

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA GENERAL

DAVID RAMOS AMORES. SERVICIO DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
HGUSL

FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La P.R. tiene por objetivo proteger a la humanidad y a todos los seres vivos de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

La P.R. es multidisciplinaria se relaciona con:
Física, Química, Biología, Medicina,
Matemáticas, Estadística, Ingeniería o
Tecnología, Derecho, Psicología, Sociología,
Epidemiología.

Es una disciplina muy polémica: si se habla de P.R. en los medios de comunicación es por algún desastre.

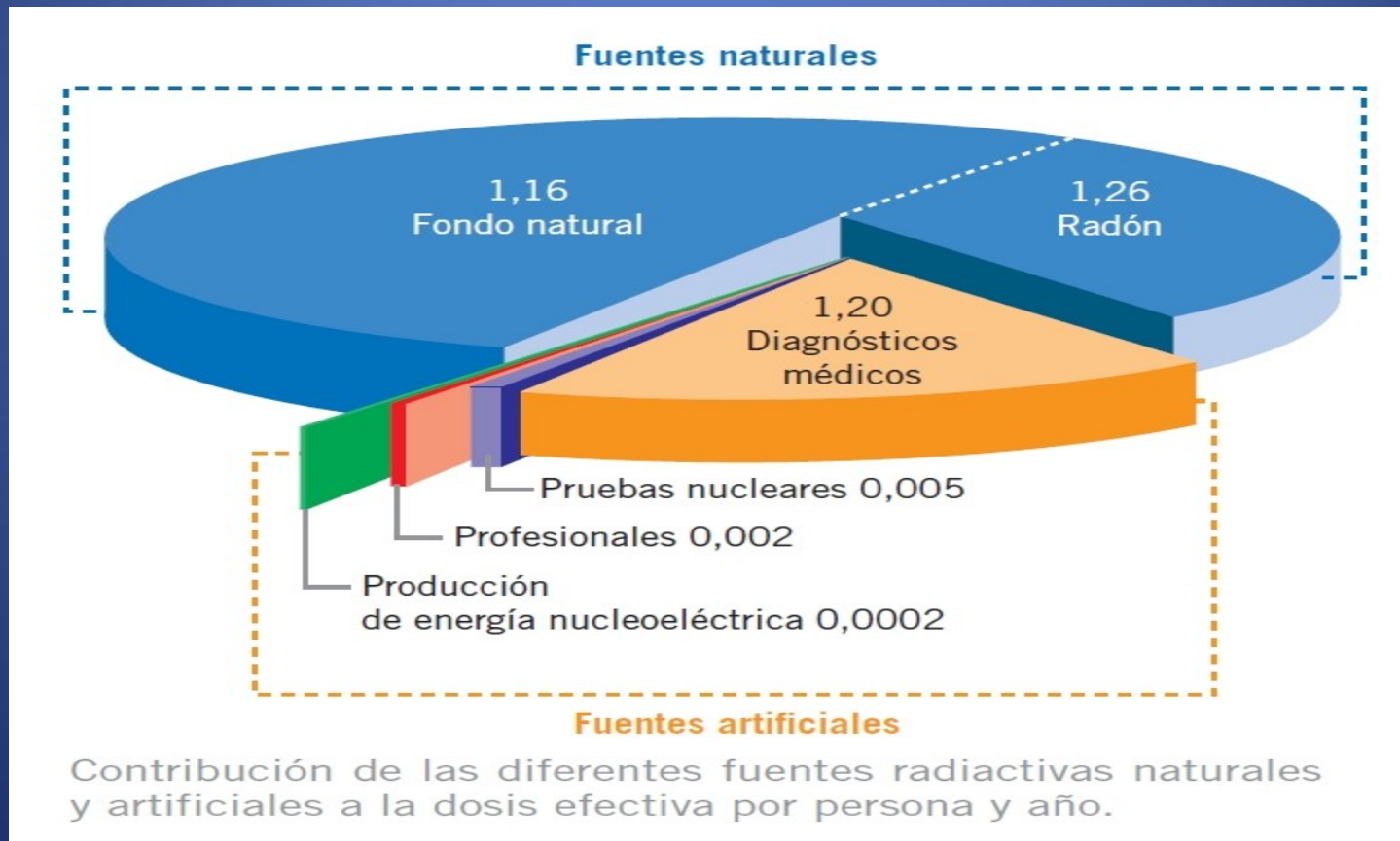
FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Pocos temas generan tanta polémica como la
P.R.

Esto es debido al gran desconocimiento que se tiene por parte de la sociedad de las radiaciones ionizantes y de sus efectos. De una percepción equivocada del riesgo, que genera situaciones de ansiedad que a veces son más perjudiciales que los propios efectos de las radiaciones ionizantes, cuando estos se hayan controlados y en los niveles adecuados.

FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Las radiaciones forman parte de la naturaleza:



FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El anterior esquema sería válido para una persona normal del siglo XXI.

Pero no es válido para aquellas personas que a comienzos del siglo XX trabajaban con radiaciones ionizantes en el ámbito médico y que desconocían los efectos nocivos de estas. Para estos los niveles que llegaban a recibir de las pruebas médicas superaban sobradamente la cantidad de radiación recibida por el fondo natural.

FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En 1901 se descubre la primera lesión producida por RI en una persona.

En 1904 se produce la primera muerte, demostrada debida a los efectos nocivos de las RI.

En la bibliografía se recogen muchos casos de daños severos y muertes producidas en los trabajadores de estos primeros años.

Por lo tanto a medida que van ocurriendo más casos, se hace patente la necesidad de controlar el uso de las RI naciendo de esta manera la disciplina de la Protección Radiológica.

En 1950 se crea Comisión Internacional de Protección Radiológica(ICRP)

ICRP

Es un organismo científico, considerado la máxima autoridad mundial en PR.

Sus recomendaciones basadas siempre en sus propias investigaciones científicas y en conocimientos por otras fuentes externas (universidades, centros de investigación ...) constituyen la base para la elaboración de las leyes relacionadas con la PR, en la mayoría de los países, por supuesto también en la CE, que recoge estas recomendaciones en forma de directivas que manda a cada uno de los países que la componen para que las incluyan como leyes de obligado cumplimiento.

FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En la actualidad han cambiado las condiciones de trabajo y el riesgo radiológico, debido a la gran cantidad de conocimientos sobre el tipo de radiaciones que se usan y el daño que estas producen, que permiten reducir los riesgos a niveles muy aceptables de forma que no hay evidencia directa de daños a los niveles máximos anuales recomendados por la ICRP.

Se trata de emplear aquellas estimaciones en las que no sea improbable subestimar las consecuencias de las exposiciones

FORMAS DE EXPOSICION A LAS RADIACIONES ARTIFICIALES

- EXPOSICIONES MÉDICAS: las que se reciben como paciente para conseguir un diagnóstico, o recibir un tratamiento.
- EXPOSICIONES PROFESIONALES: que son consecuencia del trabajo con fuentes de radiación o en sus campos de acción.
- TODAS LAS DEMÁS EXPOSICIONES: que constituyen el campo de las exposiciones del público.

Todos estos tipos de exposiciones dan lugar a distintos procedimientos de P.R. para mantenerlas en niveles adecuados.

EVOLUCIÓN DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA-1º FASE

-Hasta aprox. 1950: el objetivo fundamental en esta etapa era evitar los daños más severos que las radiaciones producían sobre los seres humanos que las manejaban. Se usaba el concepto de dosis de tolerancia, cuyo significado era aquel en el cual se podían tolerar exposiciones a las radiaciones en tanto no produjeran eritema, que es el efecto visible de la radiación en las piel.

EVOLUCIÓN DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA-2ª FASE

-Desde 1950-1977: se manejaba la Dosis Máxima Permisible. La filosofía de P.R. era la de mantener las dosis permisibles en valores tales que se garantizara un aceptable nivel de salud para los trabajadores, de tal modo que si se llegaba a ese nivel el trabajador mantenía un buen estado de salud, e incluso si por alguna emergencia un trabajador se exponía a un nivel doble del permitido, no se tomaban ninguna medida excepcional con él.

EVOLUCIÓN DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA-3ª FASE

-A partir de 1977: aparece la publicación nº 26 de la ICRP en la que se introduce el SISTEMA DE LIMITACIÓN DE DOSIS: en el que el objetivo fundamental de la P.R. es que los niveles de exposición a las radiaciones ionizantes se mantengan lo mas bajos que razonablemente sea posible (ALARA). Con esto no se reducen de forma apreciable los límites de dosis, pero al cambiar los procedimientos, provoca que disminuya la dosis colectiva, a pesar del aumento de los usos de las radiaciones.

EVOLUCIÓN DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA-3ª FASE

-Esta nueva filosofía de la P.R. se apoya en tres principios fundamentales que se explican en las recomendaciones de la ICRP de 1977:

-JUSTIFICACIÓN.

-OPTIMIZACIÓN.

-LIMITACIÓN.

JUSTIFICACIÓN

- Ninguna práctica que implique la exposición a las radiaciones, puede desarrollarse si no está plenamente justificada, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.
- Del desarrollo de la práctica ha de obtenerse un beneficio neto positivo, es decir que los beneficios que se esperan de dicha práctica deben superar los perjuicios de la irradiación de los individuos expuestos.
- Esta justificación atañe a la responsabilidad de todos: desde las autoridades que aceptan la instauración de la instalación, hasta el médico que realiza una exploración al paciente

OPTIMIZACIÓN

- Una vez que la práctica esté justificada, debe desarrollarse de acuerdo con criterios de optimización, aplicando los métodos adecuados para que las dosis que se reciban de ellas sean las más bajas posibles, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.
- Aumentar los medios para la P.R. supone siempre un aumento del gasto. Hay que ajustar para que no se dispare el gasto a costa de muy poco beneficio.

LIMITACIÓN

-Una vez que se justifica la práctica y que se optimiza, es preceptivo que todas las actividades o prácticas se desarrollen de forma que ninguna persona pueda recibir dosis de radiación por encima de los límites establecidos.

-En la actualidad los profesionales reciben dosis de radiación que están muy lejos de los límites establecidos por lo que no es difícil cumplir este tercer requisito del Sistema de Limitación de Dosis, pero hay que actuar de

NIVELES DE RADIACIÓN

Niveles de referencia: aquellos para los que la actividad se desarrolla con normalidad y que están muy lejos de los valores límites anuales.

Niveles de investigación: están por encima de los niveles de referencia pero por debajo de los límites legales, cuando ocurren hay que averiguar su causa y tratar de recuperar los de referencia.

Niveles de intervención: están por encima de los niveles de investigación, que aun estando por debajo de los límites legales, indican mal funcionamiento del sistema e incluso llegar a interrumpir la realización de la práctica.

MAGNITUDES Y UNIDADES EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

Las unidades que se usa el P.R. son:

- Actividad (A) (Bq, Ci)
- Dosis absorbida (D) (Gy)
- Dosis efectiva (E) (Sv)*
- Dosis equivalente (H_T) (Sv)*
- Dosis efectiva comprometida ($E(\tau)$) (Sv)
- Dosis equivalente comprometida ($H_T(\tau)$) (Sv)

Para la evaluación de los riesgos de las radiaciones se usan las dosis efectivas o equivalentes

DOSIS EFECTIVAS EN DIFERENTES EXPLORACIONES RADIOLÓGICAS

PROCEDIMIENTO DIAGNÓSTICO	DOSIS EFECTIVA CARACTERÍSTICA (mSv)
Columna lumbar AP	1.3
UIV	2.5
Esofagograma	1.5
Esofagogastroduodenal	3
Tránsito intestinal	3
Enema opaco	7
TC de cabeza	2.3 (HGUSL = 2,19)
TC de tórax	8 (HGUSL = 8,60)
TC de abdomen o pelvis	10 (HGUSL = 8,52)

EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

La mayoría de los efectos nocivos para la salud de las radiaciones ionizantes se pueden clasificar en:

- EFECTOS DETERMINISTAS:** se producen por la muerte o defectos en el funcionamiento de las células tras dosis elevadas. Se caracterizan por tener un umbral de dosis. La gravedad del daño por encima del umbral aumenta con la dosis.
- EFECTOS ESTOCÁSTICOS:** las células irradiadas se modifican en vez de morir, implicando bien el desarrollo del cáncer en los individuos expuestos o una enfermedad heredable en su progenie debido a la mutación de sus células reproductoras. Estos crecen cuando aumenta la dosis y no hay ninguna evidencia de la existencia de dosis umbral.

EFECTOS DETERMINISTAS: DOSIS UMBRAL

ÓRGANO/TEJIDO	EFEECTO	EXPOSICIONES ÚNICAS (Sv)	EXPOSICIONES PROLONGADAS (Sv/año)
Gónadas masculinas	Esterilidad temporal	3.5 a 6	0.40
Gónadas masculinas	Esterilidad permanente	6 a 10	2.00
Gónadas femeninas	Esterilidad permanente	2.5 a 6	0.20
Cristalino	Opacidad	2 a 10	<u>0.15</u>
Médula ósea	Degradación del proceso de generación sanguínea	0.5	0.40
Médula ósea	Muerte del 50% de la población en 60 días (síndrome de médula ósea)	3 a 5	

EFECTOS ESTOCÁSTICOS

Coeficiente nominal de probabilidad de cáncer mortal (en 1/Sv por cada 10000 hab.) por irradiación de distintos órganos.

TEJIDO	COEFICIENTE NOMINAL POR 10000 HAB. POR Sv
Esófago	16
Estómago	60
Colon	50
Hígado	21
Pulmón	127
Hueso	5
Piel	670
Mama	49
Ovario	7
Vejiga	42
Tiroides	9
Médula ósea	23

EFECTOS ESTOCÁSTICOS

Probabilidad de cáncer mortal inducido en distintas exploraciones médicas (casos por millón de pacientes)

EXPLORACIÓN	CASOS POR MILLÓN
RX Estudio digestivo EED	400
RX Estudio enema opaco	236
RX Angioplastia coronaria	1100
RX Ablación	850
RX TC Tórax-Abdomen-Pelvis	690
RX TC Abdomen	430
RX Abdomen AP	25
RX Columna lumbar AP	36
RX Columna lumbar lateral	16
RX Mamografía 2Proy.	10
MN Gammagrafía ósea	300
MN Gammagrafía pulmonar	330

VALORES DE RESTRICCIÓN DE DOSIS Y NIVELES DE REFERENCIA

A dosis superiores a 100mSv hay probabilidad de efectos deterministas y riesgo significativo de cáncer. Por esta razón la ICRP considera esta cantidad como valor máximo del nivel de referencia, tanto si se recibe a lo largo de un año o en forma aguda. Exposiciones superiores a 100 mSv sólo se justificarían en circunstancias extremas como salvar una vida, prevenir un desastre... Ningún otro beneficio social o individual compensaría

VALORES DE RESTRICCIÓN DE DOSIS Y NIVELES DE REFERENCIA: TRABAJADORES Y PUBLICO

NIVELES DE REFERENCIA (mSv sea aguda o anual)	CARACTERÍSTICAS DE LA SITUACIÓN DE EXPOSICIÓN	REQUERIMIENTOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	EJEMPLOS
Mayor de 20-100	Los individuos están expuestos por fuentes no controlables, las acciones para reducir las dosis podrían ser disruptivas	Deberían hacerse esfuerzos para reducir las dosis cuando se acercan a 100mSv. Se debería informar sobre los riesgos y evaluar la dosis individual.	Las acciones que se adoptan para reducir exposiciones en emergencias radiológicas.
Mayor de 1-20	Los individuos reciben beneficios directos de una situación de exposición pero no necesariamente la exposición. Estas se pueden controlar	Debería haber información que permita a los indiv. reducir su dosis. Para situaciones planificadas debería existir vigilancia radiológica individual	Exposiciones ocupacionales planificadas. Personas que cuidan a pacientes tratados con radiofármacos. Nivel de ref. para buscar protección en una emergencia.
1 o menos	Los indiv. Se exponen a una fuente que les proporciona poco o ningún beneficio pero si	Debería estar disponible la información sobre el nivel de exposición. Deberían hacerse	Restricciones fijadas para la exposición del público en situaciones planificadas.

LIMITES DE DOSIS INDIVIDUAL: EXPOSICIONES PLANIFICADAS

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	RECOMENDACIONES ICRP (2007)
Exposición ocupacional	20 mSv/año promediado sobre 5 años*
Cristalino	150 mSv/año
Piel	500 mSv/año
Manos y pies	500 mSv/año
Mujeres embarazadas	1 mSv al embrión
Resto de embarazo	1 mSv al feto
Exposición del público	1 mSv/año
Cristalino	15 mSv/año
Piel	50 mSv/año

* La dosis efectiva no debería superar los 50 mSv en un único año

FUNDAMENTOS DE PROTECCIÓN OPERACIONAL DE LOS TRABAJADORES

- Evaluación previa de las condiciones laborales para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo radiológico y asegurar la aplicación del principio de optimización.
- Clasificación de los lugares de trabajo en diferentes zonas
- Clasificación de los trabajadores expuestos en diferentes categorías.
- Aplicación de las normas y medidas de vigilancia y control
- Vigilancia sanitaria.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS: FUNDAMENTOS

El titular de la práctica identificará y delimitará los lugares de trabajo en los que exista posibilidad de recibir dosis efectivas mayores de 1 mSv por año oficial, o dosis equivalentes superiores a 1/10 de los límites para cristalino, piel y extremidades y establecerá las medidas de protección aplicables.

Los lugares de trabajo se clasificarán en función del riesgo de exposición asociado y teniendo en cuenta la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales de las instalaciones radiológicas.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS

- ZONA VIGILADA: exista la posibilidad de recibir:
- Dosis efectivas superiores a 1 mSv/año
- Dosis equivalente superior a 1/10 de los límites para el cristalino, la piel y las extremidades. .



CLASIFICACIÓN DE ZONAS

- ZONA CONTROLADA: exista la posibilidad de recibir:
- Dosis efectivas superiores a 6 mSv/año
- Dosis equivalente superior a 3/10 de los límites para el cristalino, la piel y las extremidades.
- Hay que seguir unos procedimientos de trabajo:
- Restringir exposición.
- Evitar la dispersión de contaminación.
- Prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

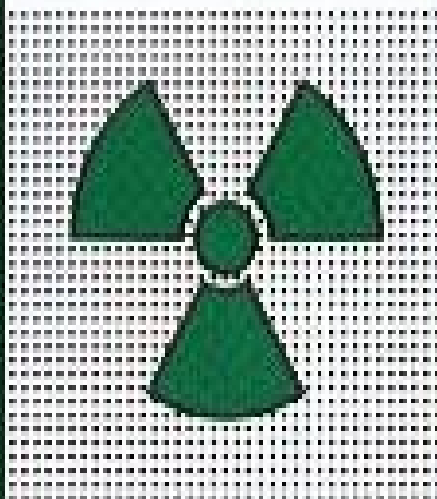
ZONA CONTROLADA

ZONA CONTROLADA



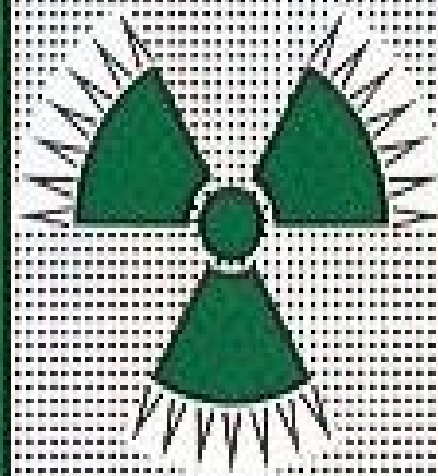
RIESGO DE IRRADIACION

ZONA CONTROLADA



RIESGO DE CONTAMINACION

ZONA CONTROLADA



RIESGO DE CONTAMINACION
E IRRADIACION

ZONAS CONTROLADAS

- ZONAS DE PERMANENCIA LIMITADA: riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis.
- ZONAS DE PERMANENCIA REGLAMENTADA: riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis que requieren prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización
- ZONAS DE ACCESO PROHIBIDO: riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites de dosis.

ZONAS CONTROLADAS



REQUISITOS DE LAS ZONAS

- ZONA VIGILADA: estimación de las dosis por dosimetría de área.
- ZONA CONTROLADA:
 - Riesgo de exposición externa: dosímetros individuales.
 - Riesgo de contaminación: equipos convencionales de protección y detectores a la salida de la zona.

CLASIFICACIÓN DE TRABAJADORES

- CATEGORÍA A: Pueden recibir dosis:
 - Efectivas: superiores a 6mSv/año.
 - Equivalentes: superiores a 3/10 de los límites para cristalino, piel y extremidades.
- CATEGORÍA B: Es improbable que reciban dosis:
 - Efectivas: superiores a 6mSv/año
 - Equivalentes: superiores a 3/10 límites

DETERMINACIÓN DE LAS DOSIS DE LOS TRABAJADORES

- SISTEMA DOSIMÉTRICO: adecuado a la naturaleza de las radiaciones:
 - CATEGORÍA A: dosimetría individual.
 - CATEGORÍA B: dosimetría de área (requiere procedimiento escrito de asignación de dosis).
- Computo de las dosis: se tendrán en cuenta tanto las dosis externas como las internas, NO se tendrán en cuenta las dosis debidas al fondo radiactivo natural, las recibidas como pacientes o como miembros del público.
- La dosimetría se hará por centros autorizados por el CSN. (p.ej. CND)

REGISTRO DE LAS DOSIS DE LOS TRABAJADORES

- Se registrarán todas las dosis recibidas por los trabajadores en un historial dosimétrico que estará a disposición de:
 - El trabajador.
 - El CSN
 - El servicio de prevención responsable de la vigilancia y control de la salud.
- El trabajador expuesto en varias instalaciones: tiene que notificarlo a los responsables de P.R. de las mismas, para que el historial dosimétrico esté completo y actualizado en cada una de ellas.

REGISTRO DE LAS DOSIS DE LOS TRABAJADORES

- Registro por separado de las dosis como consecuencia de:
 - Accidentes
 - Emergencias
 - Exposición especialmente autorizada.
- CATEGORÍA A: Dosis mensuales, anuales, quinquenales.
- CATEGORÍA B: Dosis anuales determinadas o estimadas.

REGISTRO DE LAS DOSIS DE LOS TRABAJADORES

- El historial dosimétrico se archivará hasta que el trabajador haya o hubiera alcanzado la edad de 75 años y en ningún caso durante un periodo inferior a 30 años desde el cese del trabajo en las actividad que le supuso la clasificación. Esta documentación se facilitará al CSN, AA.PP., juzgados y tribunales que lo soliciten.
- Cuando el trabajador cese de su puesto de trabajo el titular debe proporcionarle copia certificada de su historial dosimétrico.

ASPECTOS REFERENTES A LOS PROCEDIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN

- Para una buena práctica diagnóstica deben aplicarse estos procedimientos básicos:
 - Propiedades del haz adecuadas al espesor del paciente y al contraste necesario (kVp, mA, tiempo, filtración y tamaño de campo).
 - Correcto posicionamiento del paciente.
 - Reducción del número de exploraciones inútiles y repetidas.

ASPECTOS REFERENTES A LOS PROCEDIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN

Cuanto más superficie y más intensidad tiene el haz más fotones transporta, más volumen se irradia con radiación directa y también se generan más fotones dispersos. Por ello se producen los siguientes efectos:

- Sobre el paciente: mayor nº de fotones y mayor energía impartida por el haz directo, más radiación dispersa y por tanto, mayor dosis dentro y fuera del campo de exploración.
- En el ambiente: más radiación dispersa que puede afectar al personal de la instalación.
- Sobre la imagen: la radiación secundaria se superpone al haz directo y a la sombra radiológicas haciendo perder el contraste entre zonas claras y oscuras.

ASPECTOS REFERENTES A LOS PROCEDIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN

Si el borde del campo está próximo a órganos críticos cualquier aumento innecesario del mismo hace que la penumbra o la zona útil de haz afecte a dichos órganos con el consiguiente riesgo radiológico.

En el caso de que sea necesario que el personal trabaje dentro de la sala, las posiciones que estos deban ocupar estarán perfectamente estudiadas, para que este personal reciba las dosis lo más bajas posibles.

ASPECTOS REFERENTES A LOS PROCEDIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN

Es importante generar informes de los distintos pacientes, documentándolos a adecuadamente para no repetir en el futuro el estudio.

La ICRP en su publicación de protección al paciente en el diagnóstico médico por RX estableció la regla de los 10 días: establece que los 10 primeros días después de del primer día de la menstruación es más improbable embarazo. En esos días se recomienda hacer las exploraciones, pero si hay peligro para la madre o el feto se deja al juicio del facultativo, tomando las medidas adecuadas para proteger al embrión o feto.

ASPECTOS REFERENTES A LOS PROCEDIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN

Según la reglamentación española, todo lo anterior se estudiará estableciendo un programa de garantía de calidad donde se contemplarán los siguientes aspectos:

- Justificación y optimización de las exploraciones.
- Control de calidad del equipamiento, receptores de imagen, registro de datos, procesado y visualización de imagen y equipos de medida.
- Evaluación anual de los indicadores de dosis al paciente.
- Recursos humanos.
- Responsabilidades y obligaciones.
- Programa de formación.
- Verificación anual de niveles de radiación.
- Procedimiento para el registro de accidentes.