

TEMA 9
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OPERACIONAL
Miguel Alcaraz Baños.

Objetivos generales

1. Establecer la clasificación de las zonas de trabajo según su nivel de riesgo.
2. Explicar en qué consiste la vigilancia de zonas.
3. Describir las señalizaciones reglamentarias de las zonas de trabajo, en función del riesgo.
4. Exponer los requisitos para el acceso a las diferentes zonas de trabajo desde el punto de la dosimetría personal.
5. Determinar quién tiene acceso a la información dosimétrica del trabajador profesionalmente expuesto.
6. Explicar los objetivos de la vigilancia médica previa y periódica de los profesionalmente expuestos.
7. Explicar qué es una barrera primaria.
8. Decir qué es una barrera secundaria.
9. Discutir el efecto que pueden tener sobre el blindaje algunos elementos constructivos tales como ventanas de vidrio, juntas, uniones, puertas y guías para entrada de cables y tuberías.
10. Expresar estimaciones de la protección que producen las mamparas, delantales, guantes, vidrios convencionales y plomados, gafas plomadas y protectores para pacientes.
11. Conocer las infracciones y sanciones expuestas en las leyes de Protección Radiológica.

TEMA 9

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OPERACIONAL.

Miguel Alcaraz Baños.

La protección radiológica operacional se refiere a la que se establece desde la fabricación e instalación de un equipo de radiaciones ionizantes, hasta la realización de un estudio en un paciente. Por ello, nos centraremos en este tema en:

1. El equipo y su ubicación.
2. Fase operacional del proceso.
3. Dosis recibidas.
4. Control y vigilancia de los puntos mencionados.

9.1. EL EQUIPO DE RAYOS X.

En relación al equipo, la protección radiológica en radiodiagnóstico se debe incorporar en el *diseño del equipo*, en el *proyecto de la instalación* y en la *adecuada señalización de las zonas en donde éste se encuentra*.

9.1.1. Diseño del equipo:

Los equipos deben ser fabricados con unos criterios de calidad mínimos para que no representen un riesgo importante para los pacientes o para el personal de operación (filtración adecuada, dispositivos automáticos de colimación, cortinillas plomadas, etc). Estos dispositivos han de estar sujetos a verificaciones periódicas y cumplir todos los criterios de homologación y recomendaciones de la ICPR.

9.1.2. Proyecto de instalación:

Los equipos de rayos X deben estar ubicados en locales que hayan sido previamente estudiados y preparados para contener el equipo concreto que se vaya a instalar. Para ello se ha de tener en consideración la carga de trabajo que vaya a suministrar dicho equipo, recordando la protección frente a las radiaciones que representa el propio muro de separación de las salas, así como la necesidad de incluir un determinado espesor de plomo cuando las condiciones supongan un riesgo de irradiación en el exterior de la sala.

Se denominan Barreras frente a la radiación X a cualquier estructura que se interponga en el camino del haz de radiación. Las barreras primarias serán las situadas frente al haz primario de radiación y a las restantes se les denomina barreras secundarias. Lógicamente, las barreras primarias serán de mayor grosor que las secundarias, y de forma especial, cuando el equipo soporte un elevado kilovoltaje pico (kVp) o una carga de trabajo importante.

De la misma forma es esencial la ubicación de la sala de revelado y otras dependencias comunes, de forma que suponga trayectos mínimos para el personal, pero sin aumentar los niveles de radiación dispersa que eleven el nivel de velo de las películas radiográficas. Tanto los cuartos oscuros, los almacenes y las salas han de ser revisados periódicamente y deberían mantener un control de calidad.

Los miembros del público que estén en las proximidades de las salas de rayos X (incluso los pacientes cuando esperan o sus familiares) no deben recibir radiación como resultado de exploraciones a otros pacientes. Se tendrá en cuenta que las dosis de radiación en el exterior de la sala han de estar optimizadas, siendo prácticamente despreciables en las zonas en las que pueda haber miembros del público. Deberán elaborarse normas para el correcto funcionamiento y operación de los equipos, tanto desde el punto de vista de la protección del operador, como de los protocolos de

las exploraciones, para obtener la información diagnóstica que se precise con la mínima dosis de radiación para los pacientes.

En todo caso, la instalación debe pasar todas las verificaciones de dosis y todos los requisitos legales antes de entrar en funcionamiento.

9.1.3. Clasificación y señalización de zonas:

Todas las zonas serán **señalizadas** utilizando un símbolo internacional consistente en un trébol enmarcado por una orla rectangular del mismo color del símbolo y de la misma anchura que el diámetro de la circunferencia interior del símbolo (Figura 9.1.).



Fig. 9.1. Señalización internacional de zonas de radiación.

Según el riesgo de recibir una determinada dosis de radiación, las distintas zonas de trabajo se clasifican y se señalizan de la siguiente forma (Fig.9.2):

a) Zona de Libre Acceso: Se consideran zonas de libre acceso a los espacios en los que es muy improbable recibir dosis efectivas superiores a **1 mSv/ año oficial**, por lo que en ella no es necesario establecer medidas especiales en materia de protección radiológica.

A partir de estas dosis las zonas deberán clasificarse como:

b) Zona Vigilada: Es aquella en la que es posible recibir dosis efectivas superiores a **1 mSv/año oficial**, o recibir dosis efectivas inferiores a 3/10 de las dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades de los trabajadores profesionalmente expuestos. Sin embargo, no es probable recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv/año oficial. En esta zona no es necesario el uso de dosímetros individuales, pero sí una estimación de las dosis por **dosimetría de área**. Un ejemplo de este tipo de zona es el área situada en el interior de la mampara de protección del pupitre de control de las salas de radiodiagnóstico y de radiología intervencionista y hemodinámica. La representación internacional de esta zona es de un **trébol de color gris azulado, con puntas radiales sobre fondo blanco**, si hay riesgo de irradiación externa como es el caso del radiodiagnóstico.

c) Zona Controlada: Es aquella en la que no es improbable recibir dosis efectivas superiores a **6 mSv/año oficial** o recibir dosis efectivas superiores a 3/10 de las dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades de los trabajadores profesionalmente expuestos. En ellas será obligatorio el uso de **dosímetros individuales**. Un ejemplo es el interior de las salas de radiodiagnóstico con equipo fijo. En las Zonas Controladas el **trébol será de color verde, con puntas radiales sobre fondo blanco** si hay riesgo de irradiación externa como es el caso del radiodiagnóstico.

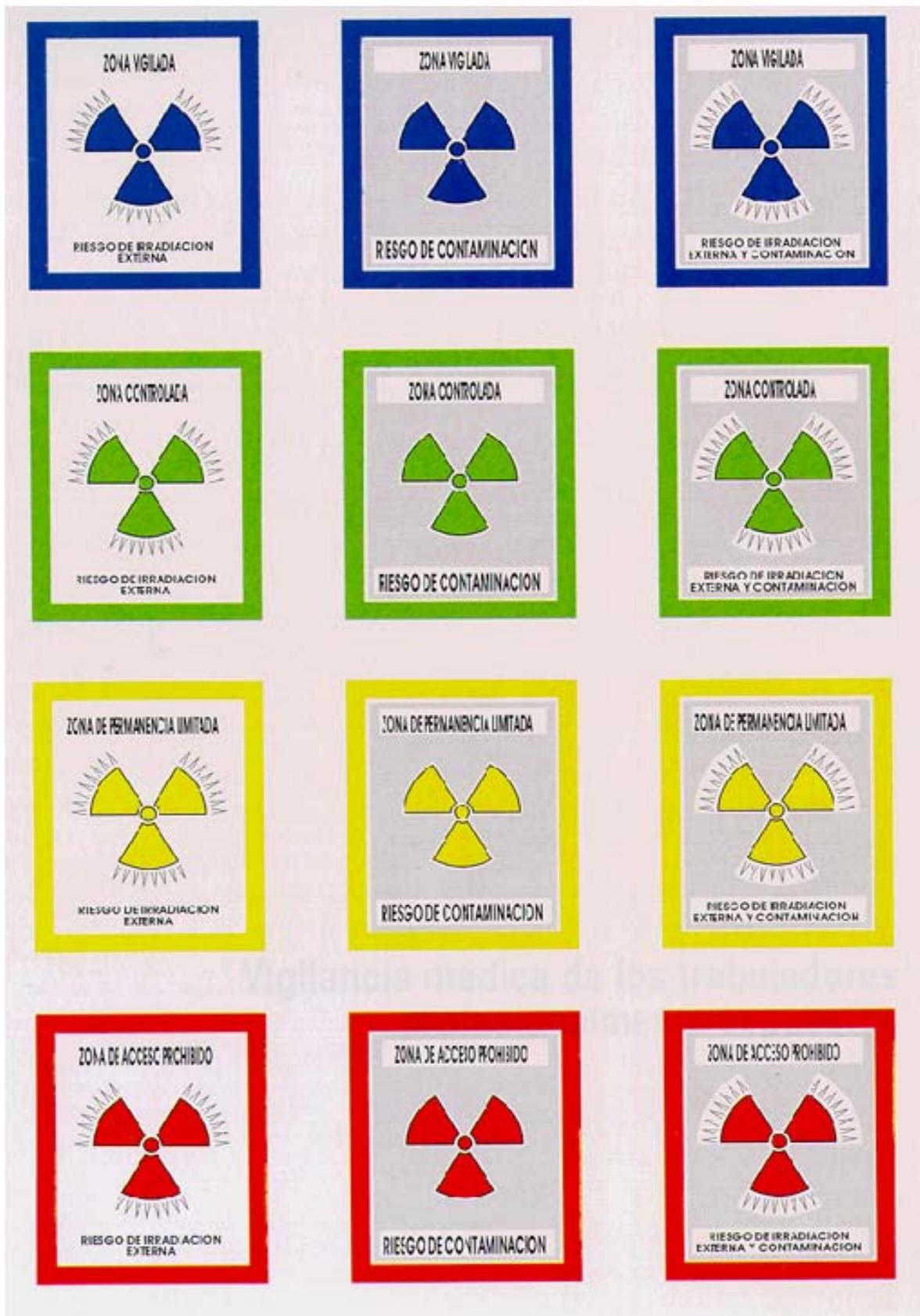


Fig.9.2.: Señalización de zonas con riesgo de irradiación

El acceso a las zonas controlada y vigilada estará limitado a las personas autorizadas al efecto. A su vez, la Zona Controlada se subdivide en otras tres zonas, según el riesgo de irradiación que exista en ellas::

1) Zona de Permanencia Limitada: Aquellos sectores dentro de la zona controlada en los que el **trabajo habitual** supone un riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de la dosis establecida para el personal profesionalmente expuesto. Un ejemplo lo representan el interior de las salas de radiología intervencionista y hemodinámica. En las Zonas de Permanencia Limitada el *trébol será de color amarillo sobre fondo blanco*.

2) Zona de Permanencia Reglamentada: Aquellos sectores dentro de la zona controlada en los que existe el riesgo, **en exposiciones durante cortos períodos de tiempo**, de recibir una dosis superior a los límites anuales de la dosis establecida para el personal profesionalmente expuesto. Un ejemplo lo representaría la navegación en aeronaves, y corresponden a una nueva modalidad de zona incorporada a la legislación en la última revisión realizada. En las Zonas de Permanencia Limitada el *trébol será de color naranja sobre fondo blanco*.

2) Zona de Acceso Prohibido: Aquellos sectores dentro de la zona controlada en los que existe el riesgo de recibir, **en una exposición única**, dosis superiores a los límites anuales fijados para los trabajadores profesionalmente expuestos. En las Zonas de Acceso Prohibido el *trébol será de color rojo sobre fondo blanco*.

Si existe solamente **riesgo de exposición externa** el trébol se bordeará de puntas radiales. Si existe **sólo riesgo de contaminación**, se situará el trébol en un campo blanco punteado. En caso de existir **ambos riesgos** se utilizará un trébol bordeado de puntas radiales en campo punteado. Las señalizaciones se complementarán con una leyenda que indique, en la parte superior el tipo de zona, y en la parte inferior el tipo de riesgo. Todas estas señales se situarán en forma bien visible en la entrada y en los lugares significativos de cada tipo de zona (vigilada, controlada, etc.,)

Como señalización auxiliar se debe colocar en el acceso a la sala una señal luminosa en color rojo que indique la emisión de rayos X, y con una leyenda que exprese que la entrada queda prohibida cuando la luz está encendida.

9.2. FASE DE OPERACIÓN.

En la fase de operación o realización de un estudio radiológico se tendrán en cuenta, en relación a la protección radiológica, una serie de parámetros y actuaciones de forma sistemática, como:

- * El correcto centraje del haz de radiación.
- * La correcta alineación tubo-rejilla.
- * Pantallas de refuerzo adecuadas y compatibles con película, chasis y equipo.
- * kV adecuado, recordando que a mayor kV se necesita menor dosis.
- * Tamaño del campo mínimo compatible con el estudio.
- * Haz de radiación con características adecuadas según el espesor y estructura del órgano a atravesar.
- * Protección de órganos no necesarios para el estudio.
- * Optimización de dosis en el exterior de la sala de forma que donde pueda existir público éstas serán despreciables.
- * Existencia de normas, que estarán presentes en todas las salas, para el correcto funcionamiento y operación de los equipos, tanto en protección del operador, como protocolos de exploraciones, con el fin de establecer protocolos operacionales diagnósticos con las mínimas dosis.
- * Promocionar la adecuada recuperación y transmisión de información.
- * Establecer y situar en lugares visibles los anuncios sobre los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en la mujer embarazada.
- * Realizar de forma periódica el análisis de las causas de rechazo de radiografías.
- * Establecer un control de calidad para cada instalación.

La protección radiológica debe ser considerada por el profesional médico cuando se solicita una exploración radiológica evaluando el coste-beneficio de la misma. Para ello hay que tener en cuenta las recomendaciones de la OMS y de la ICRP. Se debe estudiar la realización de exploraciones alternativas que no impliquen el uso de radiaciones ionizantes. Para los pacientes no se establecen límites de dosis, si bien la normativa vigente obliga a que se optimice el uso de las radiaciones ionizantes en el diagnóstico. Es obvio que el personal de operación debe conocer los métodos que permitan optimizar las exploraciones radiológicas. En general, la correcta aplicación de criterios de optimización a los pacientes (por ejemplo, el uso de cortos tiempos de escopia), repercutirá en que las dosis al personal de operación sean también más bajas.

El personal de operación deberá conocer los riesgos potenciales que suponen el manejo de los equipos de rayos X y su correcto funcionamiento. Las pautas de trabajo del personal estarán optimizadas siguiendo la filosofía **ALARA**.

9.3.- DOSIS RECIBIDAS.

En el tema anterior se han establecido las dosis máximas permitidas para cada uno de los sectores de la población que pueden estar implicados en la adquisición de dosis de radiaciones ionizantes. En este apartado se darán especificaciones para los trabajadores profesionalmente expuestos.

Las dosis recibidas por los trabajadores profesionalmente expuestos se determinarán, cuando las condiciones de trabajo sean normales, con una **periodicidad no superior a un mes para la dosimetría externa**, con el fin de mantener actualizado el historial dosimétrico de las mismas y comprobar el cumplimiento de las normas básicas de protección. La dosimetría individual será efectuada por Entidades o Instituciones expresamente autorizadas y supervisadas por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Para los trabajadores profesionalmente expuestos de **categoría A** será obligatorio:

- La utilización de **dosímetros individuales** representativos de la dosis para la totalidad del organismo durante toda la jornada laboral.
- En el caso de riesgo de exposición parcial no homogénea del organismo, la utilización de **dosímetro adecuado** en las partes potencialmente más afectadas.

Para los trabajadores profesionalmente expuestos de la **categoría B**, no será preceptivo el uso de dosímetros personales, **siempre y cuando se disponga de dosimetría de área** en los lugares de trabajo, que permita controlar que las dosis recibidas son inferiores a los límites anuales de dosis.

Será obligatorio registrar todas las dosis recibidas durante la vida laboral de los trabajadores profesionalmente expuestos, en un historial dosimétrico individual que estará, en todo momento, a disposición del propio trabajador, debiendo proporcionarle una copia cuando cese su actividad laboral en dicha instalación.

En el historial dosimétrico correspondiente a trabajadores de la categoría A, se registrarán como mínimo las dosis mensuales y las dosis acumuladas durante cada período de doce meses. En el caso de trabajadores de categoría B, se registrarán las dosis anuales determinadas o estimadas.

Los trabajadores profesionalmente expuestos que lo sean en más de una actividad o instalación están obligados a dar cuenta expresa de tal circunstancia al responsable de cada uno de los centros en que trabajen, al objeto de que en todos ellos conste actualizado y completo, su historial dosimétrico individual. A tal fin, el trabajador deberá comunicar en cada actividad los resultados dosimétricos que le proporcionen en las demás.

9.4. VIGILANCIA Y CONTROL.

9.4.1. Vigilancia de la radiación y zonas de trabajo.

En los lugares de trabajo donde exista riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes debe realizarse una vigilancia con los equipos adecuados, que permita determinar los niveles de radiación ambiental existentes, especialmente donde estos niveles puedan ser máximos. La vigilancia en las zonas de trabajo tiene por objeto determinar los niveles de radiación ambiental existentes y detectar cualquier anomalía que pueda dar lugar a un aumento injustificado de los mismos (Figs.9.3 y 9.4.)

La detección de un nivel de radiación ambiental superior al previsto, puede significar una avería en alguno de los dispositivos de seguridad de los equipos generadores de radiaciones ionizantes, o una incorrecta utilización del equipo por parte del personal de operación. Es preciso investigar la causa y tomar las medidas de protección oportunas. Las condiciones de seguridad de las instalaciones existentes se evaluarán con una periodicidad anual, registrándose todos los datos obtenidos en las medidas (Fig.9.5).

El acceso a zonas controladas y vigiladas estará limitado a las personas autorizadas al efecto.

- En las zonas controladas será obligatorio el uso de **dosímetros personales, individuales e intransferibles**.
- Los **dosímetros personales** deben colocarse a la altura del pecho y debajo de los elementos de protección como delantales para poder ser significativos de las dosis corporales.
- Los **dosímetros adicionales** que se utilicen en otras partes del cuerpo, deberán ir situados en las zonas que se quiere controlar.
- En las zonas vigiladas la asignación de dosis podrá efectuarse por **dosimetría de área**.
- Los **dosímetros de área fijos**, deben ubicarse en las zonas más representativas y de mayor riesgo y nivel de ocupación.
- Cuando por circunstancias del trabajo, los operarios no puedan permanecer en zonas protegidas y tengan que estar próximos al paciente durante la exposición, se utilizará el material de **protección con su correspondiente equivalencia en mm de plomo**, tales como *delantales, gafas o protectores gonadales o tiroideos* durante la misma, evitándose el haz directo de radiación y evitando alargar de manera innecesaria el tiempo de exposición.
- Igualmente cuando por proximidad se puedan exponer órganos del **paciente** no implicados en el diagnóstico o exploración, se les debe colocar **protectores adecuados (gonadales, tiroideos etc.)** para disminuir en lo posible la dosis directa y/o dispersa

VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE ZONAS.

OBJETIVOS GENERALES.

1. Determinar las condiciones de exposición a las radiaciones en las condiciones normales de operación.
2. Detección rápida de cualquier situación anormal que implique riesgos de irradiación
3. Estimar las dosis máximas recibidas por los trabajadores a causa de su exposición a la radiación externa.

Fig.9.3.: Vigilancia radiológica de zonas: Objetivos generales

VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE ZONAS.

Con equipos del tipo y sensibilidad adecuados: detectores, cámaras de ionización, contadores Geiger-Muller, etc.

De forma continua o periódica, en función de los valores esperados y su posible variación.

Puntos de medida: según criterios de mayor ocupación y de máxima incidencia en caso de accidente.

Se realizará en proximidades de generadores de radiación ionizante, y en sus locales contiguos.

Fig.9.4.: Determinación de la radiación

VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE ZONAS. OBJETIVOS FINALES.

1. Clasificar zonas de trabajo según riesgo de irradiación
2. Establecer, delimitar y señalar las zonas en subzonas controladas y vigiladas.
3. Elaborar planos e informes de la situación radiológica en las zonas.
4. Estimar los valores máximos mensuales de exposición a que estarían sometidos los trabajadores en zonas vigiladas.
5. Mantener el control de las fuentes de radiación.

Fig.9.5. Vigilancia radiológica de zonas: Objetivos finales

9.4.2. Control y vigilancia médica del personal.

Es **obligatorio** realizar un reconocimiento de salud previo al inicio de actividades con radiaciones ionizantes, así como reconocimientos periódicos, que al menos serán anuales, a todo trabajador profesionalmente expuesto a radiaciones ionizantes.

El **objeto** de una vigilancia médica periódica de los TPE es:

- Evaluar la salud de los trabajadores.
- Contribuir a garantizar la compatibilidad inicial y duradera entre la salud del trabajador y el trabajo.
- Obtener una base de información útil en caso de exposición accidental o enfermedad profesional.

La vigilancia médica de los TPE debe ser realizada por un Servicio Médico especializado, aunque dicha vigilancia progresivamente se va incorporando a los servicios de Medicina Preventiva y Laboral como cualquier otro trabajador. Los exámenes a realizar pueden ser de diferente tipo:

* **Examen previo de salud** (obligatorio): Toda persona que vaya a ser asignada a un puesto de trabajo que implique un riesgo de exposición es sometida a éste examen para comprobar que no presenta ninguna incompatibilidad y decidir su aptitud.

* **Reconocimientos periódicos**: Los TPE están sometidos a exámenes de salud que permiten comprobar la aptitud frente al trabajo con radiaciones. La periodicidad es anual pudiéndose realizar más frecuentemente según condiciones específicas.

Desde el punto de vista médico, y de acuerdo con el resultado de los reconocimientos, los trabajadores profesionalmente expuestos se clasifican en las siguientes categorías:

* **Aptos**: Aquellos que pueden realizar las actividades que implican riesgo de exposición asociadas al puesto de trabajo.

* **Aptos, en determinadas condiciones:** Aquellos que pueden realizar las actividades que implican el riesgo de exposición asociado al puesto de trabajo, siempre que se cumplan las condiciones que al efecto se establezcan en base a criterios médicos.

* **No Aptos:** Aquellos que deben mantenerse separados del puesto que implica riesgo de exposición.

A cada TPE se le abrirá un **Protocolo Médico** que contiene las informaciones referentes a sus destinos laborales,

- Informe sobre el examen médico previo
- Informe sobre los reconocimientos periódicos.
- Informe sobre reconocimientos eventuales.

Además de este protocolo médico se tendrá una información completa del profesional que trabaja con radiaciones, que contendrá:

A) Historial dosimétrico completo de toda la vida profesional, que estará en todo momento a disposición del trabajador y que debe figurar en su documentación laboral individual sanitaria.

B) Exposiciones excepcionales en el caso de que hubieran existido.

C) Historial dosimétrico adicional en el que se registren las estimaciones de las dosis que dicha persona reciba como consecuencia de diagnósticos y tratamientos médicos.

Las personas que trabajan simultáneamente en dos o más instalaciones con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes están obligadas a comunicar en cada una de ellas los resultados dosimétricos de las demás instalaciones.

Los historiales deben mantenerse al menos durante 30 años después del cese del trabajador de la Instalación, y deben estar a disposición del C.S.N. y del propio interesado.

La declaración de inaptitud de las personas se basará en las normas vigentes sobre incapacidades y enfermedades profesionales. No se podrá emplear a ningún trabajador como profesionalmente expuesto si las condiciones médicas se oponen a ello.

9.4.3. Infracciones y sanciones en Protección Radiológica.

El Reglamento de Protección Radiológica es de obligado cumplimiento para toda clase de instalaciones radiactivas y nucleares (Fig.9.6).



Fig.9.6. Tipos de infracciones y sanciones.

* Ley 25/1964 de 25 de abril, sobre Energía Nuclear.

* Ley 15/1980 de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear.

* Ley 14/1988 de 25 de abril de Sanidad.

- Real Decreto 783/200 de 6 de julio de 2001

Las infracciones reflejadas en estas leyes son clasificadas como leves, graves y muy graves:

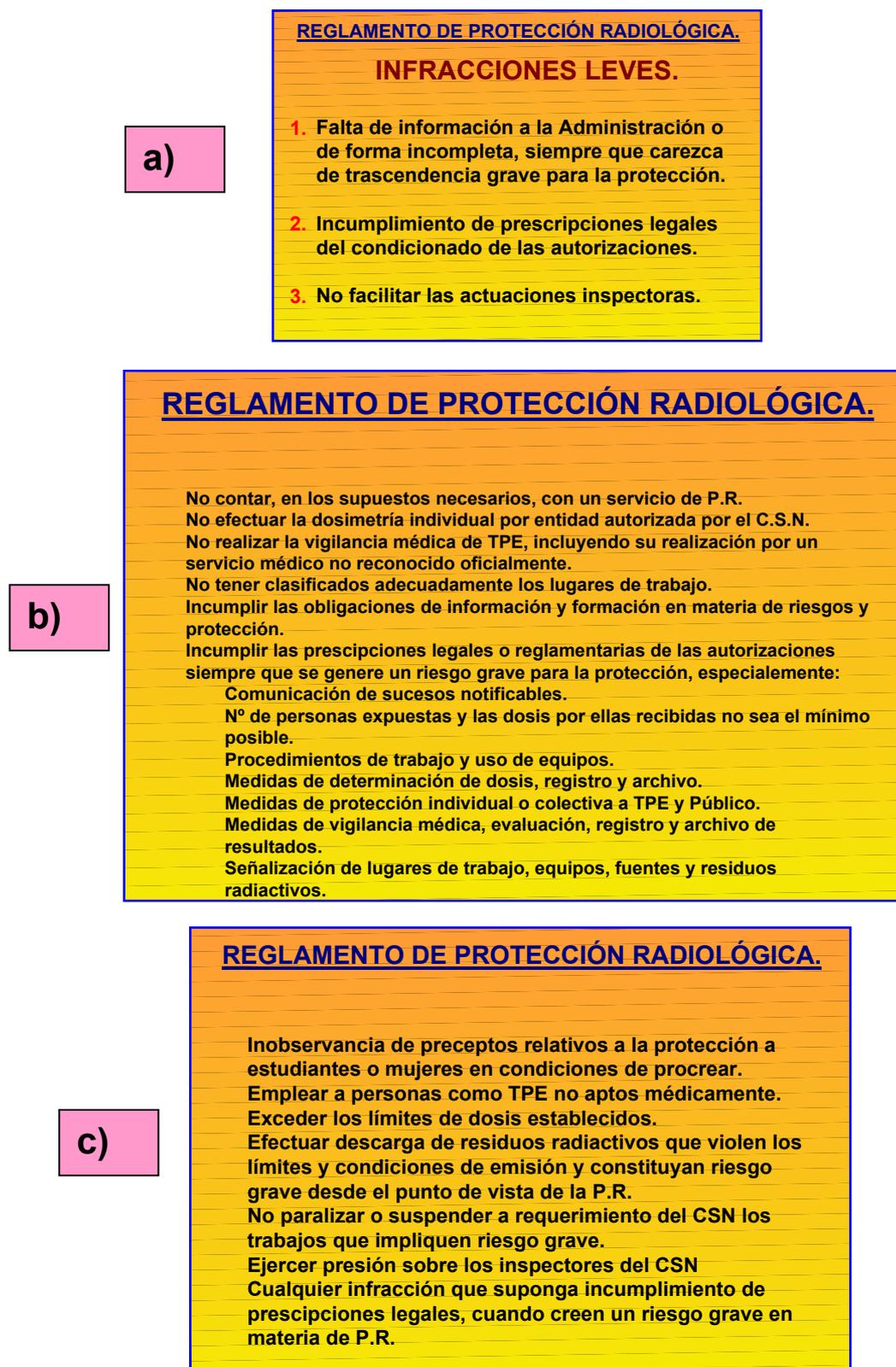


Fig. 9.7. Infracciones: a)leves, b) graves y c) muy graves descritas en el Reglamento de Protección Radiológica.

9.4.4. RÉGIMEN SANCIONADOR.

Sin perjuicio de otras responsabilidades, los incumplimientos del presente reglamento dan lugar a las siguientes infracciones y sanciones desde el punto de vista de las instalaciones de radiodiagnóstico:

A) Infracciones muy graves:

- No disponer de la correspondiente autorización siempre que ocasione un riesgo .
- Adicionar sustancias radiactivas en alimentos, juguetes, adornos personales y cosméticos, que ocasione riesgo grave.
- No respetar los límites de dosis establecidos.

B) Infracciones graves:

- No disponer de la correspondiente autorización siempre que no se considere muy grave o leve.
- Adicionar sustancias radiactivas en alimentos, juguetes, adornos personales y cosméticos, siempre que no se considere muy grave.
- Incumplir los criterios de protección radiológica siempre que el número de personas expuestas y las dosis recibidas no sea el mínimo posible, siempre que derive un riesgo grave.
- No informar a los trabajadores, personas en formación y estudiantes, antes de iniciar su actividad laboral sobre los riesgos asociados.
- Asignar a un menor de 18 años a un puesto de trabajo que implique la clasificación como categoría A.
- Incumplir las prescripciones relativas al embarazo y la lactancia.
- No señalar convenientemente los lugares de trabajo.
- No realizar la vigilancia sanitaria especial en el caso de superación o sospecha fundada de superación de los límites de dosis.
- No respetar los límites de dosis establecidos, etc.

C) Infracciones leves:

- Efectuar prácticas sin la debida autorización y que tenga escasa trascendencia y no se considere grave o muy grave.
- No realizar la vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos o no disponer del historial médico de los de categoría A, no tenerlo actualizado o incompleto.
- Incumplir los criterios de protección radiológica siempre que el número de personas expuestas y las dosis recibidas no sea el mínimo posible, siempre que no derive un riesgo grave.
- No efectuar la determinación de dosis en la forma y medios descritos en el Reglamento.
- No señalar convenientemente las zonas de trabajo.
- No respetar los límites de dosis establecidos, etc.
- Las infracciones serán sancionadas:

Las sanciones económicas que podrán imponerse son de las siguientes cuantías.

Leves: - grado mínimo hasta 500.000 Ptas.

- grado medio 500.001 a 5.000.000 ptas.

- grado máximo 5.000.001 a 10.000.000 ptas.

Graves:- grado mínimo 10.000.001 a 25.000.000 ptas.

- grado medio 25.000.001 a 50.000.000 ptas.

- grado máximo 50.000.001 a 100.000.000 ptas.

Muy graves:- - grado mínimo 100.000.001 a 250.000.000 ptas.

- grado medio 250.000.001 a 350.000.000 ptas.

- grado máximo 350.000.001 a 500.000.000 ptas.

En instalaciones de segunda y tercera categoría las sanciones se reducirán en todos los tramos y para todos los grados a la mitad de las señaladas.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.

INSALUD (1993).- *Manual general de protección radiológica*. Servicio Documentación y Publicaciones, Madrid (pp.35-55).