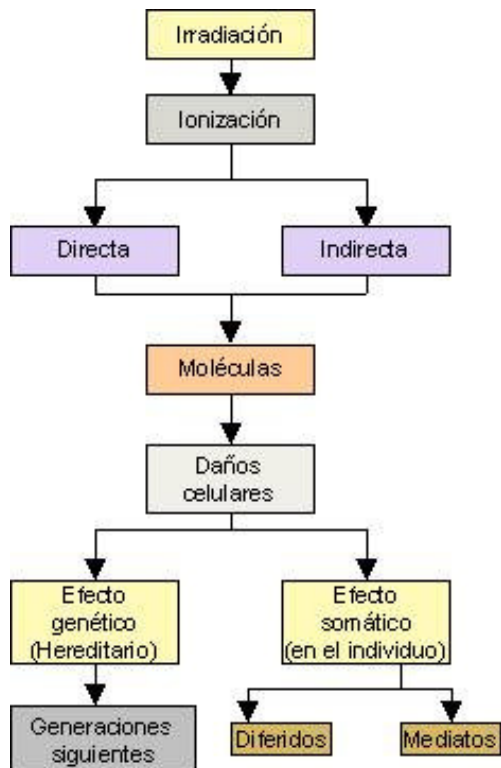
Las capacidades de penetración de las partículas o rayos son proporcionales a sus energías. Las partículas beta (β) son aproximadamente 100 veces más penetrantes que las partículas alfa (α) que son mas pesadas y se mueven con mas lentitud. Pueden ser detenidas por una placa de aluminio con un espesor de 0.3 cm. Pueden quemar la piel gravemente, aunque no alcanzar a llegar a los órganos internos. Las partículas alfa tienen baja capacidad de penetración y no pueden dañar o penetrar la piel. Sin embargo pueden dañar los tejidos internos sensibles en caso de que sean inhaladas. Los rayos gamma de alta energía tienen gran poder de penetración y dañan gravemente tanto la piel como los órganos internos. Viajan a la velocidad de la luz y pueden ser detenidos por capas gruesas de concreto o plomo.

El tipo de radiaciones Rayos X y Rayos Gamma (γ) con una vida corta causan graves daños e incluso la muerte a quienes se ven expuestos a su efecto. Sus efectos mas conocidos son la mutación del ADN y en el núcleo de la célula, interferencia en los procesos de división celular, inician la descomposición de muchos compuestos orgánicos, afecta perjudicialmente los mecanismos de proteínas y aminoácidos; destruye el tejido del cuerpo y ataca la médula ósea, principal fuente de glóbulos rojos.

El efecto de la radiación es inversamente proporcional al área corporal irradiada, esto es: a mayor área irradiada, menor tolerancia. Así mismo, depende del tiempo total de la exposición a la radiación y de si es o no fraccionada. Adicionalmente, el tiempo de radiación induce un mayor o menor daño biológico.

Los efectos biológicos a largo plazo más frecuentes son la inducción de leucemias u otro tipo de cáncer, formación de cataratas y acortamiento de la vida.

Los efectos hereditarios de la radiación, provienen de las mutaciones inducidas en las células germinales. La mayoría de los daños genéticos pueden resultar de la irradiación fetal, principalmente de las etapas tempranas del embarazo. Una gran variedad de efectos en las extremidades presentados en el nacimiento, se asocian con radiaciones ionizantes. Es importante resaltar que las alteraciones genéticas no necesariamente se manifiestan en la primera generación.



Daños Biológicos de las radiaciones ionizantes

PROTECCION CONTRA LAS RADIACIONES

Algunos autores clasifican a los rayos gamma como una clase de rayos X, especificando una diferencia entre rayos X “blandos” y rayos gamma. Es importante resaltar que la radiación Gamma emite mayor energía que los Rayos X; su longitud de onda es de 1 \AA , en tanto que los Rayos X tienen 10 \AA . A menor longitud de onda mayor es el grado de penetración; es por esto que se hace necesario tomar especiales precauciones cuando se conoce que existe radiación gamma en el ambiente.

Según el artículo 98 de la resolución 02400 de mayo 22 de 1979, emanada del Ministerio de Trabajo en Colombia, *“todas las radiaciones ionizantes tales como rayos X, rayos gamma, emisiones beta, alfa, electrones y protones de alta velocidad u otras partículas atómicas, deberán ser controladas para lograr niveles de exposición que no afecten la salud, las funciones biológicas, ni la eficiencia de los trabajadores de la población general.*

El control de estas radiaciones ionizantes se aplica a las actividades de producción, tratamiento, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte de fuentes radiactivas naturales y artificiales, y en la eliminación de los residuos o desechos de las sustancias radiactivas, para proteger a los trabajadores profesionales expuestos y a los trabajadores no expuestos profesionalmente, pero que permanezcan en lugares contaminados por radiaciones ionizantes o sustancias radiactivas.

Todo equipo, aparato o material productor de radiaciones ionizantes se deberá aislar de los lugares de trabajo o de los lugares vecinos, por medio de pantallas protectoras, barreras, muros o blindajes especiales para evitar que las emanaciones radiactivas contaminen a los trabajadores o a otras personas.

La resolución da tres alternativas para proteger contra radiaciones externas:

- a. Aumentar la distancia entre el origen de la radiación y el personal expuesto, de acuerdo a la Ley del Cuadro Inverso (la intensidad de radiación de una fuente puntual varia inversamente con el cuadrado de la distancia a la fuente), para la reducción de la intensidad de la radiación, para los puntos de origen de las radiaciones de rayos X, gamma y neutrones.
- b. Se instalarán pantallas o escudos para la detención de las radiaciones.
- c. Se limitará el tiempo de exposición total para no exceder los límites permisibles de radiación en un lapso dado.

Es importante conocer la cantidad de radiación que un trabajador recibe, por lo que debe recurrirse a equipos que la registren. Dentro de estos equipos podemos enunciar: Dosímetros de cristal, dosímetros de placa, cámaras de ionización, contador de Geiger-Müller, contadores proporcionales, contador de destellos. Algunos de estos aparatos registran directamente y otros necesitan de procesos adicionales, o dan lecturas que son una medición de la exposición durante un tiempo determinado. La Resolución

02400/ 79 del Mintrabajo, estipula que debe contarse con un dosímetro de película para que el trabajador lo lleve consigo.

DOSIS DE RADIACION

Para poder medir las radiaciones ionizantes y el daño biológico producido es necesario disponer de magnitudes y unidades adecuadas. A continuación se describen las más frecuentemente utilizadas, expresadas en el sistema internacional (SI) y sus equivalentes en el cegesimal.

Actividad (A)

Se define como el número de transformaciones nucleares producidas en el radionúclido por unidad de tiempo. La unidad de medida es el Bequerelio (Bq). En el sistema cegesimal es el Curio (Ci)

$$1 \text{ Bq(SI)} = 2,7 \times 10^{-11} \text{ Ci (Cegesimal)}$$

La actividad va decreciendo con el tiempo a una velocidad que se expresa mediante el periodo de semidesintegración (T) del radionúclido (tiempo al cabo del cual la actividad se ha reducido a la mitad).

Dosis absorbida (D)

Se define como la cantidad de energía cedida por la radiación a la materia o absorbida por ésta. La unidad de medida es el Gray (Gy).

$$1 \text{ Gy(SI)} = 100 \text{ rads (Cegesimal)}$$

Dosis equivalente (H)

Se define como el producto de la dosis absorbida (D), el factor de calidad (Q) y el producto de los demás factores modificantes (N), que tienen en cuenta las características de la radiación y la distribución de los radionúclidos.

$$D. \text{ equiv.} = D. \text{ abs} \times Q \times N$$

La unidad de medida es el Sievert (Sv)

$$1 \text{ Sv(SI)} = 100 \text{ Rems (Cegesimal)}$$

El valor de Q es 10 para las radiaciones α y 1 para el resto de las citadas, mientras que N se considera normalmente igual a 1.

Es necesario identificar el lugar de absorción al referirse a la dosis, esto obedece a que altas dosis pueden aplicarse a una pequeña parte del cuerpo en una sesión de terapia, pero una vigésima parte de esta radiación puede llegar a ser mortal si se aplica a la totalidad del cuerpo.

La efectividad biológica de la radiación ionizante no puede medirse con exactitud, ya que varía según la parte del cuerpo irradiado, el tipo de radiación, la distribución en profundidad de la radiación, y muchos otros factores como el sexo y la edad del individuo.

La comisión internacional de protección radiológica (C.I.P.R.) es el organismo internacional encargado de regular sobre el particular y la legislación colombiana adopta sus valores, para la protección de los trabajadores.

La dosis admisible o dosis máxima total acumulada de irradiación por los trabajadores expuestos, referida al cuerpo entero, gónadas, órganos hematopoyéticos y cristalinos, no excederán el valor máximo admisible calculado con la siguiente fórmula:

$$D = 5 (N-18)$$

en la que D es la dosis en los tejidos expresada en Rems y N es la edad del trabajador expresada en años.

La dosis admisible o dosis máxima total acumulada se refiere a la cantidad de radiación máxima a la que se puede exponer el trabajador durante su vida transcurrida. Por ejemplo, para un trabajador de 26 años, la dosis admisible es:

$$D = 5 (26-18) = 40 \text{ Rems}$$

Esta cantidad se refiere a la dosis máxima que puede recibir un trabajador de 26 años en su vida transcurrida pero no representa el límite de exposición del trabajador a fuentes ionizantes.

Si la dosis acumulada¹ no excede el valor máximo admisible hallado en la anterior fórmula, un trabajador podrá recibir en un trimestre una dosis que no exceda 3 Rems en el cuerpo entero, las gónadas, los órganos hematopoyéticos y cristalinos. Esta dosis de 3 Rems puede recibirse una vez al año, pero debe evitarse en lo posible en mujeres en edad de procrear.

Los trabajadores cuya exposición se haya venido ajustando a la dosis máxima admisible de 0.3 Rems semanales (valor fijado por el C.I.P.R.), y que de esta manera hayan acumulado una dosis superior a la permitida por la fórmula, no deberán quedar expuestos a dosis superiores a 5 Rems anuales hasta que la dosis acumulada en un momento dado resulte inferior a la permitida por la fórmula.

¹ Se incluyen las absorbidas a consecuencia de la radiación interna y de la radiación externa, y las debidas a la radiación natural.

Guía para la Exposición a Radiaciones Ionizantes (según C.I.P.R.)

Tipo de Exposición	Pauta
<i>Dosis efectiva</i>	
a) En un año	50 mSv (milisievert) ²
b) En un promedio de 5 años	20 mSv por año
<i>Dosis equivalente anual en :</i>	
a) Lentes de los ojos	150 mSv
b) Piel ³	500 mSv
c) Manos y pies	500 mSv

“La determinación de la dosis de exposición, para los trabajadores, deberá ser efectuada como mínimo, una vez al mes.” Esto puede llevarse a cabo gracias a los reportes arrojados por los medios instrumentales, tales como los dosímetros.

Así, por ejemplo, analizando el caso anterior, **para un trabajador de 26 años** que durante su vida haya sido expuesto a una dosis acumulada de 13 Rems –asumiendo una exposición baja promedio de 0.5 Rems por año durante su vida-, **ya que su dosis admisible es de 40 Rems**, puede admitir una exposición de máxima 5 Rems en un año y tolerar una dosis de 3 Rems por trimestre sin que exceda los 5 Rems en un año. **Hay que tener en cuenta que CIPR no recomienda una exposición mayor a 2 Rems por año en un período de cinco años, es decir 20 Rems máximo en una década, para no exceder la dosis admisible.**

En ningún caso la dosis admisible indica tolerancia o admisión a exposiciones superiores a 5 Rems por año y solo sirve como parámetro de comparación contra la dosis acumulada del trabajador.

² 10 mSv = 1 Rem

³ La limitación sobre la dosis efectiva provee suficiente protección contra los efectos estocásticos y aplica a la piel de la cara. La dosis de 500 mSv es un promedio sobre cualquier área de 1 cm² de piel sin tener en cuenta el área expuesta. Este límite adicional es necesario para proteger contra determinados efectos de exposición localizada.

ISOTOPOS

Los isótopos de un elemento contienen el mismo número de electrones y de protones, pero difieren de los átomos en su número de neutrones. Recordemos que un átomo está constituido por un pequeño núcleo muy denso (protones y neutrones) rodeado por nubes de electrones a distancias relativamente grandes del núcleo. El neutrón es una partícula sin carga, con masa ligeramente mayor que la del protón. Esta diferencia de masa en el núcleo causa inestabilidad lo cual produce su desintegración espontánea con la consiguiente liberación de energía

Los isótopos pueden clasificarse por su radiotoxicidad en muy alta como el ^{243}Am y ^{241}Am , alta toxicidad como el ^{137}Cs y moderada toxicidad como el ^7Be . Un isótopo de ^{137}Cs puede emitir radiaciones beta o gamma y tener una vida media de 30 años; El tiempo de vida media está definido como el periodo al cabo del cual el material **pierde la mitad de su actividad**.

SITUACIONES DE EMERGENCIA

El material contenido en instrumentos y artículos se considera de baja radioactividad, aunque las tres condiciones mencionadas anteriormente (tiempo de exposición, distancia y control de exposición) deben mantenerse como básicas para el control del riesgo en caso de presentarse una emergencia.

Riesgos potenciales

Salud

- ⊛ La radiación de instrumentos y artículos presenta riesgo mínimo para el transporte, trabajadores, personal de emergencia y el público durante accidentes de transporte.
- ⊛ La durabilidad del empaque es consecuente con el peligro potencial del material.
- ⊛ La cantidad de material presenta baja radiación si se libera del empaque durante un incidente.

Fuego o explosión

Algunos materiales pueden arder pero no son inflamables. La radioactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales.

Seguridad Pública

- ⊛ Mantener a mano los teléfonos de las autoridades competentes y los organismos de socorro.
- ⊛ Aísle el área del derrame o fuga de 25 a 50 metros en todas las direcciones. Mantenga equipos de medida y con base en el resultado determine la distancia mínima real de seguridad

- ❖ Ubíquese en la dirección del viento y no se acerque si no cuenta con elementos de protección personal apropiados.
- ❖ Aleje al personal no autorizado y sin protección.
- ❖ Detenga o aisle a personas irradiadas pero no lesionadas o equipos sospechosos de estar contaminados, para su posterior descontaminación, previa medición.

Evacuación

- ❖ Si hay un gran derrame considere una evacuación inicial de 100 metros en dirección del viento, pero determine según la medición realizada.
- ❖ Cuando una gran cantidad de material está involucrada en un incendio se debe considerar una evacuación inicial de 300 metros.

Respuesta a Emergencias

Fuego

- ❖ La presencia de material radioactivo no altera la efectividad de las técnicas de control de incendios.
- ❖ Mover los equipos del área del área de fuego, siempre que no se ponga en riesgo su seguridad.
- ❖ No intente mover equipos dañados, sólo los que estén en buenas condiciones.

Fugas o derrames

- ❖ No toque los equipos o empaques dañados o el material derramado.
- ❖ Los derrames líquidos deben cubrirse con material absorbente inerte no combustible como los paños especiales para productos químicos, absorbentes granulados o en polvo, vermiculita, etc.
- ❖ El material en polvo debe cubrirse con un plástico para evitar su esparcimiento en el ambiente.
- ❖ Posteriormente se recoge en recipientes herméticos elegidos de acuerdo al tipo de envase original a fin de proporcionar la seguridad necesaria.

Ropa protectora en caso de emergencia

De acuerdo con el tipo de radiación se recomienda que en casos de emergencia se utilicen delantales y guantes plomizados (mas adecuado para rayos X), trajes aluminizados, trajes en fibras especiales para prevenir el ingreso de la radiación a órganos vitales del cuerpo. Debe prevenirse la inhalación de partículas de polvo suspendidas en el ambiente por lo que se hace indispensable el uso de un equipo de autocontenido para aislar totalmente del ambiente contaminado.

MEDIDAS PREVENTIVAS (Antes de la emergencia)

- Mantener plena información sobre el tipo de radiación a manejar. Conocer muy bien la información que suministra el manual de operación del equipo y asegurarse de que los trabajadores cuenten con toda esta información también.

- Utilizar dispositivos protectores contra las radiaciones.
- Contar con equipos de medida para monitoreo permanente.
- Evitar poner material particulado en el aire, evitando el barrido en seco o la manipulación indebida.
- “Filtrar el aire extraído, y de ser necesario lavarlo⁴ para evitar el riesgo público”.
- La ropa protectora debe lavarse separada de la ropa de calle, para evitar su contaminación.
- “Estará prohibido comer, beber o fumar en los lugares donde pueda haber radiaciones, para evitar el riesgo de ingestión; no se introducirán en las áreas donde se usen o existan sustancias radiactivas, alimentos, bebidas, utensilios para tomarlas, artículos de fumador, bolsas de mano, cosméticos u otros objetos para aplicarlos, pañuelos de bolsillos o toallas.”
- El acceso a las áreas de radiación deberá ser restringido a personal autorizado y con la debida señalización.
- Tanto los densímetros, como los equipos de medida ocupacionales deben cuidarse del daño físico; se recomienda mantener alejado de excavadoras, camiones u otra maquinaria que ponga en riesgo la integridad
- Las rutas de acceso a las áreas de operación y los equipos deberán señalizarse como se indica, en caso de tratarse de una fuente radiactiva:



Fondo amarillo, símbolo negro

Fondo blanco, letras y número negro.

Los rayos X y gamma u otras formas de radiación deberán advertirse con el nombre y clase de radiación emitida.

RADIACIONES NO IONIZANTES:

Las radiaciones de espectro electromagnético asociadas con la radiación no ionizante son la radiación de microondas, infrarroja, de luz visible, ultravioleta y láser.

Las ondas electromagnéticas varían en frecuencia pero viajan con la misma velocidad. Las bandas de radiación no ionizante se clasifican según sus longitudes de onda. No existe una delineación marcada entre una banda y otra. De hecho, a menudo las divisiones se traslapan, pero las escalas separan los efectos físicos y biológicos asociados con cada tipo de radiación.

⁴ Consideramos que el autor hace referencia a filtros y controles de ingeniería para retener el material.

ESPECTRO VISIBLE. La parte visible del espectro electromagnético es percibida por el ojo humano que reconoce colores entre rojo y violeta cuyas longitudes de onda oscilan entre 400 a 800 nanómetros; en este intervalo las ondas de mayor energía son cortas y se ubican hacia el color violeta, mientras las de menor energía son largas y se ubican hacia el rojo. El interés ocupacional principal con la luz visible pertenece a la cantidad de iluminación suficiente para realizar una tarea en forma adecuada. Se ha informado de estudios que relacionan la intensidad de la luz visible con el nivel de realización en el trabajo, pero no se dispone de datos concluyentes que indiquen que existen riesgos fisiológicos con la exposición a la luz visible.

Existen tres clases principales de medición de la luz: la luz incidente, reflejada y transmitida. La luz incidente se refiere a ese tipo de luz que está dirigida a la superficie del trabajo. Esta se mide en pies-bujías. La luz reflejada se refiere a aquella que rebota de superficies. Esta medición se realiza para determinar el relumbre reflejado y la cantidad de luz que es reflejada en la superficie de trabajo por las paredes y el techo.

La luz transmitida penetra un material transparente o translúcido. Se hacen mediciones a fin de determinar la eficiencia de los difusores de las lámparas, que ayudan a evitar el relumbre directo, o equipo de protección personal como gafas protectoras.

El grado de luz visible presenta poco riesgo biológico salvo posiblemente para la vista en condiciones extremas.

Espectro ultravioleta. El espectro ultravioleta (UV) va de 4 a 400 nanómetros y está subdividido en tres categorías: UV de vacío, UV distante y UV cercana. La radiación ultravioleta no es visible para el ojo humano y es producida en forma natural por el sol y artificialmente por arcos eléctricos.

La exposición de los trabajadores a la radiación ultravioleta contempla la emisión de la luz UV de operaciones de soldadura o cuerpos calientes y del uso de fuentes de luz UV en la industria tales como en el procesamiento de sustancias químicas, la producción de tableros de circuitos empotrados, detección de materiales fluorescentes y rayos láser UV. La piel y los ojos son los órganos principales que están sujetos a los riesgos de la absorción de la luz ultravioleta, que por ser de mayor energía puede ocasionar daños, mas no se considera radiación ionizante.

En general, el personal puede protegerse fácilmente de la exposición a la radiación ultravioleta cubriendo las fuentes de radiación; mediante el uso de gafas de protección con filtro UV; y a través de uso de ropa protectora; y, para fines especiales, mediante el uso de cremas para la piel que absorban o reflejen este tipo de radiación.

Por encima de la radiación ultravioleta encontramos los rayos X y gamma que sí constituyen radiación ionizante y se explicaron anteriormente.

Radiación infrarroja. El espectro infrarrojo (IR) se ubica en la región espectral de 800 a 4000 nanómetros y se subdivide además en la región infrarroja cercana y en la infrarroja lejana o distante. Todos los objetos con una temperatura superior al cero absoluto emiten radiación infrarroja como función de la temperatura. Las fuentes que suelen encontrarse son cuerpos calientes o incandescentes que producen un amplio espectro continuo de radiación IR.

El daño a la piel causado por la radiación IR es básicamente térmico en naturaleza y no se conocen efectos de bajo nivel a largo plazo. Los niveles de daño de umbral son esencialmente similares a los del daño a la piel producido por radiación visible. La piel y los ojos son los órganos críticos que sufren los efectos de la radiación IR. La protección en contra de la radiación IR la proporciona el uso de gafas protectoras y máscaras de protección para el rostro.

Por debajo de la radiación infrarroja se encuentran las microondas y otras que también tienen aplicación en la industria moderna y se mencionan a continuación:

Radiación de microondas. Las microondas se definen como radiación electromagnética en la escala de frecuencias entre 100 megahertz (MHz) y 300.000 MHz. Las microondas son ondas largas que se utilizan como fuentes de calentamiento y están asociadas, por ejemplo, con hornos de microondas, secadores para productos alimenticios envasados en papel, y maderas terciadas, la pasteurización, cerámica y diatermia.

El uso de microondas en la industria va en aumento así como también el número de trabajadores potencialmente expuestos. El riesgo principal de la energía de las microondas está asociado con los efectos térmicos que se producen en los tejidos expuestos del cuerpo, aunque algunos investigadores han informado de efectos no térmicos. Los efectos fisiológicos de las microondas están relacionados con la densidad de energía de las mismas, expresada en microwatts por centímetro cuadrado, y su frecuencia.

Los principios básicos de control de la radiación de microondas incluyen la restricción del acceso a áreas donde es probable que las exposiciones excedan niveles recomendados, la reducción del tiempo de exposición, el blindaje de las fuentes generadoras de microondas, y la reorientación de antenas u otros dispositivos emisores de microondas a fin de minimizar la exposición de seres humanos. Los dispositivos de protección personal suelen ser poco efectivos para reducir las exposiciones, el principal método de control debe sustentarse en la reducción de la exposición en su origen.

Rayos láser. La palabra *láser* corresponde a las siglas de la frase amplificación de la luz por la emisión de radiación estimulada (del inglés, light amplification by stimulated emission of radiation). Los rayos láser comprenden las regiones infrarroja, visible y ultravioleta del espectro y concentran una gran cantidad de energía en una pequeña área transversal. Los rayos láser pueden ser proyectados a largas distancias, y su uso

en los lugares de trabajo es cada vez mayor. Actualmente se realiza una gran cantidad de procedimientos odontológicos y oftalmológicos con las técnicas láser.

Los efectos biológicos potenciales de la exposición a rayos láser se deben a las interrelaciones de las energías ultravioleta, de luz visible e infrarroja; pero debido a la alta intensidad de energía y a las características de pulso corto de la radiación, pueden ocurrir efectos diferentes y más catastróficos en los tejidos de los seres humanos.

En principio, la base del método de control implica minimizar la posibilidad de exposición ocular al rayo láser directo y sus reflexiones. La educación es preponderante en la prevención de la exposición accidental de los rayos láser. Comúnmente se utilizan protecciones para evitar exposiciones accidentales. Así mismo, el uso de gafas protectoras específicamente diseñadas para el tipo de rayo láser usado sería obligatorio donde existan exposiciones potenciales a rayos láser.

Fuentes Consultadas:

1. CRITERIOS PARA LA ACEPTABILIDAD DE INSTALACIONES RADIOLÓGICAS INCLUYENDO RADIOTERAPIA) Y DE MEDICINA NUCLEAR. Dirección de Seguridad Nuclear y Protección Civil. Comisión . Comunidad Económica Europea. 2003.
2. NTP 304: Radiaciones ionizantes: normas de protección. INSHT. España. 2003.
3. CORDOBA, Darío. Toxicología. Tercera Edición. Páginas 433, 434 y 435.
4. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Edición Luigi Parmeggiani. Oficina Internacional del Trabajo. Página 2029.
5. GENNARO, et al., REMINGTON FARMACIA, Edición 17, páginas 615-620.
6. Threshold limit values for chemical substances and physical agents. TLV's and BEI's 2003. ACGIH. P 133.
7. GRIMALDI Y SIMONDS. La seguridad industrial - su administración. Editorial Alfaomega. Segunda edición en español. P 445, 446 y 447.
8. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 02400 mayo 22 de 1.979. Capítulo V.
9. WHITTEN, Kennet y otros. Química General. Editorial McGraw Hill. Tercera edición. P 807, 808, 816.
10. <http://www.cdc.gov/niosh/hcwold5e.html> .Recommended Guidelines for Controlling Noninfectious Health Hazards in Hospitals.

Nota: La información anterior se proporciona a manera de orientación. Está basada en fuentes consideradas veraces, y acatarla o no depende exclusivamente del usuario. El autor no se hace responsable por las consecuencias derivadas de la aplicación de estas recomendaciones.

CISTEMA – SURATEP (may de 2004)⁵

⁵ DERECHOS RESERVADOS DE AUTOR – SURATEP S.A.