

**CURSO BÁSICO  
DE  
RADIOFÍSICA SANITARIA**

**CURSO HABILITANTE  
PARA MANEJO DE  
EQUIPOS DE RAYOS X**



**COLEGIO DE CATAMARCA**

## **REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA HABILITACIÓN E INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE RAYOS X EN ODONTOLOGÍA:**

- *Presentar copia de la autorización individual del profesional responsable del uso del equipo de rayos x.*
- *Presentar dos planos en escala 1:50 del consultorio, sala de espera y aledaños, indicando la posición del **sillón odontológico y del equipo de rayos x**, especificar el espesor de las paredes y uso de espacios linderos **para poder calcular el blindaje**.*
- *El consultorio deberá tener como mínimo 9 m<sup>2</sup> y ninguna pared deberá ser menos **de 2,40 m de largo**.*
- *El localizador deberá ser cilíndrico, abierto, metálico forrado de plomo **de 0,5mm** de espesor y 10 cm de largo.*
- *El equipo de rayos x deberá poseer filtro de aluminio de 0,5mm de espesor.*
- *El cable del disparador deberá tener 3 m como mínimo, sino **debe tener** temporizador de disparo.*
- *Se deberá contar con elementos de protección personal **para el paciente y el operador del equipo (delantal plomado tipo chaleco de 0,25 mm equivalente en plomo como mínimo)***
- ***Solo puede haber un equipo de rayos x en la sala o consultorio.***

## **CURSO DE RADIOFÍSICA SANITARIA – TEMARIO:**

- Física de las radiaciones. Estructura de la materia. Estructura atómica. Tabla periódica. Espectro electromagnético. Radiaciones ionizantes. Desintegración radiactiva.
- Rayos X generación, tubo de rayos x, accesorios, filtración, radiación característica, radiación por frenado, propiedades, radiación secundaria.
- Interacción de la radiación con la materia, dispersión, absorción, atenuación. Efecto Thompson, Compton, fotoeléctrico, formación de pares. Transferencia lineal de la energía (LET).
- Formación de la imagen radiográfica, distancia foco-película, distancia película-paciente, punto focal.
- Dosimetría, magnitudes y unidades radiológicas. Vigencia del sistema internacional.
- Radiobiología, efectos biológicos, acción directa e indirecta de las radiaciones, efectos a nivel celular (ADN) y a nivel tisular. Clasificación de los efectos producidos por irradiación, efectos estocásticos y determinísticos. Efectos genéticos. Radiosensibilidad. Fenómenos de restablecimiento. Efectos a baja y alta dosis, efectos prenatales.
- Radioprotección, general e individual, requerimiento de blindaje, normas básicas de radioprotección, Principios de ALARA. Dosis límite vigente.
- Elementos de dosimetría, instrumental de detección, dosimetría individual y ambiental.

# **LEGISLACIÓN VIGENTE**

## **LEY NACIONAL n° 17.557**

DECRETO N° 6320/68

Decreto N° 6.320. Octubre 3 de 1968.

*Vista la Ley 17557 y Considerando: que es menester dar cumplimiento al artículo 9° de dicha ley; que su reglamentación constituye una imperiosa necesidad a fin de hacer efectiva una eficaz protección radiosanitaria, el Presidente de la Nación Argentina decreta:*

**REGLAMENTACION DE LA LEY 17.557**

*I. Equipos e instalaciones.*

*Artículo 1° - A los fines establecidos en la Ley 17.557. Se entenderá por equipos destinados a la generación de Rayos X a los siguientes:*

*a) Equipos para radiodiagnóstico médico (radioscopia y radiografía), estáticas, móviles y portátiles.*

*b) Equipos para radiodiagnóstico dental.*

*c) Equipos para radioterapia. Superficial, intermedia y profunda.*

*d) Equipos convencionales para radiografía industrial.*

*e) Equipos convencionales para cualquier otro uso industrial o de investigación (estudios metalográficos, de medición de redes cristalográficas, de espesores y de densidades, de irradiación, etc.).*

*f) Aceleradores de partículas. Cuyo fin fundamental sea la producción de Rayos X (tipo Van de Graaf, betatrones, sincrotrones, etc.).*

*Art. 2° - A los fines establecidos en la Ley 17.557 se entenderá por "instalación" cada uno de los equipos destinados a la generación de Rayos X, aunque se encuentren en un mismo recinto, y el conjunto formado por cada equipo y los bienes muebles e Inmuebles afectados a su funcionamiento.*

*II. Registro Catastral:*

*Art. 3° - La Secretaria de Estado de Salud Pública establecerá las bases para la organización, uniforme en todo el país, de un registro catastral que Incluye los equipos mencionados en el artículo 1° del presente decreto.*

*A tal fin coordinará su acción con las autoridades de Salud Pública de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires y de cada una de las provincias.*

*III. Habilitaciones de Equipos e Instalaciones en Funcionamiento*

*Art. 4° - Cada persona que, a la fecha del presente decreto, se desempeñe como responsable de una Instalación de acuerdo con el artículo 33, deberá solicitar su habilitación y la correspondiente inscripción en el registro catastral de la jurisdicción correspondiente dentro de los ciento ochenta (180) días, contados desde la publicación del presente decreto.*

*Art. 5° - Las personas a que se refiere el artículo 4° deberán proporcionar a la correspondiente autoridad da Salud Pública, con carácter de declaración jurada, los datos que dicha autoridad les requiera a los fines de este capítulo; también facilitarán el acceso de dicha autoridad a los equipos y las instalaciones cuando ello les sea requerido.*

*Art. 6° - La habilitación definitiva para el funcionamiento de equipos e Instalaciones sólo será acordada por la correspondiente autoridad de Salud Pública cuando, mediante inspección, se*

*hubiere verificado la seguridad de los equipos y las Instalaciones y la observancia de las demás disposiciones legales y reglamentarias sobre lo materia.*

*Art. 7° - De cada inspección que se practique de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 6°, se redactará un informe con la constancia de las comprobaciones efectuadas. Sí de tales comprobaciones surgiera la necesidad de introducir modificaciones sobre los equipos Y/O instalaciones, la autoridad de Salud Pública emplazará al responsable para que las realice en el término que fijará al respecto; en caso necesario dicha autoridad podrá disponer la suspensión del funcionamiento de los equipos y las Instalaciones.*

*Art. 8° - A los efectos establecidos en este capítulo. Las autoridades de Salud Pública podrán requerir el auxilio de la fuerza pública.*

*Art. 9° - Cumplido lo establecido en el artículo 5°, los equipos e Instalaciones podrán mantenerse en funcionamiento provisional hasta tanto se obtenga su habilitación definitiva, salvo los casos previstos en el artículo 7°.*

#### *IV. Habilitación de Nuevos Equipos e Instalaciones:*

*Art. 10. - Toda persona que pretenda efectuar una nueva instalación o modificar una ya aprobada deberá gestionarlo ante la correspondiente autoridad de Salud Pública. Acompañando a la solicitud un plano de ubicación del equipo en el Inmueble en que esté instalado, con especial indicación del uso a que se destinan los ambientes contiguos; características técnicas del equipo, finalidad a que estará afectado y régimen de trabajo de dicho equipo.*

*Art. 11. - Aprobados los planos la autoridad de Salud Pública verificará, mediante inspección. La seguridad de las instalaciones una vez que el solicitante haya comunicado que las mismas están en condiciones de funcionar.*

*Art. 12. - La habilitación definitiva para el funcionamiento de la instalación se concederá sólo cuando, además de haberse satisfecho los requisitos inherentes a la misma, se haya acordado autorización para su manejo por lo menos a una persona. De conformidad con lo dispuesto en el correspondiente capítulo de este decreto (artículos números 15 a 18).*

*Art. 13. - Si la Inspección a que se alude en el artículo 11 no se hubiere realizado dentro del término de treinta (30) días, contados desde la fecha en que se haya comunicado que la instalación se encontraba en condiciones de funcionar, el solicitante podrá comenzar a utilizarla provisoriamente bajo su exclusiva responsabilidad, previa comunicación a la autoridad de Salud Pública de las circunstancias previstas en este artículo.*

*Art. 14. - Los responsables de los equipos mencionados en el artículo 1°, inciso f) de este decreto deberán obtener autorización para el uso de los mismos por parte de la Comisión Nacional de Energía Atómica, antes de gestionar su habilitación e inscripción en el registro de la autoridad de Salud Pública.*

#### *V. Autorizaciones individuales:*

*Art. 15. - Las personas mencionadas en el artículo 34 del presente decreto no podrán ejercer las actividades allí mencionadas sin previa autorización de la correspondiente autoridad de Salud Pública.*

*Las autorizaciones que otorgue la autoridad nacional de Salud Pública serán válidas en todo el ámbito del país.*

*Art. 16. - Las personas que se encuentren desempeñando las actividades determinadas en el artículo 34 a la fecha del presente decreto, deberán solicitar a la correspondiente autoridad de Salud Pública, dentro de los ciento ochenta (180) días de su aplicación, la pertinente autorización para continuar ejerciéndolas. La que será acordada previa consideración de los antecedentes de cada caso aun cuando no se cumplimenten los requisitos previstos en el artículo 17. Vencido el plazo de ciento ochenta (180) días, será de estricta observancia lo dispuesto en dicho artículo 17.*

Art. 17. - La autorización prevista en el artículo 15, salvo en los casos de excepción establecidos en el artículo 16, se concederá cuando se acredite el cumplimiento de todos los requisitos que se enumeran para cada uno de los siguientes casos:

a) Para el uso de equipos destinados a tratamiento de seres humanos (radioterapia) el solicitante deberá:

1. Ser médico matriculado.

2. Haber cumplido con lo que se establece en la Ley 17.132 del Ejercicio Profesional (Capítulo II, artículo 21) y su reglamentación.

**3. Haber realizado un "Curso completo de radiofísica sanitaria y radiodosimetría".**

b) Para el uso de equipos destinados a estudios de seres humanos (radiodiagnóstico clínico) el solicitante deberá:

1. Ser médico matriculado.

2. Haber cumplido con lo que se establece en la Ley 17.132 del Ejercicio Profesional (Capítulo II, artículo 21) y su reglamentación.

**3. Haber aprobado un "Curso básico de radiofísica sanitaria".**

c) Para el uso de equipos destinados a diagnóstico, cuando ello constituyere un complemento del ejercicio profesional y no su actividad habitual, el solicitante deberá.

1. Ser médico matriculado.

2. Acreditar una experiencia no menor de un año en el tema, mediante certificado extendido por el médico autorizado bajo cuya dirección hubiere realizado la práctica correspondiente.

**3. Haber aprobado un "Curso elemental de seguridad radiológica".**

d) Para el uso de equipos destinados a radiodiagnóstico dental el solicitante deberá:

1. Ser médico u odontólogo matriculado.

2. Haber aprobado un "Curso elemental de seguridad radiológica".

e) Para los casos no contemplados en los incisos anteriores, el solicitante deberá haber aprobado un "Curso elemental de seguridad radiológica".

**Los requisitos enumerados en el presente artículo aseguran condiciones mínimas de capacitación e idoneidad técnica en lo que se refiere al uso de equipos generadores de Rayos X, como complemento de lo indicado en la Ley 17.132 del Ejercicio Profesional.**

Art. 18. - Los cursos de capacitación a que se refiere el artículo anterior serán dictados y/o autorizados por la autoridad nacional de Salud Pública de acuerdo a programas analíticos que permitan establecer reconocimientos y equivalencias en todo el país.

VI. Condiciones de seguridad:

Art. 19. - La autoridad nacional de Salud Pública establecerá las condiciones de seguridad para la instalación y funcionamiento en todo el país de los equipos mencionados en el artículo 1°, Incisos a) y e) del presente decreto.

Las normas que a tal efecto se dicten deberán contemplar los siguientes aspectos básicos:

a) Dosis máximas permisibles por año y/o fracción para las personas que resulten irradiadas como consecuencia de su ocupación habitual, según su sexo y edad, y para cualquier otra persona incidentalmente irradiada.

b) Diseño y operabilidad de la instalación.

Art. 20. El responsable de la instalación deberá notificar a la correspondiente autoridad de Salud Pública, inmediatamente que sea de su conocimiento, de toda situación determinante de radiación accidental que suponga exposición superior a la indicada en las normas básicas de

seguridad, a fin de facilitar la adopción de medidas tendientes a reducir las eventuales consecuencias del riesgo sufrido.

VII - Dosimetría Personal:

**Art. 21. - Toda persona afectada al manejo y utilización de equipos destinados a la generación de Rayos X, salvo en aquellas Instalaciones en que la autoridad de Salud Nacional indique expresar lo contrario, deberá utilizar un sistema de dosimetría personal aprobado por dicha autoridad a fin de determinar y evaluar las dosis de radiación a que se halle expuesta.**

Art. 22. - El responsable de cada Instalación, de acuerdo a la definición dada en el artículo 33, deberá informar a la autoridad de Salud Pública, en la oportunidad indicada en los artículos 4° y 10 del presente decreto, el detalle de las personas que deberán utilizar dosímetro personal de acuerdo a lo establecido en el artículo 21.

Toda modificación referente a estos datos que se produzca en lo sucesivo, deberá ser inmediatamente comunicada a la autoridad de Salud Pública.

Art. 23. - El servicio de dosimetría personal a que se refiere este capítulo será prestado, de acuerdo a las normas que oportunamente dicte al efecto la autoridad nacional de Salud Pública, por la correspondiente autoridad de Salud Pública o por las entidades oficiales privadas con quienes se convenga esta prestación.

Artículo 24° - El servicio de Dosimetría personal no será obligatorio en tanto no se encuentren habilitadas de acuerdo al presente Decreto las instalaciones en que se desempeñe el personal señalado en el artículo 21.

Artículo 25° - El responsable de la instalación asignará a cada persona comprendida en el artículo 21 un dosímetro cuya utilización se dispondrá en forma que permita la individualización de las dosis a comunicar de acuerdo al artículo 26.

Artículo 26° - La correspondiente autoridad de Salud Pública, informarán en términos periódicos y regulares que no excedan de un trimestre, al responsable de cada instalación, la dosis acumuladas por cada uno de los dosímetros asignados a su personal, de acuerdo la información proveniente del servicio de Dosimetría a que se refiere el artículo 23.

Artículo 27° - El responsable de la instalación llevará a actualizado un registro, de acuerdo al modelo que establecerá para todo el país la autoridad de Salud Pública, en el que se consignara las dosis de radiación individual que se le comuniquen de acuerdo al artículo 26. Dicho registro podrá ser consultado por el personal interesado, estará a disposición de la autoridad de Salud Pública que solicite su contralor y deberá ser conservado durante treinta años en perfectas condiciones. En caso de cesar el funcionamiento de la instalación, el registro correspondiente será remitido a la correspondiente autoridad de Salud Pública para su archivo durante el tiempo que falta para completar el plazo indicado.

Artículo 28 - La no - utilización o la utilización indebida de los dosímetros durante el horario de trabajo determinará la aplicación de sanciones por parte de la correspondiente autoridad de Salud Pública.

Artículo 29° - La autoridad Nacional de Salud Pública proveerá a cada persona directamente vinculada con tareas en las instalaciones a que se refiere este Decreto, de una cartilla individual para registro de las dosis de radiación recibida.

Artículo 30° - Los responsables de cada instalación deberán exigir al personal de su dependencia la presentación de la cartilla mencionada en el artículo 29 y serán responsables de mantener actualizada asentando los valores que para cada persona le sean comunicados de acuerdo al artículo 26. Coincidentemente con los datos que registre según las disposiciones del artículo 27.

*Artículo 31° - Dichas cartillas podrán ser exigidas por su contralor por la autoridad sanitaria. VIII. Responsables de las Instalaciones y del uso de los Equipos:*

*Artículo 32° - Las obligaciones emergentes del cumplimiento del presente Decreto que no estén a cargo de la autoridad de Salud Pública, recaerán en el responsable de las instalaciones y en el responsable del uso de los equipos generadores de Rayos X, que se determinarán de acuerdo a lo que se establece en los artículos 33 y 34.*

*Artículo 33° - Serán responsables de las instalaciones:*

*a) En hospitales, clínicas, sanatorios y otros organismos o entidades asistenciales: el director de la institución.*

*b) En institutos o entidades investigación, empresas comerciales o industriales o de cualquier naturaleza, excluidas las del inciso a): El director, el gerente técnico o funcionario de jerarquía y función equivalente.*

*c) En los casos en que la única persona autorizada para el uso del equipo generador de Rayos X sea, además, propietario de la instalación: dicha persona.*

*Artículo 34° - Serán responsables de luso de los equipos generadores de Rayos X:*

*a) En establecimientos médico - asistenciales donde existan servicios especializados de radiología y/o radioterapia: los jefes de dichos servicios, en cuanto al uso de las instalaciones, bajo su dependencia.*

*b) En instalaciones que no formen parte de servicios especializados de radiología y/o radioterapia y donde actúen simultáneamente o alternadamente más de una persona autorizada: la persona que sea designada responsable por la entidad, organismo dependencia en que se desempeñe.*

*c) En instalaciones donde preste servicios una sola persona autorizada: dicha persona.*

*Artículo 35° - Los equipos portátiles de radiodiagnóstico médico sólo podrán funcionar bajo la responsabilidad de un médico autorizado.*

*Artículo 36° - Una vez determinada la persona responsable de las instalaciones y/o de su uso, de acuerdo lo dispuesto en los artículos 33 y 34 conservará su carácter a todos los efectos previstos en el presente Decreto, mientras la autoridad de Salud Pública no tome conocimiento de su relevo.*

*IX. Venta. Sesión y/o Transferencia de Equipos:*

*Artículo 37° - A partir de los 180 días de la fecha del presente Decreto deberá comunicarse fehacientemente a la autoridad de Salud Publica toda venta, cesión o transferencia de equipos comprendidos en el artículo primero, cualquiera sea el título. Plazo, condición o motivo por el cual se realice la operación. La obligación señalada en el párrafo anterior estará a cargo del y cedente, quien proveer al efecto todos los datos que requiera la autoridad sanitaria para individualizar al equipo transferido y la persona del receptor. La comunicación a que se refiere este artículo deberá efectuarse dentro de los treinta días de concretada la operación.*

*X. Aranceles y Tasas.*

*Artículo 38° - Facultase a la Secretaría de estado de Salud Pública para fijar los aranceles y/o tasas que corresponda aplicar por los servicios que se preste en cumplimiento del presente Decreto, y en la jurisdicción que le atribuye la Ley 17.557. La recaudación que se obtenga en consecuencia ingresará al fondo Nacional de la Salud. Contabilizándose por separada para la atención de gastos que determine el cumplimiento de este Decreto. En la jurisdicción de la municipalidad de la ciudad de Buenos Aires y de cada una de las provincias, las autoridades respectivas resolverán sobre la materia de este artículo de acuerdo a las disposiciones de la Ley 17.557.*

*XI. Sanciones - Procedimiento.*

*Artículo 39º - En caso de infracción a las disposiciones del presente Decreto en jurisdicción de la Secretaría de estado de Salud Pública según la Ley 17.557 se comunicará, de inmediato, tal situación al responsable de la infracción.*

*Artículo 40º - En las situaciones previstas en el artículo 39 la Secretaría de estado de Salud Pública iniciará un procedimiento sumario en cuyo transcurso y dentro de los diez días de comunicada la infracción recibirá la declaración escrita con el descargo del responsable.*

*Artículo 41º - Cumplido las disposiciones del artículo 40, el organismo competente de la Secretaría de estado de Salud Pública se expedirá acerca de la infracción, determinando la sanción aplicable de acuerdo a la Ley 17.557, mediante resolución fundada del secretario de estado de Salud Pública o de funcionario en que se delegue esta atribución.*

*Artículo 42º - De la resolución dispuesta por el artículo 41 podrá apelarse para ante la justicia Nacional de primera instancia en lo contencioso administrativo de acuerdo a las disposiciones del artículo 5º de la Ley 17.557.*

*Artículo 43º - En jurisdicción de la municipalidad de la ciudad de Buenos Aires y de cada una de las provincias El procedimiento se establecerá de acuerdo a lo que sus respectivas autoridades resuelvan al respecto, con intervención de la correspondiente autoridad sanitaria.*

*XII. Disposiciones Particulares.*

*Artículo 44º - La Secretaría de Estado de Salud Pública atribuirá a un organismo especializado de su dependencia la observancia directa de las disposiciones de este Decreto; a tal efecto, en caso necesario, resolverá su organización o propondrá lo indispensable al efecto.*

*Artículo 45º - El presente Decreto será refrendado por los señores ministros de Bienestar Social y del interior y firmado por los señores secretarios de estado de Salud Pública y de Gobierno.*

*Artículo 46º - Comuníquese; publíquese; dese a la dirección Nacional del registro oficial y archívese.*

## **CATAMARCA**

LEY 4113

PODER LEGISLATIVO PROVINCIAL (P.L.P.)

Adhiere a la ley nacional 17.557 y su reglamentación, sobre Control de Equipos de Rayos X y Radiaciones Ionizantes.

Sanción: 11/09/1984

EL SENADO Y LA CAMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA

SANCIONAN CON FUERZA DE LEY:

**Artículo 1.-** Adherir para su aplicación en todo el territorio de Catamarca a la Ley Nacional 17.557 y su Reglamentación, sobre Control de Equipos de Rayos X y Radiaciones Ionizantes en general.

**Art. 2.-** A los efectos de la aplicación en la Provincia de las disposiciones de la Ley 17.557, establécese el siguiente procedimiento:

a) Comprobada la infracción a la Ley 17.557, a su Reglamentación o a las disposiciones que en consecuencia dicte la Autoridad Sanitaria, se citará por telegrama colacionado o por cédula al imputado a efectos de que comparezca a tomar vista de lo actuado, constituya domicilio legal y dentro del quinto día formule sus descargos y acompañe la prueba que haga a los mismos, elevándose acta de las exposiciones que efectúe por ante la Dirección de Medio Ambiente.

Examinados los descargos e informes que los organismos técnicos-administrativos produzcan y previo dictamen de Asesoría Letrada, se procederá a dictar resolución definitiva.

b) Si no compareciera el imputado a la segunda citación sin causa justificada o fuera desestimada la causa alegada para su inasistencia, se hará constar tal circunstancia en el expediente que se formará en cada caso y decretada de oficio la rebeldía, procediéndose sin más trámite al dictado de la resolución definitiva. Cuando por razones sanitarias sea necesaria la comparencia del imputado, se podrá requerir el auxilio de la fuerza pública.

c) Toda resolución definitiva deberá ser notificada en la forma que la Ley Provincial 3917 preceptúa para las decisiones administrativas de esa naturaleza.

d) Contra las resoluciones que dicten los organismos competentes de la autoridad sanitaria podrán imponerse los recursos previstos en la Ley Procesal Administrativa para la Provincia de Catamarca.

e) En caso que no fueran satisfechas las multas impuestas una vez firme quedará expedita la vía del apremio para su cobro a cuyo fin la autoridad sanitaria remitirá los antecedentes del caso a Fiscalía de Estado.

f) Las multas que prevé el Artículo 4 de la Ley 17.557, serán aplicadas por la autoridad de Salud Pública e ingresarán en una cuenta especial que se denominará "Dirección de Medio Ambiente" en cumplimiento de la presente Ley.

g) El Poder Ejecutivo podrá actualizar el monto de las multas cuando las circunstancias, así lo hicieran aconsejable, una vez por año calendario y de conformidad a los índices proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Art. 3. - De forma.

SAADI - ROSALES - Marcolli - Romero

# Desarrollo Teórico

## CONSTITUCIÓN DE LA MATERIA:

Cuando hablamos de materia significa proyectarnos a los orígenes del pensamiento y del porqué de las cosas materiales.

El concepto de la materia es “todo aquello que tiene peso y masa y ocupa un lugar en el espacio”, y debemos saber que toda materia en sí representa energía, que se manifiesta de dos formas:

- a) Intercambio de trabajo.
- b) Intercambio de calor.

La materia se presenta en tres formas o estados: sólidos, líquido, gaseoso.

Hay 92 formas simples de materia a las que denominamos **átomo**, es la menor porción de un elemento que puede existir, conservando, a pesar del tamaño, las propiedades químicas de cada elemento.

Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase.

*En su forma más simple posee un número determinado de protones en su núcleo, haciéndolo pertenecer a una categoría única clasificada con el número atómico, aun cuando este pueda desplegar distintas masas atómicas.*

Es un átomo con características físicas únicas, aquella sustancia que no puede ser descompuesta mediante una reacción química, en otras más simples. No existen dos átomos de un mismo elemento con características distintas y, en el caso de que estos posean número másico distinto, pertenecen al mismo elemento pero en lo que se conoce como uno de sus isótopos. También es importante diferenciar entre los «elementos químicos» de una sustancia simple. Los elementos se encuentran en la tabla periódica de los elementos.

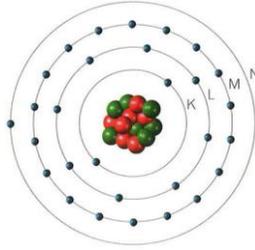
Molécula: es la unión o agrupamiento de átomos que constituye una unidad como características propias y bien definidas, por ejemplo: el agua, que está constituida por la unión de tres átomos, dos de hidrógeno y uno de oxígeno.

En la tabla periódica existen 92 elementos, siendo el n° 92 el Uranio; pero con posterioridad se han descubierto 15 elementos más, a los que se les llama transuránicos.

No todos los elementos existen en la naturaleza, algunos han sido creados por el hombre.

## MODELO ATÓMICO:

El átomo puede ser definido como lo hizo el sueco Bohr. El modelo de Bohr dice que está formado por una esfera central, denominada núcleo y órbitas periféricas donde se encuentran los electrones, los cuales no están en forma estática rodeando al núcleo, sino que sufren constantemente movimientos y desplazamientos.



Los átomos pueden tener hasta siete órbitas, que desde el núcleo a la periferia están designados con letras K, L, M, N, P y Q.

Cada órbita representa un nivel de energía distinto y pueden tener un máximo número de electrones, que se calcula con **la fórmula de Pauli:  $2 \times n^2$** .

Donde **n** es igual al número de órbita desde el núcleo hacia el exterior, se enumeran del 1 al 7, por ejemplo: la órbita 2 (L), puede tener un máximo de 8 electrones.

Los electrones de las órbitas más externas con respecto al núcleo, serán los de mayor nivel energético, cuanto más alejado esté el electrón del núcleo atómico, mayor será la energía del nivel en la que se mueven.

Al estar el electrón más cerca del núcleo, habrá mayor energía de unión o enlace, y se deberá disponer de una energía muy grande para poder desalojarlo.

El núcleo está compuesto por partículas subatómicas, protones y neutrones que reciben la denominación de nucleones, los electrones también son partículas subatómicas.

El núcleo se caracteriza por tener:

- a) Carga eléctrica
- b) Masa atómica
- c) Volumen

a) la carga eléctrica está dada por la suma de las cargas eléctricas dentro del mismo, o sea, que es igual a la suma de protones, que si el átomo está en equilibrio es igual a la suma de los electrones.

O sea que el átomo es eléctricamente neutro.

b) la masa del átomo se encuentra dentro del núcleo y es igual a la suma de los protones y neutrones, se mide en UMA (unidad de masa atómica).

c) el volumen: se estableció la comparación siguiente, si el núcleo tuviera el tamaño de una nuez, los electrones estarían a 400 metros de distancia. El diámetro del núcleo estaría en valores del orden de los  $10^{-8}$ cm.

Forma de representar un átomo de un elemento



X Símbolo del elemento

A Número másico ( $A = p + n$ )

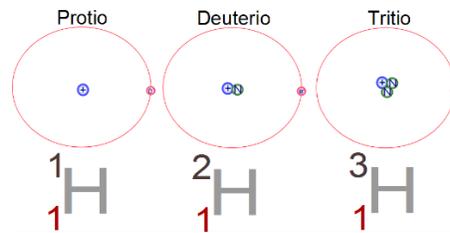
Z Número atómico ( $Z = p$ )

La suma de los nucleones (protones y neutrones), nos da el NUMER MÁSIKO, al que se simboliza con la letra A, de este depende las propiedades físicas del átomo, mientras que el NÚMERO ATÓMICO se simboliza con la letra Z, y nos da las propiedades químicas del elemento y equivale a la suma de los protones.

## NOMENCLATURA:

El elemento se representa con letras de su símbolo químico, al que se le coloca como superíndice el **A** y como subíndice el **Z**.

Dos átomos pueden tener el mismo número de electrones y por lo tanto el mismo número de protones, pero distinto número de neutrones, estos elementos que poseen las mismas propiedades químicas pero difieren en su masa, o sea que tienen igual **Z** y distinto **A**, se los denominan ISOTOPOS.



En el núcleo atómico hay un verdadero arsenal de energía (E), es decir que en determinadas circunstancias, en forma natural para los elementos con número **Z** superior a 83, se va a producir su desintegración, emitiendo energía en forma de radiación.

Estas radiaciones pueden ser: ALFA o BETA. Hay otra radiación electromagnética, GAMA, que es en cuanto a su naturaleza similar a la luz visible, o los rayos X y que tienen una importancia trascendental en terapéuticas de ciertas enfermedades.

## RADIOLOGÍA:

RADIACIÓN: Es una forma de E que se transmite a través de la materia, sin contacto inmediato entre la fuente de emisión y la superficie de aplicación.

Es E en tránsito ya sea de **partículas** u **ondas electromagnéticas**.

Toda radiación al ser absorbida se transforma en otro tipo o forma de E.

La naturaleza de la radiación puede ser tanto electromagnética como corpuscular.

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA (REM): es el movimiento de la E a través del espacio, como una combinación de campos eléctricos y magnéticos.

Se requiere de una doble teoría para explicarla:

- 1) Teoría ondulatoria: común a todas las radiaciones electromagnéticas de tipo inmaterial.
- 2) Teoría cuántica: pequeños paquetes de E llamados cuantos o fotones.

O sea que las ondas electromagnéticas son oscilaciones ondulatorias de una carga eléctrica. Los campos magnéticos y eléctricos forman planos perpendiculares entre sí, y oscilan en dirección perpendicular a la dirección del movimiento.

Las radiaciones electromagnéticas se caracterizan por presentar: ENERGÍA, FRECUENCIA Y una LONGITUD DE ONDA.

ENERGÍA: capacidad que posee un cuerpo de generar un trabajo, no puede ser creada, ni consumida, ni destruida, se puede transformar de un tipo de E a otra, puede ser transferida de diversas maneras. Existen distintos tipos: calórica, cinética, química, potencial, eléctrica, etc.

La E es  $= h \times v$  ( $E = h.v$ )

$h$ = constante de Planck o constante de acción ( $6,665 \times 10^{-27}$  ergios por segundo)

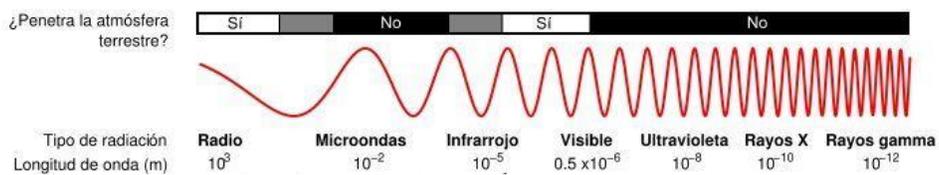
$v$ = frecuencia.

**FRECUENCIA:** es el número de oscilaciones por unidad de tiempo. Las REM se propagan en el vacío a la velocidad de la luz: 300.000 km/seg ( $3 \cdot 10^8$ m/seg).

Si bien todas las ondas electromagnéticas se propagan a la misma velocidad, difieren en la longitud de onda.

**LONGITUD DE ONDA:** es la distancia que existe entre dos puntos similares, situados en ondas consecutivas, entre una cresta y un valle. Se ejemplifica con la letra lambda  $\lambda$ , cuando disminuye la longitud de onda aumenta la frecuencia.

Las longitudes de distintas ondas electromagnéticas varían. Son de miles de metros, en el caso de las ondas que emplean la radio, hasta milésimas de Å (Angstrom), como los rayos gamma. Y de acuerdo a la longitud de onda y a la frecuencia se las puede ordenar en el espectro de las radiaciones electromagnéticas. Según la longitud de onda, se puede saber de que radiación se trata.



La unidad de energía del fotón de las REM es el ELECTRÓN-VOLTIO (eV) que es la Energía cinética que adquiere un electrón al ser acelerado por una diferencia de potencial de 1 voltio.

#### **LAS RADIACIONES RESPONDEN A 4 LEYES GENERALES:**

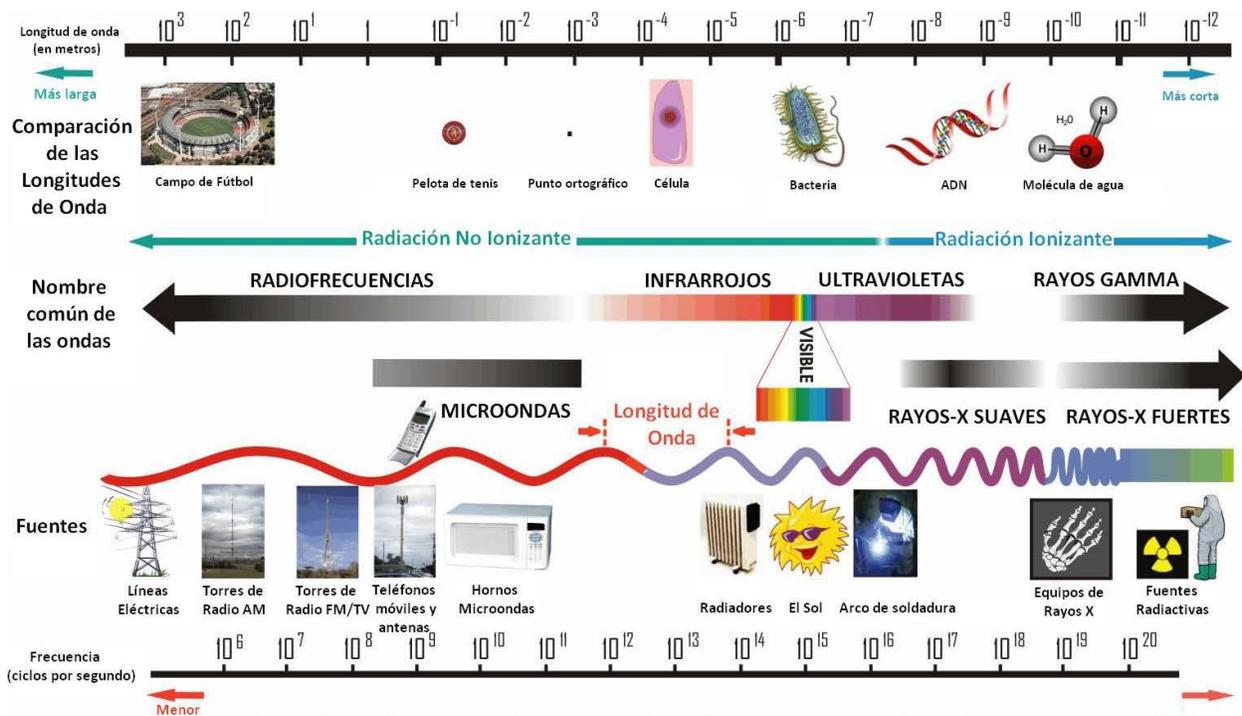
- 1) La intensidad de una radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el origen de la radiación y la superficie sobre la que actúa.
- 2) Ley del coseno de Lambert: la radiación más eficaz la que incide perpendicularmente a la superficie de aplicación.
- 3) Ley de GrotthusDrapper: para que una radiación tenga efecto biológico debe ser absorbida.
- 4) Ley de Bunsen-Roscoe: el efecto de una radiación sobre un elemento o cuerpo que la absorbe es mayor cuanto mayor sea el tiempo de aplicación.

#### **CLASIFICACIÓN DE LAS RADIACIONES:**

Las radiaciones se clasifican en IONIZANTES y NO IONIZANTES.

Las radiaciones ionizantes pueden remover electrones de los átomos y transformarlos en iones. Por ejemplo: la radiación cósmica, desintegración radiactiva, reacciones nucleares, rayos X, rayos  $\gamma$ .

Las radiaciones no ionizantes, son las que no tienen energía suficiente para remover electrones, por ejemplo: ondas de radiofrecuencia y televisión, microondas, luz visible, láser, infrarrojo.



## RADIATIVIDAD:

Propiedad que tienen ciertos elementos de emitir radiaciones, o sea la emisión de partículas o fotones por núcleos inestables que pierden su exceso de energía transformándose en núcleos más estables.

Como dijimos anteriormente los ISÓTOPOS son aquellos elementos que tienen la misma cantidad de protones pero distinto número de neutrones.

Los RADIOISÓTOPOS: son isótopos con núcleos inestables que sufren desintegración radiactiva.

La desintegración tiene lugar en el núcleo atómico de aquellos elementos con **Z** superior a 83 y **A** superior a 209; de allí su denominación de RADIONUCLIDOS. Estos se desintegran a un ritmo que es característico y distinto para cada uno de ellos.

Cada radionúclido se caracteriza por el tipo de radiación que emite, la energía de la radiación y su semivida.

**La actividad, utilizada como medida de la cantidad de un radionúclido, se expresa en una unidad llamada becquerel (Bq):**

Un becquerel corresponde a una desintegración por segundo. La semivida es el tiempo necesario para que la actividad de un radionúclido disminuya por la desintegración a la mitad de su valor inicial. La semivida de un elemento radiactivo es el tiempo que tarda la mitad de sus átomos en desintegrarse, y puede variar desde una fracción de segundo a millones de años (por ejemplo, el yodo 131 tiene una semivida de 8 días mientras que el carbono 14 tiene una semivida de 5730 años).

**El Curie (abreviación Ci) es una unidad de radiactividad** (nombrada así en homenaje a los físicos y químicos Pierre y Marie Curie). Indica cómo se emitan partículas alfa o beta o rayos gamma de una fuente radiactiva, por unidad de tiempo, pero no indica cómo podría afectar dicha radiación a los organismos vivos.

Hay distintos tipos de desintegraciones nucleares: Desintegración  $\alpha$ , desintegración  $\beta$ , desintegración  $\gamma$ .

### **DESINTEGRACIÓN $\alpha$ o RADIACIÓN ALFA:**

Son emitidas por núcleos de elementos pesados, núcleos de helio formados por dos protones y dos neutrones ( $Z=2$ ,  $A=4$ ). Es un tipo de radiación poco penetrante que puede ser detenida por una simple hoja de papel. Debido a su relativamente gran tamaño, son de recorrido corto, pueden penetrar sólo una micra en los tejidos corporales. Si se depositan en el interior del cuerpo, ya sea, al tragarlas o aspirarlas, pueden irradiar severamente a los tejidos locales. Este tipo de radiación la emiten núcleos de elementos pesados situados al final de la tabla periódica (helio, uranio).

### **DESINTEGRACIÓN $\beta$ o RADIACIÓN BETA:**

Son electrones a alta velocidad, se originan en el núcleo de los radionucleidos, donde se producen una transformación de un neutrón en un protón más un electrón. Viajan a una velocidad próxima a la de la luz, poseen pequeña masa y una sola carga. Su poder de penetración es mayor que las alfa, penetran hasta 1,5 a 2 cm en los tejidos corporales, por ser más pequeñas y ligeras. Tienen menos probabilidad de interactuar con la materia que las alfa. Son frenadas por metros de aire, una lámina de aluminio o unos cm de agua. Al perder su E se detienen y combinan con otros átomos deficitarios de electrones.

Esas diferencias en las propiedades entre las radiaciones alfa y beta, conducen a diferentes tipos de ionización. Las betas ionizarán relativamente pocos átomos, hasta una profundidad de algunos cm. Se usan en el tratamiento radioterapéutico para lesiones de piel.

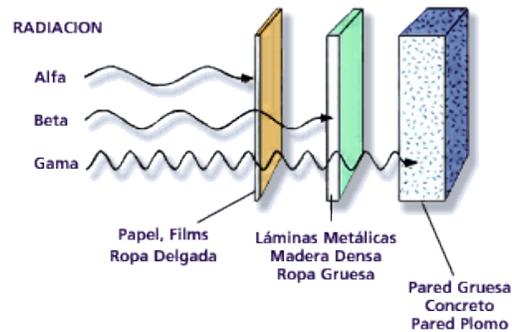
Las alfa, ionizarán muchos átomos, pero solo en la capa más superficial. Transfieren más E durante un determinado recorrido, y son más dañinas por unidad de dosis.

La TASA O TRANSFERENCIA DE PÉRDIDA DE ENERGÍA de una partícula que se mueve a través de la materia o tejido es un TEL (transferencia lineal de energía). Una partícula que pierde energía cinética en cada ionización que realiza, es mayor cuanto mayor sea su TEL (mayor tamaño y carga y menor velocidad).

### **DESINTEGRACIÓN $\gamma$ o RADIACIÓN GAMMA:**

Se originan en los radionucleidos como mecanismo de desexcitación del núcleo, su E varía de varios KeV o algunos MeV. En este tipo de radiación el núcleo no pierde su identidad.

Mediante esta radiación el núcleo se desprende de la E que le sobra para pasar a otro estado de E más baja. Emite rayos gamma, o sea fotones muy energéticos. Este tipo de emisión acompaña a las radiaciones alfa y beta. Es una radiación electromagnética similar a los rayos X, y su diferencia está sólo en el origen. Es una radiación muy penetrante, atraviesa el cuerpo humano y sólo se frena con planchas de plomo y muros gruesos de hormigón. Al ser tan penetrante y tan energética, de los tres tipos de radiación es la más peligrosa.



## **INTERACCIÓN DE LOS RAYOS X CON LA MATERIA:**

Los rayos X son agentes físicos que tienen un alto poder energético y que conforme interactúan con la materia le cede energía perdiendo intensidad.

Esa ATENUACIÓN es debida a la interacción de los fotones del haz de radiación con los átomos que constituyen la materia. Los fotones se atenúan por ABSORCIÓN y DISPERSIÓN. Fundamentalmente en la absorción los fotones ceden toda su energía a los electrones en forma de energía cinética. En la dispersión los fotones son desviados hacia fuera del material, como resultado de su interacción con los electrones del átomo.

### ***ATENUACIÓN = ABSORCIÓN + DISPERSIÓN***

Hay factores en los que depende la absorción, esta va a aumentar en relación a: la densidad, espesor y N° atómico del tejido, y la longitud de onda del haz de radiación.

Long. de onda baja.....rayos duros.....+100Kv.....poca absorción.

Long. de onda alta.....rayos blandos.....50 – 70 Kv.....alta absorción.

## **MECANISMO DE INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA:**

En la interacción radiación X y radiación Gamma ( $\gamma$ ) con los átomos de moléculas de sustancias que contienen las células humanas, se pueden originar cinco efectos fundamentales: 1) Fotón incidente, 2) Dispersión clásica o coherente, 3) Efecto Fotoeléctrico, 4) Efecto Compton y 5) Producción de Pares.

La atenuación que se produce con el uso de rayos X para diagnóstico, a través de la absorción y dispersión, se da por la dispersión clásica o coherente, el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton.

### **FOTÓN INCIDENTE:**

Son los fotones que no interactúan con ningún átomo del organismo, no son modificados, e inciden directamente en la película o sensor radiográfico. No hay absorción.

### **DISPERSIÓN CLÁSICA O COHERENTE O EFECTO THOMPSON:**

Se produce con energías muy bajas, poco KeV, y se da cuando el fotón choca con un electrón de un átomo sin desplazarlo, lo hace vibrar, el fotón disperso conserva la misma longitud de onda

que el fotón incidente, solo cambia de dirección. Se da en un 8% del total de las interacciones que se dan en un examen radiográfico dental. Este tipo de interacción produce niebla en la película, la cual es despreciable con respecto al efecto Compton, debido a que solo una parte que sale del paciente llega a la película o sensor radiográfico.

### **EFEECTO FOTOELÉCTRICO:**

Es la interacción de los fotones X o Gamma incidentes sobre los electrones de un átomo absorbente, el fotón incidente desaparece totalmente porque cede toda su E al chocar con el electrón al que se desplaza con gran energía cinética, es decir, un fotoelectrón. El fotoelectrón desplazado resulta con una energía **E** dada por la ecuación de Einstein:

$E = hv - E_b$ , donde h es la constante de Planck, v es la frecuencia de la radiación electromagnética;  $E_b$  es la energía de enlace de la capa donde se origina el fotoelectrón.

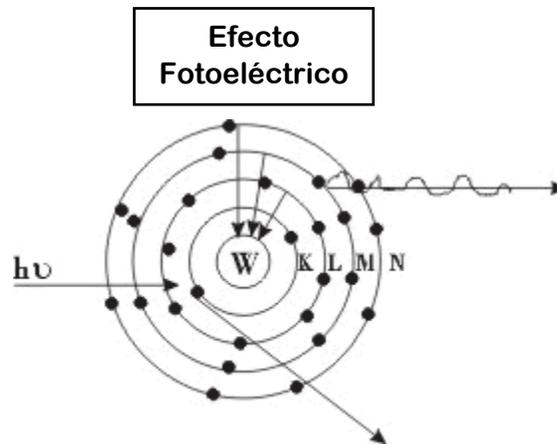
Después de la salida del fotoelectrón, las capas electrónicas del átomo que cedió el electrón se "re-ordenan". Por ejemplo, si un fotoelectrón es emitido de la capa K, uno de la capa L bajará a la K, emitiendo un fotón (rayo-x de fluorescencia), cuya energía es igual a la diferencia de la energía de la capa L y la K, un electrón de la capa M bajará a la capa L, emitiendo otro fotón de energía equivalente a la diferencia de la capa L y M, otro electrón bajará de la capa N a la M y así sucesivamente. El fotoelectrón, cede su energía cinética al interior de la célula como cualquier electrón rápido. El proceso fotoeléctrico, es el predominante de interacción para rayos-x de baja energía y para sustancias absorbentes de alto número atómico, representan el 30% de las interacciones en un examen radiográfico dental.

Tiene acción biológica por la ionización que provoca.

Esta acomodación en la nube electrónica, como vimos se acompaña de emisión de un fotón designado como radiación característica, se denomina así, porque su cuanto de E, su frecuencia y longitud de onda, son propias del material del cual está compuesto el foco de emisión, en este caso el tejido que le dio origen.

Para que tenga lugar el Efecto Fotoeléctrico se necesita que el fotón incidente tenga una energía entre 30 y 50 KeV (baja intensidad). Es decir, que con esta energía el Efecto Fotoeléctrico es dominante en la interacción de radiación electromagnética como rayo-X y rayos gamma con la célula. Se produce con mayor frecuencia en los tejidos que tienen número atómico alto (Z), por ejemplo: la cortical ósea.

No produce niebla en la película, porque toda la energía queda en el paciente. Lo que sí determina es la aparición de dos tipos de radiación secundaria: a) los fotoelectrones, que se desplazan a gran velocidad y tienen acción biológica por la ionización que producen. b) la radiación característica, la cual es eléctricamente neutra como el haz de rayos X primario, provocando efectos similares, más fotoelectrones y más radiación característica blanda.

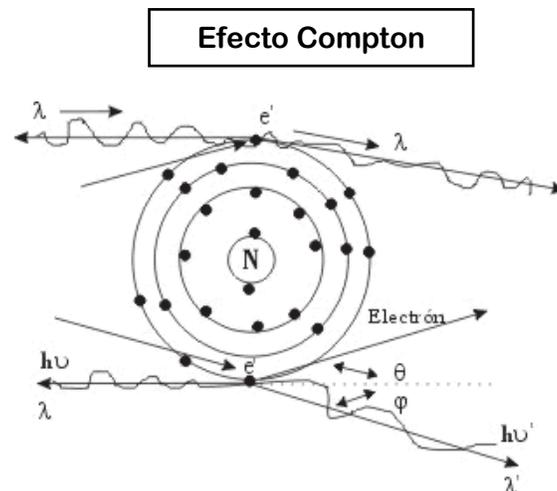


### EFFECTO COMPTON

En el Efecto Compton se produce con altas energías, a partir de 100 a 2000 KeV. El fotón Incidente Interacciona con un electrón orbital del átomo del medio que atraviesa. El fotón choca con el electrón, lo expulsa, cediendo sólo parte de su energía, a la vez que es desviado en un ángulo diferente (. Mientras mayor es el ángulo de desviación, mayor es la energía cedida al electrón (aunque la relación no es lineal). Esta energía cedida al electrón, va desde casi cero a grandes fracciones de la energía del rayo-X. La energía que no es cedida al electrón, la conserva el fotón desviado (fotón Compton) y va a tener una longitud de onda mucho mayor que el fotón incipiente, es más blando. El electrón expulsado se denomina electrón Compton o de rebote el cual adquiere una energía que será de la diferencia entre la energía que cedió el fotón incidente, menos la energía de enlace del electrón.

El efecto Compton aumenta cuando se intensifica el kilovoltaje.

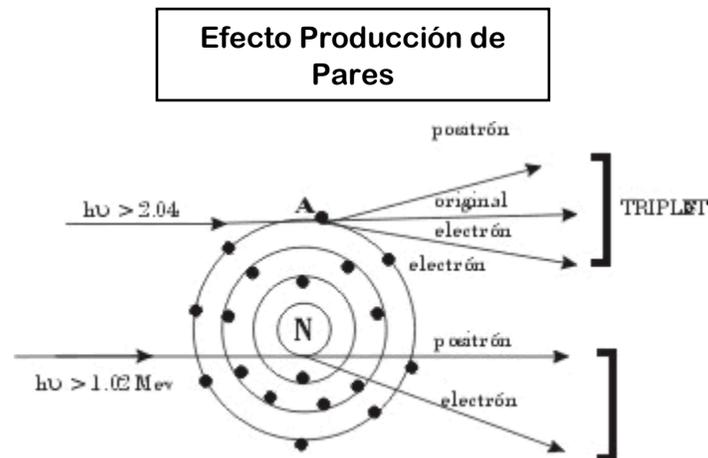
A menudo el Efecto Compton, es el mecanismo predominante de interacción en el rango de energías típicas que emiten los radioisótopos, también representa el 60% de la interacciones en el examen radiográfico dental. Este efecto es el que nos va a producir niebla en la película, también produce ionización secundaria, con el consecuente efecto biológico.



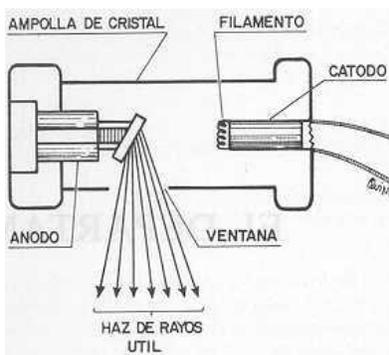
## PRODUCCIÓN DE PARES

Se produce cuando la energía de los rayos-X o rayos gamma es más alta de 1.022 MeV, En este caso el fotón incidente es frenado bruscamente en el campo nuclear de un átomo muy pesado. En esta interacción, el fotón desaparece y es reemplazado por la formación de dos partículas corpusculares que siguen su trayecto n direcciones distintas. Este par de partículas están formadas por un electrón y el positrón, ambos tienen la misma masa pero carga opuesta. El electrón se comporta como un ion libre sin límite de su existencia, este puede compensar a un átomo que le falta un electrón. El positrón, perdura muy poco, y termina uniéndose con otro electrón vecino. Ceden su energía al medio interior de la célula, pero mientras el electrón se recombina con el medio, el positrón toma un electrón del medio para producir la aniquilación de pares.

El Efecto Producción de pares tiene lugar para una energía de 1.02 MeV, es decir que con esta energía el efecto es dominante. "No se produce con los equipos de rayos X dentales".



## TUBOS DE RAYOS X (equipo dental):



El tubo de rayos X se encuentra en el cabezal o calota del equipo radiográfico. El tubo está formado por un vidrio especial borosilicatado o pírex, resistente a altas temperaturas, este tubo está sellado al vacío, dentro del cual se encuentran dos elementos metálicos. Uno es el CÁTODO (eléctricamente negativo) y otro es el ANODO (de carga positiva).

CÁTODO: está compuesto por una copa o semiesfera de molibdeno, la cual es cóncava y tienen como misión enfocar electrostáticamente a los electrones emitidos por el filamento.

Este filamento, que es similar al de las lamparitas de luz visible incandescentes, es el que emite los electrones, y consiste en un espiral de alambre de tungsteno de aproximadamente 2 mm de diámetro y de 10 mm de longitud, el cual está montado sobre dos alambres rígidos que lo sostienen y le brindan corriente eléctrica, esta hace que el filamento se caliente hasta ponerse incandescente, emitiendo electrones en cantidad proporcional a la temperatura del filamento, proceso que se llama emisión térmica o “EFECTO ÉDISON”.

Estos electrones forman una nube electrónica alrededor del filamento. Los electrones se liberan de las capas más externas de los átomos de tungsteno, los cuales van a ser remplazados por los procedentes del polo negativo del circuito eléctrico, que está conectado a uno de los alambres que soportan el filamento.

Un control de miliamperios (mA) proporciona el ajuste de tensión de la corriente que calienta al filamento, controlando de ese modo la cantidad de electrones emitidos, los cuales van a ser dirigidos hacia el ánodo, gracias a la copilla enfocadora de molibdeno.

Se forma un haz que va a dirigirse a un área del ánodo denominada “punto focal” este efecto se lo conoce como “FENÓMENO DE FORREST”.

Los electrones se mueven en esa dirección debido al fuerte campo eléctrico que existe entre el cátodo y el ánodo, a través de la diferencia de potencial. El cátodo repele a los electrones y el ánodo los atrae, así se cierra el circuito.

El tubo esté sellado al vacío para facilitar el movimiento de los electrones y evitar cualquier colisión de estos con moléculas de gas, lo que reduciría la velocidad de los mismos. También evita la oxidación y que se queme el filamento.

ÁNODO: Está formado por un anticátodo de tungsteno y un vástago de cobre. La finalidad que tiene es convertir la energía cinética de los electrones generados por el filamento en fotones de rayos X

Del 100% de electrones emitidos, el 99% se transforma en calor y sólo el 1% se transforma en rayos X. debido a esto es que se elige el tungsteno como material, porque tiene un elevado número atómico ( $Z= 74$ ) y un elevado número másico ( $A= 180$ ) y se funde a los  $3410^{\circ}\text{C}$  (alto punto de fusión). No se elige el plomo, si bien tiene un alto número atómico y másico, pero tiene un bajo punto de fusión.

La conductibilidad del tungsteno es baja y por eso se lo coloca en un bloque de cobre que es un excelente conductor térmico para poder disipar el calor que se produce en la formación de rayos X.

Además entre la envoltura de vidrio y la carcasa protectora del tubo, se hace circular aceite aislante, también para disipar el calor.

A este tipo de ánodos se les denomina fijos o ánodos estacionarios. Otro método para disipar el calor de un punto focal pequeños, consiste en utilizar un ánodo rotatorio, en este caso el anticátodo tiene la forma de un disco biselado, que gira mientras el tubo está funcionando, como resultado, los electrones impactan en áreas sucesivas mientras este rota. Este sistema no se utiliza en los equipos de rayos X dentales.



Zócalo de ánodo giratorio    Zócalo de ánodo fijo

El filamento después de una cierta cantidad de disparos se agota y termina quemándose (se vaporiza).

Todos los tubos están cubiertos por una lámina de plomo que impide la salida de la radiación al exterior en todas las direcciones. Solo falta cobertura de plomo en la ventana por donde sale el rayo central.

El ánodo tiene una inclinación de  $8^\circ$  a  $20^\circ$ , ( $12^\circ$  es lo ideal), con respecto al cátodo, esto se hace para obtener un punto focal efectivo puntiforme, de  $1 \times 1$  mm, mientras que el punto focal real mide  $1 \times 3$  mm. Cuanto menor sea el punto o mancha focal, mejor va a ser la imagen (evita la zona de penumbra), y también para disipar el calor.

La calidad de la imagen depende en parte del tamaño del anticátodo (ánodo), la definición de la imagen aumenta cuando disminuye el tamaño del punto focal, este debe ser lo más pequeño que se pueda.

**FUENTE DE LA ALIMENTACIÓN:** las funciones de la fuente de alimentación son: 1) proporcionar corriente para calentar el filamento mediante un transformador reductor o de baja, y 2) generar la diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo mediante un transformador de alta tensión. Estos transformadores se encuentran dentro del cabezal del equipo y generalmente están rodeados por aceite que actúa como aislante.

El transformador reductor o de baja, correspondiente al filamento, reduce la tensión de la corriente de entrada, hasta aproximadamente 10 voltios. Su función se regula mediante el interruptor de miliamperios, este regula el calentamiento del filamento y por ende la cantidad de electrones emitidos (efecto Edison).

El transformador de alta, está conectado entre el ánodo y el cátodo, y hace que la corriente de entrada (220V) se eleve a 50000 voltios (50Kv), entre 60 – 100 Kv dependiendo del equipo, y es el que va a darle la velocidad a la que viajan los electrones catódicos, a mayor velocidad, mayor kilovoltaje, lo que equivale a una radiación de menor longitud de onda y mayor poder de penetración, y viceversa.

Los aparatos dentales actuales vienen con el mA y el Kv fijos, lo que se regula es el tiempo de la exposición mediante un temporizador, dependiendo del tejido a radiografiar, la velocidad de la película radiográfica o si se trabaja con radiografía digital.

El temporizador va a hacer que se cierre el circuito por un determinada cantidad de tiempo para que se produzcan los rayos X. Previamente el filamento debe encontrarse a temperatura adecuada para asegurar una tasa suficiente de emisión de electrones.

No es aconsejable mantener tanto tiempo al equipo de rayos X dental prendido, ya que el filamento siempre estaría en calentamiento y eso hace que se acorte la vida útil del mismo, al igual que una lamparita de luz corriente.

Los temporizadores de los equipos vienen calibrados de a segundos y centésimas de segundos, y eso nos va a dar el tiempo de exposición, que equivale al tiempo de emisión de fotones X que migran desde el tubo de rayos hacia la película o sensor radiográfico.

A mayor tiempo de exposición, mayor es la cantidad de fotones que se emiten.

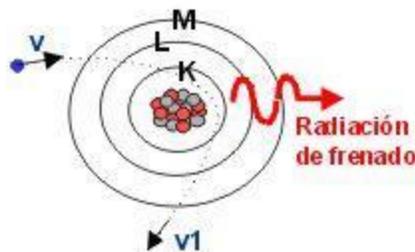
El tiempo de exposición va a estar condicionado por una serie de factores:

- El espesor del tejido a radiografiar, a mayor espesor, mayor tiempo de exposición.
- La densidad del tejido, a mayor densidad, mayor tiempo de exposición.
- El número atómico del tejido, a mayor número atómico, mayor tiempo de exposición.
- La distancia foco-película. En general la distancia que se utiliza en las técnicas radiográficas odontológicas es de 20 cm, pero hay otras técnicas que duplican esa distancia (técnica de cilindro largo o del paralelismo, de Fitzgerald). Entonces hay que tener en cuenta lo que dice la “LEY DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA”: la intensidad del haz de radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia foco – objeto. Por ejemplo: si a 1 metro de distancia hay una absorción de 1 Gy, a 4 m habrá del 0,25 Gy.

## **PRODUCCIÓN DE RAYOS X:**

La energía cinética de los electrones que forman la corriente dentro del tubo, se transforma en fotones de rayos X en el punto focal del anticátodo, debido a la generación de “radiación por frenado” y “radiación característica”.

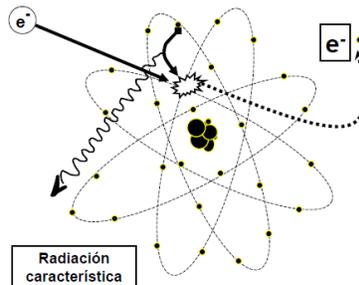
### **Radiación por frenado o bremsstrahlung:**



Se produce por el frenado repentino de los electrones catódicos en el anticátodo, al interactuar con el campo electrostático de los átomos de tungsteno, que al colisionar con estos hacen que cambien de dirección. Si un electrón que viaja a gran velocidad choca con el núcleo del átomo de tungsteno del anticátodo toda su E se transforma en un único fotón de rayos X. Sin embargo, las mayorías de las interacciones se producen sin choque directo, en ese caso el electrón (-) es atraído, a gran velocidad, hacia la carga positiva del núcleo de los átomos de tungsteno, y en las proximidades de esos núcleos son rápidamente desacelerados, perdiendo E cinética que se transforma en radiación X. el electrón puede ser desacelerado total o parcialmente, en este último caso, puede repetir el proceso en otros átomos de tungsteno.

Este proceso de frenamiento genera fotones X de espectro continuo.

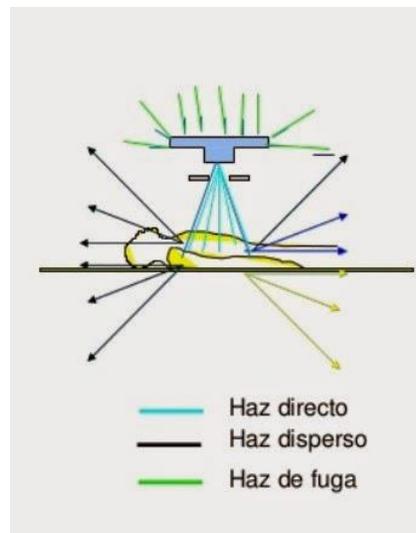
## Radiación característica:



Se produce cuando un electrón de la corriente del tubo choca y desplaza a un electrón de una de las capas internas de un átomo de tungsteno, produciendo así la ionización del átomo, el cual se vuelve inestable, y va a tratar de recuperar su estado neutro incorporando un electrón de las órbitas más externas, sustituyendo el electrón desplazado. Como ese electrón es de un nivel energético superior y va a ocupar el lugar del electrón desplazado, va a emitir o liberar la diferencia de energía, que existía entre los dos electrones, en forma de radiación X.

Esta radiación constituye solo el 10% del total de la producción de rayos X.

Recibe el nombre de radiación característica porque es propia de cada electrón que constituye el ánodo y se encuentra dentro de la radiación del espectro discontinuo.



Cuando tomamos una radiografía se producen 3 tipos de radiaciones:

- *Radiación primaria.*
- *Radiación secundaria o dispersa.*
- *Radiación de escape o de fuga.*

La radiación primaria es la que se genera en el punto focal y sale por la ventana del equipo y se puede controlar.

La radiación secundaria se produce cuando la radiación primaria choca con cualquier objeto, lo que va a generar una radiación diferente, de mayor longitud de onda, por ende, menos penetrante que la primaria, la cual va a ser multidireccional, y es la que produce daño para el profesional, paciente y película o sensor radiográfico. Proviene del mismo equipo de rayos X, del paciente y de los elementos que circundan la zona (mesa, sillas, etc.).

La radiación de escape se da por circunstancias especiales, es la radiación que sale del equipo de rayos, ya sea por algún defecto en su construcción o por rotura por un golpe o caída y pueden producir irradiación al paciente, al operador o ayudante.

### **FILTRACIÓN:**

El haz de rayos X está formado por un espectro de fotones de rayos X con distintas energías, pero solo los fotones con E suficiente para atravesar el cuerpo tiene utilidad diagnóstica. Los rayos X que tienen poca capacidad de penetración, o sea de longitud de onda amplia, exponen al paciente pero no a la película, por eso para proteger al paciente es necesario eliminarlos, esto se hace mediante la colocación de un filtro de aluminio que elimina los rayos de baja energía.



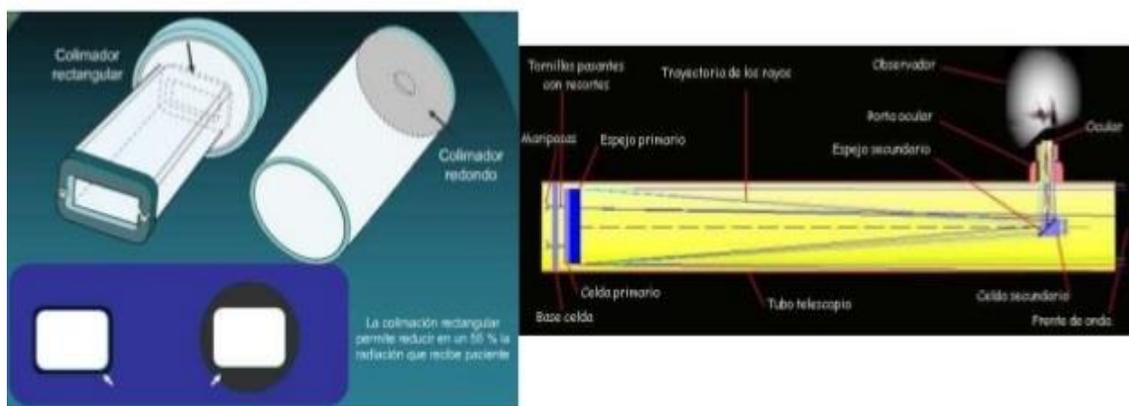
Hay que tener en cuenta la filtración intrínseca del equipo de rayos que está dada por el vidrio del tubo de rayo, el aceite aislante y la cubierta que rodea al aceite. Esto equivale a 0,5 mm de aluminio en los aparato de uso odontológico.

La filtración total es la suma de la filtración intrínseca más los discos de aluminio que se colocan a la salida del haz radiante.

Para un equipo dental, por ley, debe tener un filtro de aluminio de 1,5 mm de espesor, esto es para equipos de hasta 70 Kv, y de 2,5 mm para tensiones mayores.

Filtración intrínseca 0,5 mm + disco de aluminio de 1,5 mm = 2 mm de espesor de filtración.

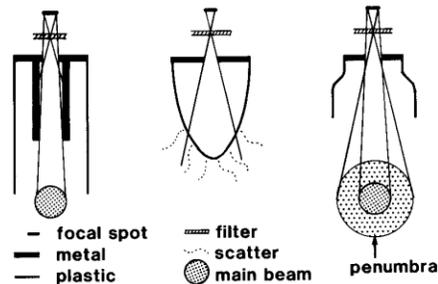
### **COLIMACIÓN:**



Colimar significa afinar, en este caso afinar el haz de rayos X, reducirlo por medio de barreras metálicas de plomo, la cuales presentan una abertura en el medio para dejar salir el haz deseado. Cuando se dispara el equipo dirigiendo el haz al paciente, solo el 10% interviene en la formación de la imagen, el 90% restante es absorbido por los tejidos.

La colimación reduce la exposición al paciente y aumenta la calidad de la imagen porque elimina los fotones dispersos que añaden niebla y degradan la imagen (efecto Compton).

En los equipos dentales se usan colimadores = diafragmas, tubulares cilíndricos, no cónicos porque generan mayor cantidad de radiación secundaria, están prohibidos. Estos colimadores diafragmas pueden ser circulares o los más nuevos rectangulares, estos últimos reducen significativamente la exposición al paciente.



### **PROPIEDAD DE LOS RAYOS X:**

1. Se propagan en línea recta a 300.000 km/s en el vacío.
2. No tienen cargas eléctricas. No son desviados por campos eléctricos o magnéticos.
3. Producen ionización del medio que atraviesan.
4. Atraviesan cuerpos opacos a la luz.
5. Tienen acción fotoquímica, modificando sales de Ag (películas radiográficas), modifican el color de sustancia como el platino, cianuro de bario (pantallas reforzadoras.).
6. Producen modificaciones biológicas: somáticas y genéticas.
7. Se pueden utilizar con fines de diagnóstico o genética.
8. se reflejan, refractan y en condiciones especiales pueden ser visualizados, requiriendo adaptaciones del operador.
9. Tienen acción fotofísica.

### **RADIOBIOLOGÍA:**

La Radiobiología se podría definir como el estudio de los fenómenos que suceden una vez que un tejido vivo ha absorbido la energía depositada por las radiaciones ionizantes, lesiones que se producen y mecanismos que tiene el organismo para compensar estas lesiones.

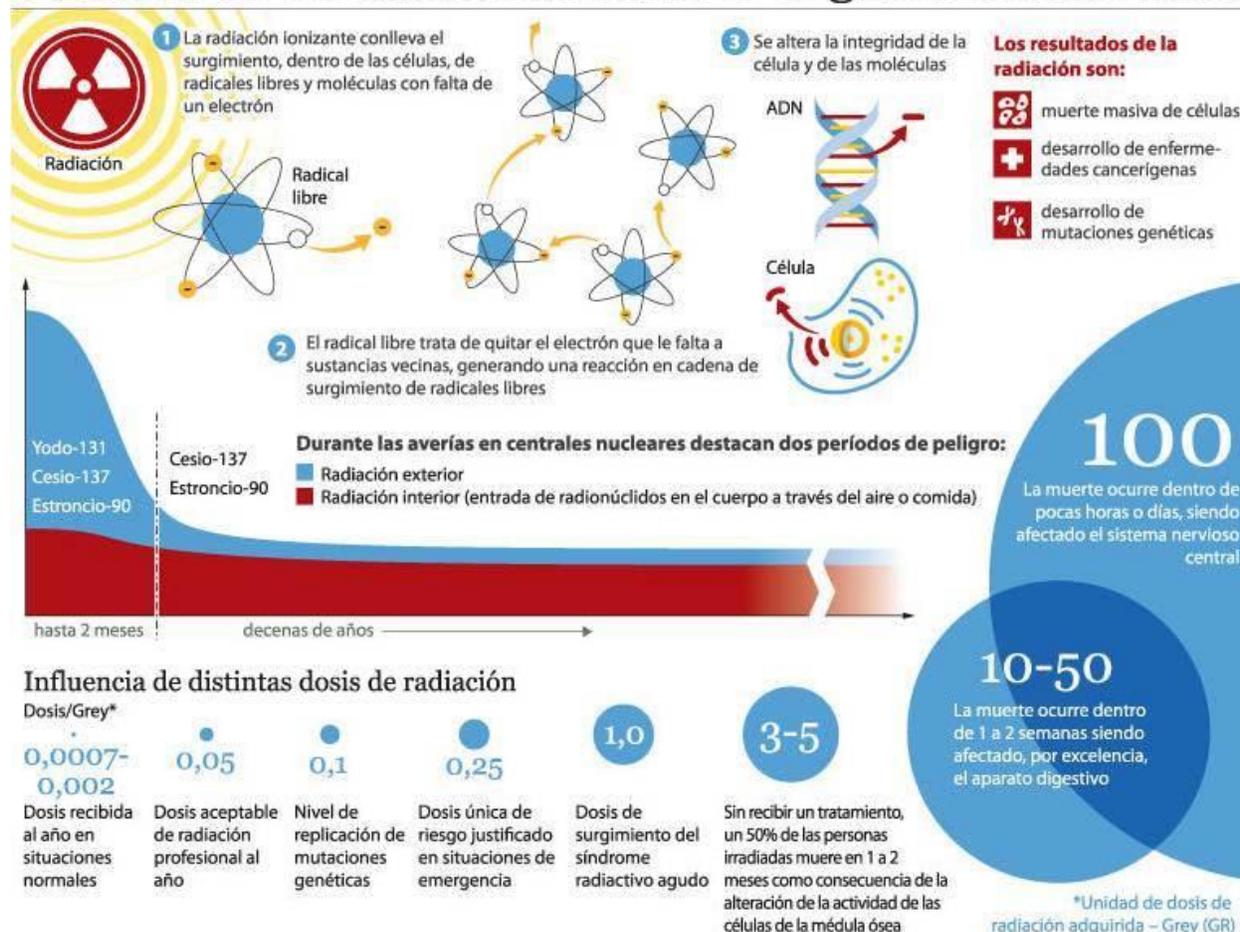
Las radiaciones ionizantes producen lesiones en los tejidos directamente o mediante la formación de radicales libres (indirectamente). La probabilidad de aparición aumenta al incrementar la dosis de radiación.

No todas las células responden a la radiación de igual forma, siendo más radiosensible cuanto mayor sea su actividad reproductiva, cuanto mayor sea su porvenir cariocinético y cuanto menos diferenciadas estén sus funciones.

La radiación ionizante puede provocar la rotura de enlaces covalentes en las moléculas mediante un efecto directo o puede producir la descomposición de la molécula de agua, formándose radicales libres que dañan la célula por efecto indirecto. Entre los daños que se pueden originar los más importantes son los que sufre la molécula de DNA y los cromosomas. Destacan las roturas de la cadena y la alteración o destrucción de azúcares y bases. De la rotura de los cromosomas y su incorrecta restitución pueden aparecer cromosomas anómalos: acéntricos, dicéntricos, en anillo; así como inversiones y translocaciones. Las alteraciones producidas en la

molécula de DNA pueden dar lugar a la aparición de mutaciones, transmisibles a la descendencia si éstas se producen en las células germinales.

## Efectos de la radiación sobre el organismo humano



Se centra en el estudio de los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los sistemas vivos. La radiación X es un agente físico que tiene elevada E, y a su paso por el organismo, produce una serie de modificaciones físicas y químicas, que son la base de la acción biológica de las radiaciones.

**LEY DE GROTHUS DRAPPER:** Solo la radiación absorbida tiene un efecto biológico.

La radiación siempre produce efecto pero no siempre produce daño.

Una vez absorbida la radiación, pueden suceder 2 cosas: una que haya ionización, otra excitación. O ambas.

La E con que nosotros trabajamos alcanza 1 KeV (1000 eV), capaz de producir modificaciones en la periferia de las órbitas de electrones.

El átomo al que se le ha desplazado un electrón queda positivo, y el electrón desplazado, se une a otro átomo, dándole una carga negativa. Ion (-), este fenómeno se produce por efecto Compton y efecto fotoeléctrico.

La energía para producir una ionización tiene que ser superior a 34 eV.

El haz incidente puede tener más de 34 eV y puede hacer impacto en otros átomos (por la mayor E), dando radiación secundaria a su paso, de nombre rayos Delta, dando ionización secundaria. Si el nivel de E es de 4 eV a los 34 eV, se produce excitación, colocando a los tejidos biológicos a los que atraviesa en un sistema de inestabilidad. Un electrón de la órbita más externa es desplazado hacia una órbita más interna, siendo este efecto de poca duración, retornando el electrón a su órbita original. La excitación puede favorecer la acción química de otras sustancias.

### **ACCIÓN DIRECTA DE LAS RADIACIONES:**

Una célula es considerada como una solución acuosa inhomogénea que contiene estructuras de variables dimensiones, como macromoléculas, mitocondrias, cromosomas, etc. Los efectos directos se producen cuando la energía depositada sobre estas estructuras origina ionización y excitación, ocasionando una lesión puntiforme que de acuerdo al órgano afectado será su trascendencia biológica y el daño producido es irreversible, y se produce de manera instantánea.

### **ACCIÓN INDIRECTA DE LAS RADIACIONES:**

La acción indirecta se produce cuando actúan los radicales libres, y se basa en la radiolisis del agua.

El cuerpo humano tiene aproximadamente un 70% de agua. Parte de esa agua se encuentra en grandes moléculas. Cuando se irradian las moléculas de agua se produce RADIOLISIS de la misma, por ionización y excitación molecular, que lleva a la formación de "radicales libres". Estos poseen vida muy corta, tienen un alto grado de agresividad y son capaces de producir daño bioquímico, produciendo oxidaciones y reducciones en conexiones llegando a romper uniones carbono-carbono.

Existen en el organismo sustancias protectoras contra esta acción llamada sustancia antioxidante.

La radiosensibilidad tisular disminuye en condiciones de anoxia.

- 1)  $H_2O \xrightarrow{Rx} H_2O^+ + e^-$  (electrón acuoso) se da en un 45% y por ionización.
- 2)  $H_2O \xrightarrow{Rx} HO^\bullet + H^+$  (protón) se da en un 10% por ionización.
- 3)  $H_2O \xrightarrow{Rx} H_2O^\bullet + H^\bullet$  y  $HO^\bullet$  se da en un 45% por excitación y es el mayor responsable del daño inducido al ADN.

La interacción de los radicales libres H y OH con moléculas orgánicas, pueden conducir a la formación de radicales libres orgánicos, estos son inestables y se pueden transformar en nuevas moléculas al experimentar reacciones de entrecruzamiento o redistribución.

Todas esas reacciones conducen a la formación de moléculas nuevas, con propiedades químicas, y por lo tanto biológicas, distintas a las de las moléculas originales.

Se puede producir la recombinación de  $H^\bullet$  con  $O_2$  y dar lugar a un radical fuertemente oxidante  $HO_2^\bullet$ . A su vez este radical puede sustraer átomos de H de sustancias orgánicas dando lugar a la formación de peróxido de hidrógeno. Este contribuyente a la formación de compuestos tóxicos e inactivación de enzimas, interactuando con ADN, ARN, enzimas, cromosomas y mitocondrias produciendo un efecto biológico.

### **EFEECTO A NIVEL CELULAR:**

Se consideran los efectos sobre los constituyentes del medio celular ( $H_2O$ , lípidos, ADN, ARN, enzimas, etc.), las estructuras y las funciones.

La parte más sensible de la célula es el núcleo y en menor grado el citoplasma y el momento más sensible de la célula a la radiación es el período pre-mitótico, durante la síntesis de ADN, aquí se produce un “stop” mitótico, deteniendo la reproducción. Con mínima radiación máximo daño.

Se puede decir que la radiosensibilidad de un tejido es proporcional a la capacidad reproductora e inversamente proporcional a su grado de diferenciación.

El efecto primario de las radiaciones sobre las células tiene lugar en las moléculas grandes y en el agua celular.

**Efecto sobre las macromoléculas:** puede producir la disociación de los fragmentos de la misma, que no vuelven a unirse (escisión molecular), este tipo de fenómeno es provocado por acción directa, la ruptura de la cadena principal llevará a cambios en peso molecular, con disminución del mismo y cambios en la viscosidad de la molécula coagulando a las proteínas, formando un coagulo de tipo irreversible, lo que provoca cambios en la actividad biológica.

**Efectos sobre los ácidos desoxirribonucleicos (ADN):** Uno de los fenómenos más notables es la disminución de la viscosidad, que es provocada por los radicales libres en el medio, o produciendo la ruptura en las mismas destruyendo las bases púricas y pirimídicas, siendo necesaria la ruptura simultánea de ambas cadenas y a un mismo nivel.

El daño celular es la resultante de la ruptura de una o de las dos cadenas de ADN y del éxito o fracaso del sistema celular enzimático para repararlas correctamente.

Cuando se fractura una sola cuerda, la reparación es posible, pues la otra cadena actúa como matriz, recuperando la correcta secuencia del código, sin pérdida de información.

Cuando se fracturan ambas cuerdas, no existe matriz disponible y por lo tanto la reparación no estará libre de error.

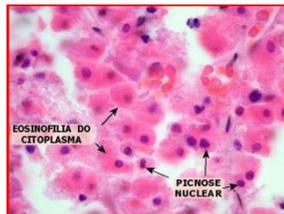
La mayoría de las anomalías celulares, incluso la muerte, son debidas a la fractura en una cuerda, próxima a la ocurrida en la otra antes de que ésta haya tenido tiempo para la reparación. La acción directa de la radiación sobre el ADN provoca también la ruptura en la cadena principal, pudiendo estos restos resultantes combinarse con los restos de cadenas vecinas, llevando a una alteración de las secuencias, alterando el código.

El DN representa la matriz para la síntesis de ARNm y, por lo tanto el punto de partida para la síntesis de proteínas.

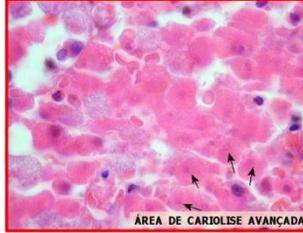
Esto implica que un daño producido en la molécula de ADN tendrá un efecto mediato en la trascendencia de la vida celular. Tal efecto podría traducirse en la falta de diferenciación celular, llegando a ser fatal para la célula.

Los ***cambios morfológicos*** celulares consisten en aumento del tamaño del núcleo (edema nuclear) con:

- **PICNOSIS:** que consiste en la condensación o coagulación de la cromatina.



- **CARIOLISIS:** que es la disolución de la cromatina.



- **CARIORREXIS**: desintegración del núcleo. Fragmentación o ruptura de la sustancia nuclear se distribuyen por el citoplasma.



En los nucléolos se forman vacuolas, pasaje de material nucleolar al citoplasma a través de la membrana alterada.

A nivel de la membrana celular, se producen lesiones funcionales, desequilibrio iónico de la célula.

Alteraciones morfológicas: aparición de vacuolas, también ensanchamiento de la membrana celular. Citoplasma celular: degeneración amiloidea y lipoidea.

Se produce autólisis de la célula en general.

Con respecto a los **efectos funcionales** veremos los que afectan a la vida celular en forma creciente:

- Malformaciones hereditarias. Se pueden transmitir a generaciones futuras.
- Retraso en el crecimiento.
- Anomalías en la división.
- Supresión de la mitosis.
- Supresión de la síntesis proteica.
- Muerte inmediata por coagulación proteica.

Es muy importante comprender que todos estos cambios dependen de la dosis de radiación y que no son específicos de las radiaciones.

### **FENÓMENOS DE RESTABLECIMIENTO:**

La teoría fotoquímica de los efectos de la radiación permite explicar el restablecimiento de las células después de la irradiación: como se ha visto anteriormente las radiaciones producen en las células nuevas sustancias que se consideran compuestos tóxicos. Estos pueden ser eliminados siguiendo dos caminos:

El fenómeno de restablecimiento puede dividirse en dos grupos biológicos diferentes:

1. La restauración de la morfología y la función de la célula individual lesionada por la radiación. Esto constituye un verdadero restablecimiento.

2. La restauración de la morfología y la función de los tejidos y órganos reemplazando las células lesionadas por un crecimiento derivado de las células que ha escapado a la lesión por radiación. Este fenómeno se designa pseudorestablecimiento.

Las células que al examen microscópico muestran lesión por radiación no se suelen restablecer, aunque puedan terminar el proceso de mitosis.

### **EFECTOS A NIVEL TISULAR:**

Cuando el tejido es agredido por la radiación, se produce INFLAMACIÓN, fibroesclerosis del tejido irradiado, esto supone muerte celular por proliferación de tejido fibroso, disminución de la irrigación en la zona irradiada por trombosis de pequeños capilares, que de acuerdo a la cantidad de radiación usada se produce recuperación de las mismas en pequeñas dosis o la muerte del tejido con dosis mayores, que esto sería correcto en el tratamiento de los cánceres.

La compensación celular se produce cuando se reconoce la depleción (pérdida de agua y sales) celular. La proliferación compensatoria después de una irradiación es rápida en los tejidos de renovación rápida, y lenta en los de renovación demorada. Los daños en los tejidos se producen debido a que estos están constituidos por células de distintos tipos, con distintas tasas de proliferación. De acuerdo a esta los tejidos se los clasifican en dos grandes grupos:

- a) J o jerarquizados
- b) F o flexibles.

Los TIPO J tienen una población celular distribuida en tres compartimentos a) de células primordiales o SC, b) de diferenciación-proliferación, y c) de células maduras.

El flujo de células es unidireccional desde el compartimento de células primordiales hacia el de células maduras. Pertenecen a este grupo la médula ósea, epidermis, epitelio intestinal. Tracto urinario y testículo.

Luego de una alta dosis de radiación, disminuye la entrada de células al compartimento de células maduras por muerte durante la mitosis en los anteriores compartimentos sin influir sobre la vida media de las células maduras. Por lo tanto el daño máximo será observado al cabo de un tiempo igual al de la vida media del compartimento de células maduras. **Luego el efecto no depende de la dosis, sino del tejido.**

Los TIPO F, el tiempo de respuesta a la radiación depende de la dosis. La población celular tipo F están compuestos por células con funciones específicas e igual capacidad de proliferación, solo difieren entre sí en su distribución en el ciclo celular. La muerte celular de las que se encuentran en etapas avanzadas **depende de la dosis.**

Perteneciendo a este grupo las células parenquimatosas del hígado, riñón, fibroblasto, tejido nervioso (neuroglia), estos tienen un tiempo de renovación lento y por lo tanto se demora en la expresión del daño. La pérdida de células se compensa con la proliferación de las mismas.

**RADIOSENSIBILIDAD:** es la mayor o menor afectación a nivel celular por la radiación. Por ejemplo, con 800 a 1200 unidades Roentgen, en el cristalino se produce cataratas (en una sola sesión).

Lo contrario a radiosensibilidad es radiorresistencia, que en forma absoluta no existe, ya que con dosis alta desaparece.

Los principales factores que rigen la radiosensibilidad son dados en las leyes de BERGONIE y TRIBONDEAU:

- Una célula es más radiosensible cuanto mayor sea su actividad reproductora.
- Una célula es más radiosensible cuanto mayor sean sus pasos intermedios para alcanzar la madurez.
- Una célula es más radiosensible cuanto menos diferencias sean su morfología y sus funciones.

#### ESCALA DE RADIOSENSIBILIDAD

Las células malignas son más sensibles que las no malignas, porque son de rápida reproducción. Las neoplásicas siguen en orden de sensibilidad, paralela a la de la célula madre de la cual provienen.

#### EFFECTO SOBRE LOS DIENTES:

- Dientes en formación: inhibición de la misma
- Dientes en desarrollo: enanismo de la raíz.
- Erupción precoz
- Hipoplasia de esmalte
- Hipersensibilidad al frío, al calor,
- Retracción gingival
- Inflamación del ligamento periodontal
- Caries rampantes, si irradiamos glándulas salivales, porque hay disminución de saliva, y baja el pH salival

Escala de radiosensibilidad según Holthusen (una de las más difundidas), en orden decreciente:

- 1) **Tejido linfoide (linfocito)**
- 2) Médula ósea
- 3) Timo
- 4) Testículos y ovarios
- 5) Mucosas y glándulas salivales
- 6) Folículo piloso
- 7) Glándulas sudoríparas y sebáceas.
- 8) Epidermis
- 9) Serosas
- 10) Pulmón y riñón
- 11) Hígado, páncreas y tiroides
- 12) Tejido muscular
- 13) Tejido conjuntivo y vasos
- 14) Tejido cartilaginoso y óseo
- 15) Células simpáticas y nervios (neurona)

#### **Clasificación de los efectos biológicos producidos por irradiación localizada:**

Los efectos de las radiaciones ionizantes se clasificaron al grupo celular involucrado en:

- a) EFFECTOS SOMÁTICOS: Aquello que afectan a células somáticas, es decir a las que nacen y mueren con el individuo.
- b) EFFECTOS GENÉTICOS: Los que afectan a células germinales o genéticas, aquellas involucradas en la reproducción y transmisión genética de generación en generación.

Según el tiempo de aparición de estos efectos se los clasifica en:

- a) AGUDOS (o tempranos): que aparecen en horas, días o semanas posteriores a la exposición. Forman los llamados efectos NO ESTOCÁSTICOS
- b) TARDÍOS no malignos: Aparecen a meses o años de la exposición.

Combinado ambas clasificaciones, surge la primera clasificación radioproteccionista.

- a) EFFECTOS SOMÁTICOS: AGUDOS: (generalizados y localizados) Ej. Radiodermatitis, depilación, plaquetopenia, depleción mucosa intestinal, etc.  
TARDÍOS: -No malignos representados por hipofunción de órganos, ejemplo glándulas: insuficiencia tiroidea, suprarrenal, hipofisaria.  
-Malignos: Cáncer, leucemia.

b) EFFECTOS GENÉTICOS

Los efectos tardíos sobre las células somáticas son cancerígenos y sobre las células gonadales genéticas.

La estimación de riesgo de efectos genéticos debe considerar la frecuencia y la severidad de los efectos producidos por distintas dosis de radiación. La experimentación animal, particularmente en ratones, ha determinado la frecuencia de radioinducción de distintos tipos de efectos genéticos. Por el contrario, no hay datos significativos de poblaciones expuestas, incluso no se han detectado efecto radioinducidos en los descendientes de los sobrevivientes de Hiroshima y Nagasaki, no obstante, se estima la probabilidad de ocurrencia a partir de experimentos en animales.

La comisión internacional de protección radiológica (ICRP) de acuerdo a los contenidos radiobiológicos evaluados distingue dos tipos de efectos:

- a) **EFFECTOS NO ESTOCÁSTICOS O DETERMINANTES**
- b) **EFFECTOS ESTOCÁSTICOS O PROBABILÍSTICOS**

**EFFECTOS NO ESTOCÁSTICOS O DETERMINANTES:** en estos efectos la frecuencia y la severidad varían con la dosis (a mayor dosis efectos más severos). Existe un umbral de dosis por debajo del cual no hay efecto.

Están dentro de este grupo los **EFFECTOS SOMÁTICOS AGUDOS**, que solamente se van a producir en situaciones anormales de exposición, es decir en sobreexposiciones accidentales agudas, que pueden ser de manera local o general en todo el cuerpo. Ej.: Bomba Atómica, Chernóbil (1986, 203 personas irradiados totalmente en todo el cuerpo y murieron 31 de ellas). También se encuentran los **EFFECTOS SOMÁTICOS TARDÍOS NO MALIGNOS**, pudiéndose observar en adultos con radiación fraccionada durante el tratamiento del cáncer sobre los tejidos sanos que rodean al tumor, no observándose en exposiciones ocupacionales.

En adultos, las dosis umbrales para producir efectos por irradiación aguda localizada en los tejidos más radiosensibles, de acuerdo al segmento corporales expuesto son:

- MEDULA ÓSEA: 0,5 Gy depresión.
- CABEZA: 2 Gy para opacificar al cristalino.  
10 Gy queratitis.
- CUELLO: > 10 Gy hipofunción tiroidea.
- TORAX: > 8 Gy neumonitis
- ABDOMEN: 10 Gy depleción de la mucosa gastrointestinal.
- PELVIS: 0,15 Gy depresión del recuento en el esperma.  
0,65 Gy infertilidad ovárica.
- PIEL: 3 Gy depilación.
- Radionecrosis 30 Gy.

Los niños son más radiosensibles, particularmente en algunos tejidos:

- CEREBRAL: 1Gy alteraciones en el EEG.
- ÓSEO: 1 Gy retardo en el crecimiento.
- TIROIDES: >7 Gy hipotiroidismo.

La severidad de los efectos agudos generalizados, dependen de la dosis y pueden ser ordenadas en las siguientes categorías:

- 0 a 0,25 Gy aberraciones cromosómicas en linfocitos.
- 0,25 a 1 Gy náuseas transitorias, linfocitopenia, leve plaquetopenia y leves cambios en el EEG.
- 1 2 Gy daño hematopoyético, en 6 a 8 semanas, neutropenia y plaquetopenia, sin infección ni hemorragia.
- 2 a 4 Gy náuseas y vómitos. Neutro y plaquetopenia en 3-4 semanas con fiebre y hemorragia, recuperable con tratamiento sustitutivo.
- 4 a 6 Gy náuseas y vómitos, eritema en piel y mocosas. Neutro y plaquetopenia en 2-3 semanas con fiebre y hemorragias, probable recuperación.
- 6 a 10 Gy náuseas, vómitos y diarreas. Neutro y plaquetopenia en 10 a 14 días sin tratamiento el 100% muere.
- Mayor a 10 Gy mortalidad del 100% por daño gastrointestinal eventualmente cardiovascular y neurológico.

Dentro de las primeras 24 horas posteriores a la sobrexposición disminuyen los linfocitos. A las 48 horas aumentan los neutrófilos y disminuyen alrededor del DÉCIMO DÍA alcanzando el valor más bajo al DIA 30. Si hay recuperación comienza a la quinta semana.

Las plaquetas aumentan durante los 2-3 primeros días, luego disminuyen alcanzando su valor más bajo alrededor del DIA 30.

Las dosis umbrales para observar efectos somáticos tardíos no malignos se basan a partir de la dosis de tolerancia: dosis distribuidas en los tejidos en forma fraccionada, produciendo efectos tardíos no malignos en el 1 al 5% de los individuos expuestos dentro de los 5 años después de la irradiación. Algunos de los efectos son:

- Úlcera y fibrosis del piel: 55Gy
- Insuficiencia hepática: 35Gy
- Esterilidad permanente en testículo: 5Gy
- Esterilidad permanente en ovario: 2Gy
- Fibrosis pulmonar: 40 Gy

- Necrosis ósea: 60 Gy
- Queratitis: 50Gy
- Hipotiroidismo: 45Gy
- Hipoplasia de médula ósea: 20 Gy
- Atrofia muscular: >100Gy

En niños la radiación fraccionada produce:

- 10Gy en las mamas impide el desarrollo.
- 20Gy en los huesos detiene el crecimiento.
- 20Gy en músculo hipoplasia.

### **EFFECTOS TEMPRANOS POR SOBREENEXPOSICIÓN AGUDA DE TODO EL CUERPO:**

La sobreexposición de todo el cuerpo no significa forzosamente la irradiación homogénea, sino también, la de todo el cuerpo con gradientes de dosis, a veces importantes, en forma instantánea o prolongada.

Entre 1945-1985 se produjeron 175 sobreexposiciones en todo el cuerpo, de los cuales 27 fueron mortales.

El 26 de abril de 1986, en Chernóbil, 203 personas se irradiaron en todo el cuerpo y murieron 31 de ellas.

La relación mortalidad-dosis, debería ser realizada a partir de sobreexposiciones homogéneas. En los accidentes radiológicos la distribución de dosis es inhomogénea.

Un parámetro aplicado es la **DOSIS LETAL (D0) 50/60**, que expresa la dosis para un 50% de letalidad en las personas irradiadas al cabo de 60 días.

El número de lesiones inducidas por radiación es mucho mayor que el que ocasionalmente provoca la muerte de las células. **La dosis letal media (D0)** es la dosis de radiación que origina aproximadamente **una lesión letal por célula** y que destruirá al 63% de éstas, siendo aún viables el 37% restante. El valor de dosis letal media en células epiteliales humanas bien oxigenadas es de aproximadamente 4 Gy.

Se ha estimado la DL 50/60 en 4 Gy (+/-1,2). Con 2Gy sería improbable una mortalidad mayor de 1% en personas sanas. Con 7 Gy podrían morir alrededor del 90%. La DL 50/60 depende de la edad, el sexo y el estado de la salud.

La severidad de los efectos depende de la dosis y pueden ser ordenadas en las siguientes categorías:

- 0 a 0,25Gy: aumento en la frecuencia de aberraciones cromosómicas en linfocitos.
- 0,25 a 1Gy: náuseas transitorias, linfocitopenia y a veces plaquetopenia, en casos graves, cambios en el EEC (electroencefalograma).
- 1 a 2Gy daño hematopoyético, en 6 a 8 semanas, neutropenia y plaquetopenia, sin infección, ni hemorragia.
- 2 a 4Gy, náuseas y vómitos. Neutro y plaquetopenia en 3-4 semanas con fiebre y hemorragia, recuperable con tratamiento sustitutivo.
- 4 a 6Gy náuseas y vómitos, eritema en piel y mucosas. Neutro y plaquetopenia en 2-3 semanas con fiebre y hemorragia, probable recuperación.

- 6 a 10Gy náuseas, vómitos en menos de 30 minutos. Diarrea en 1-2 horas, en una gran proporción de los sobreexposados. Neutropenia y plaquetopenia a los 10-14 días. Sin tratamiento, la mortalidad es del 100%. Con terapia sustituta una fracción se puede recuperar. La mortalidad resulta del daño a la médula ósea, tracto gastrointestinal y pulmón.
- Mayor a 10Gy: la mortalidad es del 100%

**EFECTOS ESTOCÁSTICOS O PROBABILÍSTICOS:** Son aquellos cuya frecuencia varía con la dosis (la frecuencia aumenta con la dosis) y no tiene umbral. Su severidad no depende de la dosis. Están dentro de esta denominación a los efectos somáticos tardíos malignos y los efectos genéticos.

Cuando una persona o población se expone a las radiaciones pueden aparecer enfermedades malignas (cáncer y leucemia), aparentemente al azar, de allí su nombre probabilísticos.

Los principios de protección radiológica, se basan en la prudente hipótesis de que hay una relación de proporcionalidad directa entre dosis y la probabilidad de cáncer, sin umbral. Acepta, que aunque la dosis sea pequeña, la probabilidad de cáncer es pequeña, es decir no acepta el riesgo cero.

No es posible distinguir entre un cáncer debido a las radiaciones y otro espontáneo, es decir no expuesto a las radiaciones. La cantidad de dosis no influye en la gravedad de las enfermedades malignas., un cáncer no es más maligno que otro porque haya recibido más dosis de radiación. Las enfermedades malignas son siempre diferidas, pueden transcurrir varios años o decenas de años entre la exposición a la radiación y aparición de la enfermedad.

Con radiaciones de baja TLE a baja dosis del orden de 0,1Gy, rara vez se puede demostrar un aumento significativo de cáncer.

Con altas dosis de algunos Gy, se puede demostrar que la incidencia es estadísticamente significativa, con respecto a la población no expuesta.

Con dosis de algunos Gy, se puede demostrar que la incidencia es estadísticamente significativa, respecto a la población no expuesta.

Con dosis más altas aún, del orden de las letales, la incidencia disminuye debido a la muerte celular.

La patogénesis del cáncer espontáneo y radioinducido es poco conocida.

Con fines de protección radiológica, se logra suficiente seguridad, utilizando un límite único de dosis para cada órgano o tejido y para todos los trabajadores, prescindiendo de la edad y el sexo. Los factores de riesgo de los distintos tejidos se basan en la probabilidad estimada para inducir los distintos tipos de cáncer:

TEJIDO	RIESGO	FACTOR DE RIESGO
Mama	cáncer	2.5
Médula ósea	leucemia	2.0
Pulmón	cáncer	2.0
Hueso	cáncer	0.5
Tiroides	cáncer	0.5
Restos de los tejidos	cáncer	<5.0
Todo el cuerpo	cáncer	12.5

## **CONCLUSIONES:**

Tanto los efectos genéticos como carcinógenos se atribuyen al daño sobre el ADN de los cromosomas y por lo tanto, a una conducta alterada de los genes de las células genéticas y somáticas.

El sistema enzimático puede reparar el daño causado por la radiación sobre el ADN. La eficacia de los mecanismos de reparación, a su vez depende de la dosis y tasa de dosis.

La mayoría de los estudios tienden a confirmar que el número de mutaciones inducidas es proporcional a la dosis, a bajas dosis, sin umbral.

Cuando las fracturas de ADN se reparan, puede suceder que se pierdan partes activas de la secuencia del código de ADN. En tal caso, se produce insuficiencia en la actividad funcional de componentes celulares.

Cuando no hay reparación, el segmento cromosómico fracasa al replicarse o distribuirse en las células hijas. Por eso las dobles fracturas son daños más severos.

No obstante se puede considerar que:

- La mayoría del daño producido con bajas dosis, puede ser correctamente reparado.
- Los efectos heredados son la consecuencia de parte de ese daño incorrectamente reparado, que no obstante, no impide la sobrevivencia celular.

Las fracturas no reparadas pueden causar la muerte y por lo tanto no transmiten efectos. Son las fracturas defectuosamente reparadas, pero que permiten sobrevivencia celular, las que transmiten los efectos genéticos, estos se producen a través de mutaciones o aberraciones cromosómicas.

## **DOSIMETRÍA:**

Los efectos dañinos de la radiación ionizante en un organismo vivo se deben en primera instancia a la energía absorbida por las células y los tejidos que lo forman. Esta energía absorbida principalmente a través de los mecanismos de ionización y excitación atómica, producen descomposición química de las moléculas presentes.

Para poder medir y comparar las energías absorbidas por el tejido en diferentes condiciones ha sido necesario definir ciertos conceptos (de exposición, de dosis absorbida, de dosis equivalente), así como las unidades correspondientes. Estas definiciones y unidades han ido evolucionando a medida que se ha tenido mayor conocimiento de la radiación.

La Comisión Internacional de Unidades de Radiación (CIUR) se ha abocado a la tarea de definir un sistema de unidades aceptado internacionalmente, y de empleo rutinario en la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). Estas unidades en el sistema internacional (S.I.) incluyen el Becquerel, el Gray y el Sievert, y su definición se basa en el sistema MKS. Vienen a sustituir al Curie, al rad y al rem, que son unidades tradicionales. En lo que se definen, en primer lugar, las unidades de S.I. para cada uno de los conceptos, y después las antiguas. La transición de un sistema de unidades al otro ha sido lenta, por lo que es frecuente encontrar las antiguas unidades en los textos, en los medidores de radiación y en el uso cotidiano.

### **EXPOSICIÓN (UNIDAD ROENTGEN):**

La exposición es una medida de la ionización producida por una radiación; su unidad es el Roentgen. Un Roentgen (R) es la exposición (X o Gamma) recibida por un kilogramo de aire en condiciones estándar de presión y temperatura (CSPT) si se produce un número de pares de iones equivalente a  $2,58 \times 10^{-4}$  Coulombs. Como la carga de un ion es  $1,602 \times 10^{-19}$  Coulombs, esto equivale a que se produzcan  $1,61 \times 10^{15}$  pares de iones/kilogramos de aires. En resumen,

$$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ coulombs/kg de aire en CSPT,}$$

$$1 \text{ R} = 1,61 \times 10^{15} \text{ pares de iones/kg de aire en CSPT.}$$

**CSPT** = 1 cm<sup>3</sup> de aire a 0°C de temperatura, y a 760 mmHg de presión.

Se usa como submúltiplo de Roentgen el milirroentgen (mR).

La mayoría de los instrumentos de medición de radiaciones ionizantes se basan en la detección de los iones producidos en el volumen de aire. O sea que Roentgen se define sólo para rayos X y gamma y en un medio que es el aire. Para medios que no sean aire, como sucede en la mayoría de los casos, se utiliza otra unidad.

### **DOSIS ABSORBIDA (GRAY O RAD):**

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos depende de la dosis recibida, o dosis absorbida, que se expresa en una unidad **llamada gray (Gy)**. El daño que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos.

La dosis absorbida, se define como la energía depositada por unidad de masa, independiente de qué material se trate. O sea E absorbida por gramo de masa (E/masa).

En la S.I. la unidad de dosis absorbida es el Gray (**Gy**), definido como sigue:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/ kg.}$$

La unidad antigua de dosis absorbida es el rad, definido como:

$$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ J/kg.}$$

Como se puede ver: 1 Gy = 100 rad (roentgen absorción dosis).

$$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy} = 1 \text{ cGy.}$$

### **DOSIS EQUIVALENTE (SIEVERT Y REM):**

Aunque todas las radiaciones ionizantes son capaces de producir efectos biológicos similares, una cierta dosis absorbida puede producir efectos de magnitudes distintas, según el tipo de radiación de que se trate. Esta diferencia de comportamiento ha llevado a definir una cantidad llamada factor de cantidad (Q) para cada tipo de radiación.

Se seleccionó arbitrariamente  $Q = 1$  para rayos X y Gamma, y para las otras radiaciones los valores dados en el cuadro 4. El factor de calidad es una medida de los efectos biológicos producidos por las distintas radiaciones, comparados con los producidos por los rayos X y Gamma, para una dosis absorbida dada. Así, por ejemplo, un gray de partículas alfa produce

efectos biológicos 20 veces más severos que un Gray de rayos X (según los valores del cuadro 4). El factor de calidad Q depende de la densidad de ionización de las diferentes radiaciones. La dosis equivalente es un nuevo concepto que se definió tomando en cuenta el factor de calidad. La unidad de dosis equivalente en el S.I. es el Sievert (Sv), definido como:

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy} \times Q$$

En los exámenes con rayos X para fines diagnósticos,  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy}$ .

La unidad antigua es el rem, con  $1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \times Q$ . Nótese que  $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv} = 1 \text{ cSv}$ .

**CUADRO 4. Factores de calidad**

Tipo de radiación	Q
Rayos X	1
Electrones	1
Neutrones Térmicos	2.3
Neutrones rápidos	10
Protones	10
Partículas	20

**Dosis Efectiva (Sv):**

La dosis absorbida es una magnitud estrictamente física que no siempre permite establecer una apropiada correlación con los efectos biológicos de las radiaciones. A igualdad de dosis, diferentes tipos de radiaciones pueden provocar efectos diversos según la distribución microscópica de las ionizaciones.

Para expresar este fenómeno, se pondera la *dosis absorbida*, por un factor que depende del tipo de radiación, obteniéndose un valor que se denomina *dosis equivalente*. Por otra parte, los distintos tejidos y órganos poseen diversa radiosensibilidad para los efectos biológicos, lo que puede ser interpretado por un *factor de ponderación* para cada uno de ellos. El valor que resulta de sumar las dosis equivalentes de todos los órganos ponderadas por estos factores se denomina **DOSIS EFECTIVA**, y se expresa en **Sievert (Sv)**.

Es una manera de medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daño. El sievert tiene en cuenta el tipo de radiación y la sensibilidad de los tejidos y órganos. El sievert es una unidad muy grande, por lo que resulta más práctico utilizar unidades menores, como el milisievert (mSv) o el microsievert (µSv). Hay 1000 µSv en 1 mSv, y 1000 mSv en 1 Sv. Además de utilizarse para medir la cantidad de radiación (dosis), también es útil para expresar la velocidad a la que se entrega esta dosis (tasa de dosis), por ejemplo en µSv/hora o mSv/año.

### MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS:

Es común usar los prefijos conocidos, **c** (**centi** =  $10^{-2}$ ), **m** (**mili** =  $10^{-3}$ ), **μ** (**micro** =  $10^{-6}$ ), **k** (**kilo** =  $10^3$ ), y **M** (**mega** =  $10^6$ ) para indicar múltiplos o submúltiplos de las unidades de radiación. Algunas conversaciones útiles son:

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

$$1 \text{ cGy} = 1 \text{ rad}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

$$1 \text{ mSv} = 0,1 \text{ rem}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ mrem}$$

**CUADRO 5. Resumen de unidades**

Concepto	Proceso físico	S.I.	Unidades antiguas
Actividad	Desintegración nuclear	Bq	Ci
Exposición	Ionización del aire	R	R
Dosis absorbida	Energía depositada	Gy	rad
Dosis equivalente	Efecto biológico	Sv	Rem

El cuadro 5 muestra un resumen de las unidades de radiaciones que se han definido.

### TASA (o RAZÓN) DE DOSIS:

Las unidades de dosis absorbida y dosis equivalente expresan la cantidad total de radiación recibida, por ejemplo, en una operación dada. Sin embargo, para controlar los riesgos por radiación también es necesario conocer la rapidez (razón o tasa) a la cual se recibe la dosis. Para conocer la razón de dosis ( $D/t$ ), se divide la dosis recibida ( $D$ ) entre el intervalo de tiempo ( $t$ ) correspondiente. La dosis total recibida es igual a la razón de dosis multiplicada por el tiempo de exposición.

$$D = (D/T) t.$$

Por ejemplo, si una fuente radiactiva produce a una cierta distancia una razón de dosis de 1 mrem/hr y una persona permanece en esa posición durante 8 horas, entonces recibirá una dosis total de 8 mrem.

## **FORMACIÓN DE LA IMAGEN:**

El haz de rayos (radiación incidente) atraviesa las estructuras de la región anatómica estudiada. Estas estructuras absorben la radiación según la densidad de las mismas. El haz de rayos resultante (radiación emergente/sobrante) que sale del organismo, incide en la película radiográfica, donde se ven distintas densidades (distintos grises) → imagen radiológica.

Para esto es necesario tener

**A-Emisión de rayos (Tubo de rayos X), B- Objeto a radiografiar y C- Película radiográfica**

**A-Aparato de rayos X:**

Tenemos tres tipos de radiaciones. Radiación primaria, radiación secundaria y radiación de escape o fuga.

Primaria: es el haz útil, el haz primario, el que sale por la ventana del tubo.

Secundaria: es aquella que se genera cuando el haz primario interacciona con cualquier objeto (diente, lengua, sillón, etc.) al chocar, se genera una radiación diferente, menos penetrante que el haz primario, con mayor longitud de onda y que va en todas las direcciones, siendo dañina para el radiólogo, paciente y no beneficiosa para la imagen radiográfica.

Escape: son las que pueden producirse en circunstancias especiales, por rotura de la cubierta de plomo, por defectos en la construcción del tubo, pudiendo irradiar a todos.

**B- Objeto:**

Tener en cuenta el grosor del objeto, la densidad de masa y el número atómico. Estos, están directamente relacionados con la imagen radiográfica.

Cuanto más grueso es el objeto a radiografiar, más atenuara el haz de rayos y más clara será la imagen resultante.

Si se utilizan los factores de exposición establecidos para adultos, niños o pacientes desdentados, las placas resultantes quedaran más oscuras, porque la cantidad de tejido absorbente en el camino del haz de rayos X es menor. El dentista debe variar la exposición de acuerdo con el tamaño del paciente con el fin de obtener radiografía de densidad óptima.

La densidad de masa es la cantidad de materia por unidad de volumen, esta relacionada con la cantidad de átomos que se agrupan en una sustancia. Cuanto mayor sea la densidad de la estructura del individuo, mayor será la atenuación del haz de rayos X que pasa a través de dicho individuo o área. En la cavidad bucal podemos ordenar en orden decreciente de dicho individuo o área. En la cavidad bucal podemos ordenar en orden decreciente de densidades: esmalte, dentina y cemento, hueso, músculo, grasa y aire.

Los objetos metálicos (restauraciones) son mucho más densos que el esmalte y por lo tanto más absorbentes, atenúan más el haz de rayos que los que atraviesa y por lo tanto la imagen radiográfica es más clara, se denomina radiopaca.

Cuando los objetos son de baja densidad, la mayoría de los rayos X pasan a través del mismo, producen una imagen oscura en la película radiográfica, se denomina radiolúcida.

El número atómico del objeto está directamente relacionado con la absorción de rayos, es decir cuanto mayor es el número atómico, mayor absorción y la imagen será más clara, radiopaca y cuanto menor sea el número atómico menor absorción y por lo tanto la imagen será más oscura, radiolúcida.

### C- Película radiográfica:

La radiografía tiene que tener una excelente calidad de imagen y fino detalle anatómico, vienen distintos tamaños:

- 31x41 mm
- 22x35 mm (usado en periapicales y/o aleta de mordida)
- 24x40 mm
- 27x54 mm (bite wing)
- 57x76 mm (para oclusales)



Las películas tienen distintas velocidades, que están determinadas por el número y tamaño de los cristales de bromuro de plata en la emulsión. Mayores los cristales más rápida es la película pero peor la calidad de imagen. Se clasifican en:

**Lenta o A y B** (siglas internacionales)

**Intermedia o C**

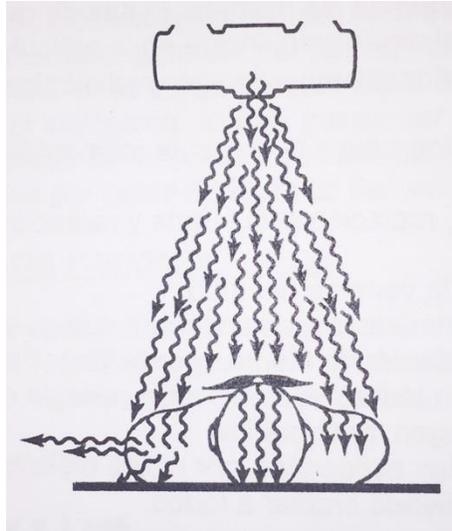
**Rápidas o D**

**Ultra rápidas o E, F y G.**



En la práctica deberían usarse las películas más rápidas, ya sea las de velocidad D o E. De esta manera estaríamos reduciendo la cantidad de radiación utilizada en la toma y protegiendo al paciente, operador y público en general.

El proceso de revelado también está relacionado con la película radiográfica, donde la temperatura, concentración, tiempo de preparación de los líquidos influyen también en la calidad de la imagen radiográfica.



Los rayos pueden atravesar un cuerpo sin interactuar con él y llegar todos a la película, también pueden ser absorbidos en su totalidad y no llegar a la película y por último pueden ser dispersados.

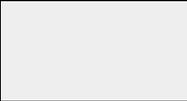
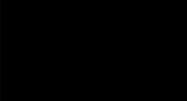
Cuando los rayos no interactúan son los que dan lugar a las distintas densidades de la película, hacen posible la radiología.

Cuando los rayos se absorben en su totalidad, es por el efecto fotoeléctrico esto depende de la energía de los fotones y la composición de los tejidos absorbentes

Cuando se dispersan, se lleva a cabo la dispersión Compton y también tenemos la dispersión coherente, los fotones de baja E interactúan con electrones sin cambiar su recorrido, ni perder E, se dispersan.



Se esquematiza la relación de la imagen radiográfica con las características de los tejidos que atraviesa, teniendo en cuenta lo explicado anteriormente. Número atómico, grosor y densidad de masa.

		Plomo, Iodo, Hueso, Bario		
		Músculos, Líquidos tendones		
		Grasa		
		Gases		

Los factores que controla el haz de rayos x son:

El tiempo de exposición, intensidad de la corriente en el tubo, (mA), voltaje del tubo (kvp) y filtración.

Cuando se dobla el tiempo de exposición, el número de fotones generados se duplica, controla la cantidad de exposición, el número de fotones generados, por lo tanto la imagen resultará más oscura, es decir densidad de la imagen.

A medida que aumente el mA se aplica más potencia al filamento, que se calienta y libera más electrones, que colisionan con el anticátodo para producir radiación. La cantidad de radiación producida por el tubo de rayos X (el número de fotones que llegan al paciente y a la película) es directamente proporcional a la corriente del tubo y al tiempo que el mismo está en funcionamiento.

Los rayos X, sus características en relación a la imagen radiográfica.

**Calidad de los rayos X:** está determinada por el kilovoltaje, describe la capacidad de los rayos para atravesar objetos, es decir su longitud de onda, su grado de penetración, su energía.

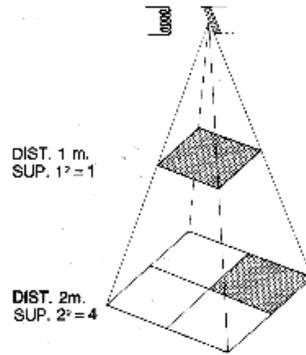
**Cantidad de rayos X:** está determinada por el miliamperaje, describe la cantidad de fotones de rayos X formados alrededor del filamento. Es la expresión cuantitativa del flujo electrónico.

El operador puede regular:

**Tiempo de exposición:** está relacionado con la densidad, grosor del objeto.

**Distancia:** hay tres blanco superficie (piel), blanco objeto (diente) y blanco película.

Muy importante la intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.



**Ley del cuadrado de la distancia:** la intensidad de un haz de Rx es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Un ejemplo si a una distancia foco-piel de 1 metro la intensidad del haz de Rx es de 100 mAs, a una distancia de 2 metros la intensidad del mismo haz es de 25 mAs.

### **PROCESADO DE LA PELÍCULA RADIOGRÁFICA:**

Una vez expuesta la película no se verifica ningún cambio en ella. La alteración que los rayos X producen en los cristales de bromuro de plata es lo que se llama imagen latente. Para que esta se haga real hay que someter la película al revelado.

El revelado se lleva a cabo en una cámara oscura, la que tiene las siguientes características: **Área seca**, donde aquí se abren los paquetillos y se colocan en los ganchos porta películas; además se procede a la numeración e identificación de las películas.

**Requisitos de la habitación**

- Tener ubicación conveniente
- Ser de tamaño adecuado
- Estar equipado con la iluminación correcta
- Estar dispuesto con un espacio amplio de trabajo y almacenaje adecuados
- Tener temperatura y humedad controlados.

**Área húmeda:** donde se encuentran los estanques con las soluciones reveladoras y el agua para el lavado.

#### *Tipo de revelado* **Manual.**

Puede ser un proceso visual o con control de tiempo y temperatura. En este último caso, puesta la película en gancho de revelado, se sumerge en un estanque con solución reveladora, que está a 20° (determinado por el fabricante), al igual que la solución reveladora. En luz filtro, la película se deposita por 5 minutos en el estanque con la solución reveladora, luego se pasa por un baño intermedio de agua y se coloca 10 minutos en solución fijadora. Posteriormente se lleva a un

baño final de agua fría y circulando. El control de la temperatura del fijador y revelador es importante ya que pueden ayudar a que la imagen radiográfica se encuentre más clara o más oscura.

La solución reveladora disocia el cristal que fue alterado por los fotones de rayos X y provoca que la plata precipite en la película como plata metálica; esto da a la película el color negro, por lo que con la solución reveladora se forman las zonas radiolúcidas.

El lavado intermedio tiene por fin detener la acción de la solución reveladora y evitar que el fijador se contamine con solución reveladora.

La solución fijadora remueve el cristal que no fue alterado por los rayos X para que después no sea alterado por la luz visible.

El lavado final se realiza para remover restos de solución fijadora y/o reveladora. El lavado final debe ser minucioso, esto garantiza una duración de la película para que pueda ser observada más allá de 5 años.

#### Ventajas

- Es económico
- No depende de la experiencia del operador.
- Permite estandarizar tiempos de exposición, ya que no hay variaciones en el revelado.

#### Desventajas

- Es lento
- Requiere de cámara oscura.



#### Procesamiento automático

Realiza revelado, fiado y lavado final con procesador automático.

#### **Con respecto a la imagen, características visuales:**

**Contraste:** son las distintas áreas oscuras y claras en la película.

**Densidad:** es la oscuridad y negrura global en la película.

#### **Características geométricas:**

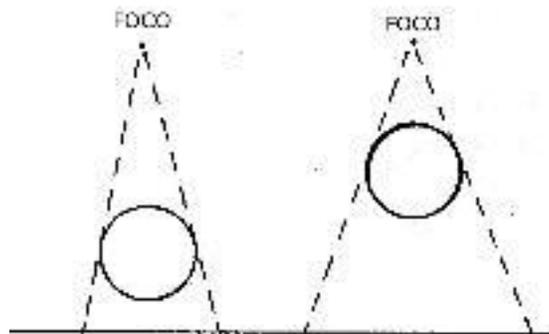
**Nitidez:** es la capacidad de una radiografía para definir un borde con precisión, por ejemplo unión esmalte-dentina.

*Borrosidad:* Es indefinición, producida por borrosidad del receptor de la imagen (película y pantalla), por movimiento y borrosidad geométrica.

Borrosidad del receptor de imagen está relacionada con el tamaño de los gránulos de plata, cuanto más fino el tamaño de los gránulos, mayor definición.

Borrosidad por movimiento, de la película, también del objeto o fuente de rayos X durante la exposición. Y la borrosidad geométrica, se da cuando fotones no son emitidos desde una fuente puntiforme (punto focal) del tubo de rayos X. A mayor punto focal mayor será la pérdida de definición de la imagen. Además la definición de la imagen, también mejora aumentando la distancia entre punto focal y el objeto y reduciendo la distancia que hay entre el objeto y la película.

*Ampliación – Magnificación:* como ya sabemos los rayos X son divergente, por lo tanto, cuanto más cerca esté el objeto a radiografiar del foco mayor será su tamaño en la película radiográfica. En cambio cuanto más alejado esté el objeto del foco menor magnificación. Por eso en radiología el paciente tiene que estar lo más próximo posible a la película, para que la magnificación sea la menor posible y la zona a radiografiar sea lo más real.



*Distorsión:* Es la magnificación desigual entre diferentes partes del mismo tejido. Ya que una parte y otra están a distinta distancia foco película.

### **Monitorización establecida por la ley 17557**

La medición de las radiaciones debe hacerse con instrumentos adecuados ya que el hombre no está capacitado para su percepción sensoria. Es necesario no solo detectarlas sino cuantificarlas con la finalidad de establecer la correlación con sus efectos.

Para medir radiaciones deberá hacerse a través de algunos de sus efectos. Tratándose de radiaciones con capacidad ionizante, parece lógico pensar que si se logra por algún medio contabilizar la cantidad de iones producidos por radiaciones de diversa intensidad en un mismo medio, se dispondrá de un medio eficaz para compararlas y detectarlas.

Generalmente el medio utilizado es aire o gas especial. Hay otros detectores cuyo funcionamiento se basa en sus efectos químicos, fotográficos y también propiedades luminiscentes de algunos elementos de estado sólido.

Los detectores los dividimos en dos grupos:

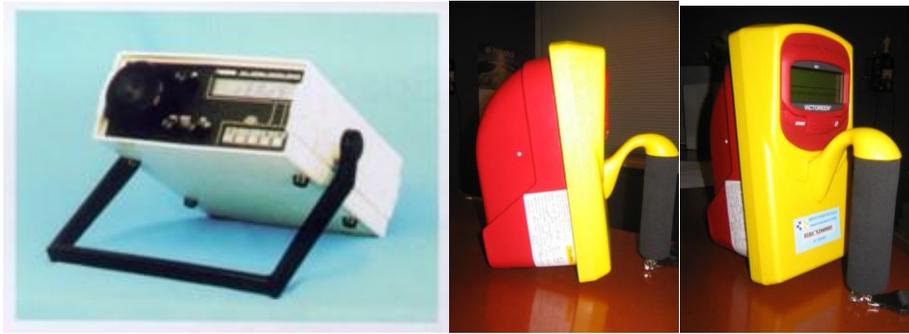
Detectores para monitorizaciones del área y para monitorización personal.

#### **Los detectores utilizados para monitorización del área:**

Son aquellos diseñados para medir en mR/h de los ambientes donde habitualmente puede haber radiaciones.

Los más usados son:

Cámara de ionización.



La cámara de ionización y el detector de Geiger Müller funcionan mediante un principio básico, si tenemos un recinto con electrodos y sobre este aplicamos un potencial (voltaje) variable aparecerá entre los electrodos un campo eléctrico.

Dependerá del voltaje para hablar de cámara de ionización o contador de Geiger Müller.

Cámara de ionización:

Es una cámara cilíndrica con aire a presión normal.

Donde hay dos electrodos, uno de ellos está en la cara interna de la superficie (cátodo, negativo) y el otro es central (ánodo, positivo).

Al incidir una radiación, se formarán iones positivos y negativos, estos iones generan una corriente que es amplificada por un circuito electrónico exterior y medida, generalmente se les aplica una tensión de 100 voltios, nos dará la exposición en roentgen.

Hay cámaras de 500 cm<sup>3</sup> y otras menores de 1 cm<sup>3</sup>.

Detector de Geiger Müller:



Trabaja a diferencias de potencial mucho mayor que la cámara de ionización, la ionización secundaria es tan grande que todo el gas del tubo queda ionizado.

Son más simples y robustos puede adosarse indicadores sonoros exteriores, usados para laboratorios de medicina nuclear, fugas de agujas radioactivas, materiales contaminados, además miden niveles bajos de radiación beta y gamma.

Detectores de centelleo:



Dispositivo sensible a rayos X y gamma. Capaces de medir intensidades bajas.

Cristales de yoduro de sodio, de cesio activado con talio. Emiten un haz luminoso en forma isotrópica, al absorber radiación ionizante.

El centelleo es por un reordenamiento de los electrones en trampas, el retronó a su posición original se hace inmediatamente.

Una ráfaga de luz desencadena emisión foto electrónica, que se amplifica.

La magnitud del pulso es proporcional a la energía absorbida por el cristal.

Existen diferencias entre los detectores de área:

*Cámara de ionización:* mide la energía que cede al gas la radiación que llega.

*Geiger Müller:* solo indica el número de fotones que llegan independientemente de la energía que estos ceden.

Es por esto que el indicado para medir dosis de exposición en salas de rayos X, o calibrar equipos de radioterapia deberá usarse cámara de ionización.

***Ley 17557 Art. 21. - Toda persona afectada al manejo y utilización de equipos destinados a la generación de Rayos X, salvo en aquellas Instalaciones en que la autoridad de Salud Nacional indique expresar lo contrario, deberá utilizar un sistema de dosimetría personal aprobado por dicha autoridad a fin de determinar y evaluar las dosis de radiación a que se halle expuesta.***



Los detectores utilizados para la monitorización personal:

Están diseñados en unidades que puedan relacionarse con la dosis absorbida por el personal.

Miden la dosis de radiación acumulada.

Lo ideal sería observar los efectos biológicos, pero he aquí las dificultades con las cuales se tropieza:

- a) Sensibilidad inadecuada, los niveles con los cuales se observan respuestas son demasiadas altas comparados con los niveles recomendados por normas de protección.

- b) Variación de la respuesta, la misma dosis produce efectos diferentes en distintos individuos.
- a) Falta de especificación, las respuestas observadas pueden ser producidas por causas ajenas a las radiaciones.

Requerimientos técnicos, administrativos y legales de la dosimetría personal:

Técnicos:

Solo responder a las radiaciones y no a otros actores como por ejemplo, temperatura, humedad, presión, etc.

Rangos de lectura, deberá cubrir de pocos rem (caso uno normal) hasta miles de rem (caso de accidentes).

Exactitud, se recomienda una exactitud de 50% teniendo en cuenta la dosis anual de todo el cuerpo.

Administrativo:

Fácil identificación para el usuario y para la codificación en el procesado.

Peso y tamaño, en caso de usarse en la muñeca no deberá molestar, al ser llevado sobre el tronco deberá ser discreto y de poco peso.

Proceso de lectura, fácil y rápido, sencilla y corta. En caso de accidentes es deseable obtener la información lo más rápido posible.

Donde ubicarlos, debajo del delantal en caso de dosimetría personal, en casos de estudios que impliquen altas dosis de exposición, conviene usar un segundo dosímetro en zonas descubiertas, y que reciben irradiación localizada, por ejemplo las manos y el cuello.

Legales:

Como prueba médico legal el dosímetro deberá satisfacer las necesidades de proveer una información permanente para ser consultado y comprobada aún mucho tiempo después de efectuada la lectura.

Distinto dosímetros personales:

- a. Película.
- b. Cámaras de ionización de bolsillo
- c. Termo fotoluminiscencia.
- d. Radio fotoluminiscencia.
- e. Dosímetro electrónico.

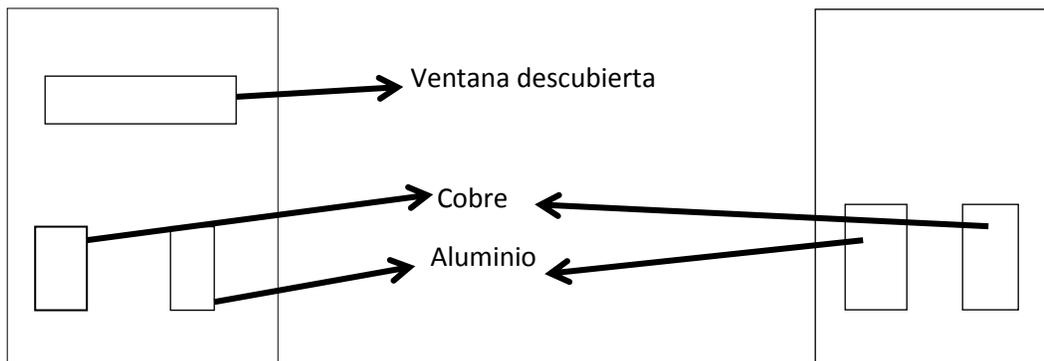


a- Dosímetro de película:



Es utilizado para radiaciones X, gamma, partículas beta y neutrones.

Es una cajita plástica que tiene una película especial, del mismo tamaño que las dentales y tiene tres ventanas, una totalmente descubierta, sin protección, en otra hay un pedacito de aluminio, y en otra hay un pedacito de cobre. De acuerdo a la radiación, se va a impresionar la película detrás de esa ventana correspondiente, y de acuerdo al ennegrecimiento que sufra la película nos va a decir la cantidad y tipo de radiación recibida.



Cuando la radiación llega a la película y una vez revelada, la zona expuesta a la radiación aparecerá más oscura, el velado está en relación a la exposición a la que fue sometido, se expresa cuantitativamente en densidad óptica (D)

$D = \log \frac{I_0}{I}$  siendo la intensidad del haz luminoso cualquiera incidente sobre el film e I es la intensidad del haz emergente del mismo.

Hay distintos métodos de lectura, hay un aparato electrónico llamado densitómetro que toma de referencia una película testigo, y evalúa la película enviada.

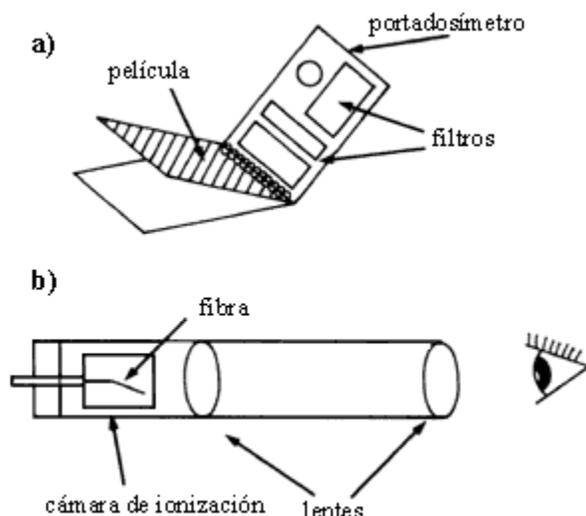
Es fácil de usar: se inserta la película, mide la exposición con el densitómetro, evalúa el paso de una luz a través de las distintas partes de la película analizada.

Tenemos otro método que es manual. Se utilizan dos gráficos.

Para calcular que cantidad de radiación recibió se debe revelar la película radiográfica en condiciones ideales, preestablecidas y se coloca entre una célula fotoeléctrica y de acuerdo al

paso de la luz que sufra la película ennegrecida, se determina cantidad y tipo de radiación recibida.

Primero se estima la energía aparente entrando en un gráfico con la densidad óptica leídas de la zona descubierta y la densidad óptica bajo el filtro de cobre, e determina una energía promedio a la que fue expuesto el dosímetro.



Con ese valor de la E se entra en otro gráfico con la densidad óptica leída con ventana abierta y se obtiene la dosis que ha recibido la persona expuesta.

Conociendo la sensibilidad de la película es posible determinar la dosis que recibió.

Se suministra el dosímetro al personal ocupacional y se realiza la lectura de la película, luego de un período de uso (normalmente uno o dos meses).

**Ventajas:**

Conservación de la información, útil como prueba médico legal.

Bajo costo.

Fácil utilización.

**Desventajas:**

Necesidad de un proceso largo para determinar dosis

Se necesita personal técnico capacitado para realizar la lectura.

### b- Cámara de ionización de bolsillo:

Lapicera: tiene una cámara de ionización.



Hay dos electrodos uno (cátodo, negativo) y el otro es un cable central (ánodo positivo). Este cable es un electroscopio, con dos hojas en forma de Y invertida, con las extremidades doble flexible. Cuando una tensión se aplica, por medio de batería, las extremidades se separan (signos iguales se repelen) y la abertura máxima corresponde al cero en una escala. Al recibir radiación, con la ionización de las moléculas de gas, provocará cargas negativas, que descargan y neutralizan las extremidades separadas del electroscopio, provocando su cierre. De acuerdo a

la cantidad de radiación incidente, mayor será el cierre de las extremidades, y la aguja indicadora de la escala se moverá indicando la radiación recibida

En el interior tiene un sistema óptico y una escala transparente con un bastidor metálico que marca la escala, cuentan con escalas de 100mR a 10R.

#### c- Dosímetros personales termo luminiscentes (TLD)

El dosímetro es un dispositivo diseñado para evaluar la radiación ionizante que incide en él, está formado por dos placas de acrílico de 3mm de espesor y dos cristales de fluoruro de litio sensibles a la radiación con dimensiones de 3x3x1 mm. El dispositivo completo mide 3cmx5cmx6mm.



**Dosímetro TLD**

**Equipo Lector**

La función principal del dosímetro personal es evaluar la dosis recibida en los cristales (el cristal no absorbe ninguna radiación y su lectura e interpretación se hace a través de calor). Es con la finalidad de verificar que un usuario expuesto a radiaciones no rebase los límites permisibles establecidos por la Normatividad vigente. Por ello es que se maneja un dosímetro por cada usuario para garantizar la seguridad en el trabajo expuesto a radiaciones ionizantes.

Al provocar un calentamiento (250°), los electrones son liberados, vuelven a ocupar sus lugares y emite luminiscencia que permite realizar un sistema de dosimetría. Se presenta en forma de cápsulas o pastillas.

Una vez leídos debe sufrir un tratamiento técnico para poder ser usado nuevamente.

Permiten detectar dosis de 1mR hasta 1000 mR. Sería el sistema elegido para dosimetría personal y para investigación científica.

*Ventajas:*

Muchos diseños, polvos y pastillas.

Amplio rango.

Pérdida de información mínima.

#### d- Dosímetro personal Radio fotoluminiscencia (R.F.L.)

Son cristales (de fosfato de plata y litio) que normalmente no emiten luz fluorescente, pero al ser irradiados y luego expuestos a la luz ultravioleta (UV) tienen la propiedad de emitir una luz naranja proporcional a la radiación recibida. Se deben lavar antes de la lectura y tratarlos con temperaturas de 400°, para ponerlos en cero.

*Ventajas:*

Rango de medición amplio.

La información no se pierde con el tiempo (menor de 1% en 3 meses)

Utilización de hasta 100 veces antes de cambiarlo.

#### e- Dosímetro personal electrónico:

Estos equipos miden y gravan dosis de radiación recibida por persona; usados para controlar los niveles de tasa de dosis ambiental, incorporan una alarma para avisar cuando los niveles de tasas de dosis ambientales superan un umbral predeterminado.

*Presentaciones:*

Dosímetro tipo reloj de muñeca: son electrónico montado en un reloj de pulsera antichoque, muestra continuamente la tasa de dosis ( $1\mu\text{Sv/hr}$ - $5\text{v/hr}$ ) y la dosis acumulada en una pantalla iluminada LCD; incluye una alarma sonora que se activa en el caso de que se excedan los umbrales de dosis o la tasa de dosis. Los datos incluyen un informe de las acumuladas dosis registradas y de la tasa de dosis se pueden almacenar en una memoria estable que puede descargarse en una PC.

Dosímetro personal compacto: son instrumentos profesionales multipropósito diseñado para medidas continuas de dosis.

Incorpora alarmas tanto de tasas de dosis como de dosis acumulada; centelleo de aviso si se supera el máximo de dosis del instrumento. Los datos se almacenan en una memoria estable y pueden descargarse en un PC.

### **EMPRESAS AUTORIZADAS**

**BIONICS** Sistema: Film – TLD Roseti 125 – 3º deoti “A” – Capital Tel: 011-4858-1329

**RIAS S.A.** Sistema: TLD Manuela Pedraza 1732 – 2º “B” – Capital Tel: 011-4701-1043

**PRONISA SR** Sistema: Film Av. Rivadavia 2890 Piso 11 Of. 1001 – Capital Tel: 011-4862-2090/3188

**Rx ASESORES** Sistema: Film Av. Santa Fe 1391 2ª – Capital Tel: 011-4815-2544

**LECSIFILM COOP. LTDA.** Sistema: Film Montiel 2080 – Capital Tel: 0114686-4893

**Para recordar:**

**Operador: DMP 20 mSv año, no más de 50 mSv, en el año y 100 cada 5 años consecutivos.**

**Público: DMP 1 mSv año**

**Operadora embarazada: DMP no más de 2 mSv a nivel del abdomen durante todo el período de gestación.**

**Estudiante: de 16 a 18 años, 6 mSv, menores de 16 años igual al público y mayores de 18 años igual al operador.**

DMP: Dosis mínima permitida.

### **Radioprotección:**

*La radioprotección es asegurar un nivel apropiado de protección al hombre y al medio ambiente sin limitar de forma indebida las prácticas beneficiosas de las exposiciones a las radiaciones.*

*Sabiendo que las radiaciones no son inocuas, tener en cuenta las Reglas básicas para controlar las radiaciones.*

- Entender y aplicar los principios básicos de la radiación: tiempo, distancia, blindaje.
- No permitir que la costumbre nos lleve a una falsa sensación de seguridad.
- No interponerse en el trayecto del haz de radiación.
- Usar protectores si no estamos detrás de una barrera.
- Usar siempre dispositivo personal de medición.
- No sujetar la película nosotros sino el paciente, un familiar, dispositivos de sujeción
- La persona que sujete la película debe usar delantal plomado.
- Paciente en edad fértil usar protectores de plomo:
- Escudos godanales, delantal plomado, siempre que no interfieran en el examen.
- En caso de embarazo posponer el estudio para después del parto o bien a la segunda mitad de la gestación.
- Filtración, colimación del haz de radiación.

*Debemos proteger a:*

- A. Operador (profesional) y personal auxiliar
- B. Pacientes.
- C. Público en general.

#### A- Normas básicas:

Se debe procurar que la exposición alcance los menores valores posibles y se encuentre siempre por debajo de las dosis máximas permisibles que corresponde al personal ocupacionalmente expuesto.

Existen medios para reducir la exposición:

- Distancia a la fuente (usar la mayor extensión posible del cable del disparador) no olvidar que la intensidad de los rayos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- Barreras o blindajes: biombos, chalecos.
- Ubicación del profesional durante la exposición.

Deben evitar que el cuerpo quede expuesto al haz directo de radiación. Igualmente el haz primario al interactuar con el paciente es dispersado en múltiples direcciones.

#### El blindaje o barrera

Consiste en interponer entre la fuente y la persona suficiente material para atenuar la radiación.

Como ya sabemos, la atenuación sigue una ley exponencial:  $I = I_0 e^{-mx}$ , donde  $I_0$  es la intensidad de la radiación que llega al material atenuador (blindaje),  $I$  es la intensidad que logra atravesarlo,  $m$  es el coeficiente de atenuación y  $x$  es el grueso del blindaje.

Como material de radio protección empleado frecuentemente es el plomo por su elevada capacidad de absorción.

La distancia es importante como método de protección, ya que la intensidad de radiación disminuye con el cuadrado de la distancia.

Es decir, por ejemplo si a 1 metro tengo 10 mR, a 2 tendré 2,5 mR.

$$\frac{1}{d^2}$$

Es importante tener en cuenta las dimensiones:

- La sala deberá tener como mínimo 9 metros cuadrados y ninguna pared será menos de 2,75 m de largo. Altura mínima 1,80m.
- La sala deberá tener una sola puerta de acceso y por ningún motivo será el acceso a otra dependencia.
- Todos los equipos deberán poseer colimador o cilindros abiertos blindados, de 10 cm de largo (mínimo), filtro de aluminio agregado de 1,5 mm de espesor, el cable o disparador deberá tener como mínimo 3 m de largo.
- Deberá poseer elementos de protección local para paciente (delantal de goma plomada), y operador.
- Los equipos de rayos, deberán estar instalados y aislados o separados de toda práctica odontológica.
- Uso de dosímetros.
- Toda instalación deberá contar con protección estructural para el operador (biombo plomado con visor, o bunker; blindaje de plomo de 1 mm de espesor, de comando con visor y disparador fijo en el lugar.
- Hay que verificar primero la calidad en primer lugar y tener en cuenta las siguientes equivalencias:

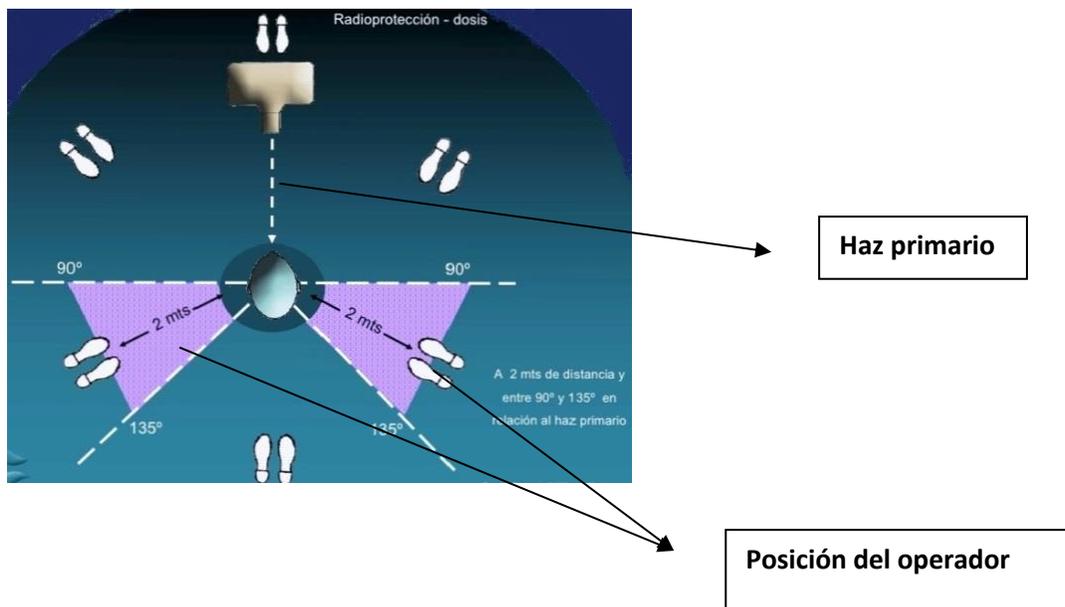
**1mm de plomo equivale a:**

- 8 cm de hormigón armado
- 15 cm de ladrillo común (macizo).
- 200 mm de yeso
- 7 a 8 cm de vidrio común
- 7 mm de chapa maciza de hierro o acero.
- 30 cm de ladrillo macizo equivale a 2 mm de plomo.

**El operador debe colocarse durante el disparo.**

Entre los 90° y 135° con respecto al haz principal, este se considera un lugar óptimo después de numerosas mediciones que se han realizado.

Además la mejor ubicación del equipo de rayos X es en un ángulo de la sala, ya que de esa manera hay una menor irradiación de la sala.



B- La protección a los pacientes la logramos mediante el empleo de:

1. **Filtración:** es un material que se coloca a la salida del tubo, para absorber las radiaciones de baja E, ya que estas son absorbidas por el paciente pero no llegan a la película. Permite homogeneizar los rayos y disminuir la dosis que recibe el paciente. Hay de aluminio y cobre, su espesor varía según la E con las que trabaja el equipo.
2. **Diafragmación:** es una barrera metálica con una apertura en el centro que me permite reducir el tamaño del haz de rayos X, con ello el volumen de tejido irradiado también disminuye. En odontología los más utilizados son los redondos y rectangulares. Los equipos dentales suelen estar diafragmados o colimados a un diámetro de 7 cm. Sin diafragmación irradia toda la cabeza del paciente.
3. **Reducción de la exposición:** se logra empleando películas ultrarrápidas, utilizando pantallas reforzadoras en técnicas extraorales.

Realizar un revelado correcto, teniendo en cuenta las temperaturas, tiempo de reparación de los líquidos, con un buen revelado de la película disminuimos la posibilidad de repetir la toma.

Radiovisiógrafo: La radiografía, ya no es tomada sobre una película tradicional, la cual tiene que ser revelada en varios minutos, sino que es tomada sobre un sensor de fósforo conectado a la computadora por medio de una interfase y un cable de conexión a puerto USB y en cuestión de segundos es traducida a una Imagen Digital, la cual puede ser analizada con un software especializado, en donde podemos estudiar las piezas dentarias milímetro a milímetro, como así también detectar las caries más pequeñas y escondidas al igual que cualquier otra lesión. Ese sistema utiliza solamente el 10% de la radiación emitida sobre una película tradicional, disminuye la radiación en los pacientes hasta en un 90%.

De tal manera que el paciente recibe menos radiación durante su tratamiento, lo que aumenta la seguridad para él, el odontólogo y sus asistentes.

Experiencia del médico, odontólogo, técnico radiólogo, personal a cargo.

4. *Distancia*: Como la radiación es divergente cuanto más alejado foco película, mayor superficie irradiada, y viceversa.

Al igual tiempo de exposición, la dosis en la piel del paciente resulta menor cuanto mayor es el alejamiento del tubo, porque se va a distribuir en una mayor superficie (la intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia).

Al disminuir la distancia la radiación se concentra en una menor superficie de piel, por lo tanto recibirá mayor dosis.

5. *Protectores*: son elementos utilizados para cubrir parte del cuerpo del paciente, protegiéndolo de la radiación primaria y secundaria.

Si bien estos están destinados a todas las personas que se exponen a estudios radiológicos, solamente lo usamos casi con exclusividad en embarazadas y muy poco en niños.

Platina de Müller: lámina de plomo de 2 mm de espesor, 30 cm de ancho, 25 cm en sentido antero posterior, con una escotadura de 11 x 12 cm. El paciente se coloca en su cuello, debajo del mentón y puede sostenerla con la mano o un dispositivo de bisagra. No permite el paso de radiación primaria, pero puede filtrarse la secundaria.

Delantal plomado: 0,5mm de goma plomada, más seguro que la platina, protege contra los tres tipos de radiación: primaria, secundaria y de escape. Se extiende desde el cuello del paciente hasta sus rodillas.

Collar tiroideo.

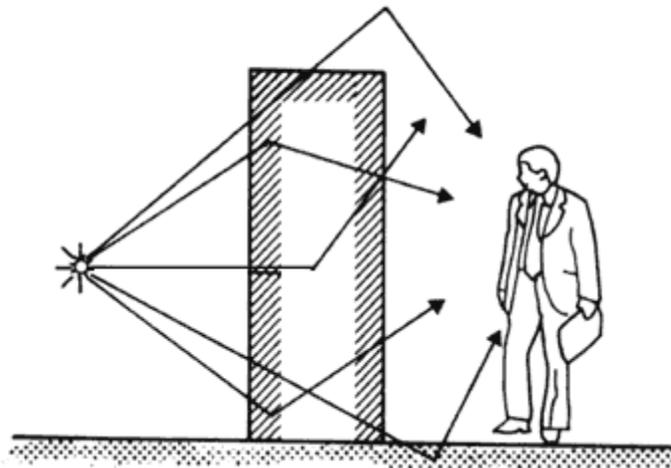
6. *Técnica correcta*

7. *Buena interpretación*

### C- Público en general:

Lo protegemos si tenemos en cuenta todo lo visto hasta ahora, las equivalencias del plomo utilizado como barrera de elección, sus equivalencias, los protectores, las distancias, distribución del consultorio, ubicación de la sala de espera, ventanas (a donde comunican).

Teniendo en cuenta que las radiaciones van en todas las direcciones.



La radiación puede ser dispersada por paredes, piso y aire.

**Conclusiones.**

**El uso de la radiación es necesario; los peligros son reales.**

**Las dosis deben ser lo más bajas posibles.**

**Los conocimientos esenciales y la experiencia del que maneja el aparato son fundamentales.**

**Las técnicas adecuadas y los aparatos modernos, sumados a los conocimientos de las técnicas, contribuyen a la obtención de mejores resultados con menos exposición.**

**El juicio debe decidir la indicación y el uso.**

**Para recordar:**

**Operador: DMP 20 mSv año, no más de 50 mSv, en el año y 100 cada 5 años consecutivos.**

**Público: DMP 1 mSv año**

**Operadora embarazada: DMP no más de 2 mSv a nivel del abdomen durante todo el período de gestación.**

**Estudiante: de 16 a 18 años, 6 mSv, menores de 16 años igual al público y mayores de 18 años igual al operador.**

**DMP: Dosis mínima permitida.**