

DIAGNOSTICO DEL AREA DE RADIOLOGÍA CON QUE CUENTA
LA CLÍNICA VETERINARIA "CARLOS MARTÍNEZ H." DURANTE EL PERIODO
COMPRENDIDO ENTRE ENERO 15 A AGOSTO 20 DE 2002

MARIA IRSUM JANI PAZ PANTOJA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
SAN JUAN DE PASTO
2003

DIAGNOSTICO DEL AREA DE RADIOLOGÍA CON QUE CUENTA
LA CLÍNICA VETERINARIA "CARLOS MARTÍNEZ H." DURANTE EL PERIODO
COMPRENDIDO ENTRE ENERO 15 A AGOSTO 20 DE 2002

MARIA IRSUM JANI PAZ PANTOJA

Informe Final de Semestre Rural presentado como requisito parcial
para optar al título de Médico Veterinario

Asesor
CARMENZA JANNETH BENAVIDES MELO
Médico Veterinario

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
SAN JUAN DE PASTO
2003

Con mucha satisfacción y afecto, dedico este trabajo a:

A Dios por toda la felicidad y los beneficios que he recibido en mi vida.

A mi Madre y a mi Padre † por todos sus cuidados, porque siempre creyeron en mi, sin su desvelo no hubiera podido alcanzar mi meta.

A mis Colegas como un aporte.

Nuestros Pacientes; pasados, presentes y futuros, ellos nos inspiran a realizar mejor las cosas.

AGRADECIMIENTOS

Aunque muchas personas me brindaron su colaboración para la realización de este trabajo, quisiera expresar un particular agradecimiento a:

Carmenza Janneth Benavides Melo

Médico Veterinario Universidad de Nariño

Directora Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.”

Quien me brindó asesoría, apoyo y amistad extraordinariamente valiosa.

Germán Ramírez

Físico Médico y Radiofísico

Jefe de departamento de Control de Calidad de Imágenes Diagnósticas y Radiofísicas, Hospital Universitario del Valle.

Que me suministró información importante para integrar a este trabajo.

Juan Manuel Astaiza

Médico Veterinario Universidad de Caldas

Profesor del Programa de Medicina Veterinaria

Por su crítica constructiva que ha sido valiosa para mi formación.

Alvaro Andrés Zambrano Villarreal.

Ingeniero de Sistemas Universidad Mariana

Por su talentosa contribución.

Doctor Héctor Fabio Valencia, Doctor Bayron Mojana, Doctor Alfredo Calpa, y funcionarios de la Clínica Veterinaria.

Cada uno de ellos me apoyó en momentos de crisis y me dio luces para continuar.

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores.”

Artículo 1ero del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

GLOSARIO

ADN	Ácido desoxiribonucleico
ÁNODO	Electrodo positivo o polo que atrae a los iones negativos
ARN	Ácido ribonucleico
BIOSEGURIDAD	Seguridad para una vida sana
CÁTODO	Electrodo negativo o polo que atrae a los iones positivos
ELECTROMAGNÉTICA	Relativo o procedente del magnetismo desarrollado por una corriente eléctrica
ENERGÍA CINÉTICA	Fuerza de un objeto o partícula en movimiento
ENERGÍA POTENCIAL	Fuerza existente y lista para la acción. Objeto en estación
ESPECTROSCOPIA	Examen que hace visible la imagen que resulta de la infracción de la radiación electromagnética de una sustancia
FOTONES	Partícula de energía radiante. Partícula energética de rayos X
HELICOIDAL	Con forma semejante a una hélice
IONIZANTE	Provoca disociación de una sustancia en iones
KILOVOLTAJE	Corriente de un amperio contra un ohmio de resistencia. Control de voltaje en miles.
MILIAMPERAJE	Milésima parte de cantidad de electricidad que atraviesa un conductor en un tiempo (segundos)
MUTACIONES	Cambio, toma de otro estado, por ejemplo el de los cromosomas
RADIOACTIVIDAD	Cualidad de emitir o emisión de partículas o radiaciones electromagnéticas como consecuencia de la desintegración de los núcleos de elementos inestables, propiedad que tienen todos los elementos químicos de número atómico superior a 83, y que se pueden inducir en todos los demás conocidos.

RADIOSENSIBILIDAD Sensibilidad a la energía radiante, como a los rayos X u otras radiaciones

TUNGSTENO Elemento químico de número atómico 74, símbolo W

RESUMEN

La Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.” brinda a la comunidad veterinaria de la ciudad de San Juan de Pasto apoyo a través de la prestación de servicio, como el de Radiología que es de gran ayuda para el respaldo diagnóstico del estado clínico del paciente.

Además el hecho de ser una entidad educativa, esta contribuye a brindar a los estudiantes la formación integral que la universidad desea para sus egresados.

Sin embargo, aunque las condiciones de funcionamiento no han sido las mejores estas pueden superarse para garantizar:

- La calidad radiográfica
- Las condiciones de trabajo para el personal que opere en la sala de radiodiagnóstico.
- Seguridad a los estudiantes del programa

Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Conocimiento del funcionamiento de los equipos, para que su rendimiento sea óptimo y no represente riesgo para la salud.

- Conceptos sobre radiación y técnica radiológica, para que los porcentajes de error al momento de la toma de radiografías bajen y los beneficios sean mayor que los perjuicios.
- Recursos materiales para un mejor manejo del paciente y revelados de las películas.

Protección y vigilancia radiológica para el cuidado ético de la salud de todas las personas que visiten a la Clínica.

ABSTRACT

The Veterinary Hospital "Carlos Martínez H." gives to the Veterinarian Community of Pasto City Help through Services Lendings as.

- The radiology wich is a great aid to diagnostic of clinic condition patient. Also it to be an Educative Entity Contributes to his students with the integral formation that university want by his graduates.

However the conditions of operating aren't the best, they can surpass and guarantee the radiographic quality, conditions of work and personal security that operate in the diagnostic radio room and the student's program.

Is very important to have the following aspects:

- A. The operating of equipment.
- B. Concepts about radiation and radiologic technique
- C. Sources natures
- D. Protection and radiology vigilance.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	23
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
3. OBJETIVOS	25
4. MARCO TEÓRICO	27
4.1 WILHELM CONRAD RONTGEN Y EL DESCUBRIMIENTO DE LOS RAYOS X	28
4.1.1 Desarrollo de los tubos de rayos X	33
4.2 TIPOS DE RADIACIÓN IONIZANTES	34
4.2.1 Radioactividad.	36
4.3 FUENTES DE RADIACIÓN IONIZANTE	38
4.3.1 La Radiación Electromagnética.	39
4.4 CONCEPTOS DE RADIACIÓN	42
4.4.1 Materia.	42
4.4.2 Energía.	43
4.4.3 ¿Cómo son establecidos los límites de dosis de radiación?	45
4.4.4 ¿Que consecuencias tiene superar el límite de dosis?	47
4.4.5 ¿Cómo se determina el riesgo de la exposición a la radiación?	47

4.4.6	¿Cuál es el riesgo estimado?	48
4.5	UNIDADES DE MEDIDA DE LA RADIACIÓN IONIZANTE	48
4.5.1	Antiguas Medidas del Sistema Internacional.	49
4.5.2	Nuevas Medidas del Sistema Internacional.	50
4.6	NATURALEZA DE LOS RAYOS X	50
4.7	PRODUCCIÓN DE RAYOS X	51
4.8	EI TUBO DE RAYOS X MODERNO	53
4.8.1	El Ánodo.	54
4.8.2	El Cátodo.	54
4.8.3	Producción de los Rayos X.	54
4.8.4	Ánodo Giratorio.	55
4.8.5	El Foco Lineal.	56
4.9	APLICACIONES DE LOS RAYOS X	56
4.9.1	Investigación.	56
4.9.2	Industria.	57
4.9.3	Medicina.	58
4.10	ALTERACIONES CELULARES POR LA RADIACIÓN IONIZANTE	59
4.10.1	Teoría.	59
4.11	EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN	65
4.11.1	Trastornos Graves.	66
4.11.2	Efectos Retardados.	67
4.12	RADIACIÓN NO IONIZANTE	67
4.13	CARACTERÍSTICAS DEL DISPARO	68

4.13.1	El Miliamperaje.	68
4.13.2	El Tiempo.	69
4.13.3	El Kilovoltaje.	69
4.13.4	Técnica de Baja Tensión.	69
4.13.5	Técnica de Alta Tensión.	69
4.14	EL HAZ DE RAYOS X Y LA FORMACIÓN DE LA IMAGEN	69
4.14.1	Radiación Difusa.	70
4.14.2	Los Antidifusores.	70
4.14.3	Antidifusores de Potter-Bucky.	70
4.14.4	El Chasis.	71
4.14.5	Pantallas de Refuerzo.	71
4.14.6	La Imagen Radiográfica.	72
4.15	LA CALIDAD RADIOGRÁFICA	73
4.15.1	La Densidad.	73
4.15.2	El Contraste.	73
4.15.3	La Definición.	74
4.15.4	Distorsión.	75
4.16	LA PELÍCULA RADIOGRÁFICA	76
4.16.1	Estructura de la Película.	77
4.16.2	El Revelado y el Fijado.	77
4.16.3	Exposición.	78
4.16.4	Sensibilidad de la Película.	78
4.16.5	Densidad.	78

4.16.6	Contraste de la Película.	78
4.16.7	Detalle.	79
4.16.8	Velo:	80
4.16.9	Nitidez.	80
4.16.10	Borrosidad.	80
4.17	EL LABORATORIO FOTOGRAFICO	82
4.17.1	Proceso de Revelado.	82
4.17.2	El Fijado.	83
4.17.3	Procesos Físicos Durante el Revelado.	84
4.18	TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS	85
4.18.1	Equipo de Rayos X	86
4.19	EQUIPO RADIOLÓGICO ACCESORIO	89
4.19.1	Filtros de Intensificación.	89
4.19.2	Películas.	91
4.19.3	Casetes.	93
4.19.4	Otros Accesorios.	93
4.20	PROCESADO DE LA PELÍCULA	94
4.20.1	Procesado Manual.	94
4.20.2	Luz Roja del Cuarto Oscuro.	95
4.20.3	Etiquetado de las Placas.	95
4.20.4	Procedimiento de Procesado Manual de la Placa	96
4.20.5	Cuarto Oscuro Recomendaciones.	98
4.20.6	Diagrama Técnico.	99

4.21	TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS	99
4.22	RADIOPROTECCIÓN	102
4.22.1	Clasificación y Señalización de Áreas.	103
4.22.2	Límite de Dosis.	105
4.22.3	Generalidades de Protección Radiológica.	107
4.22.4	Medidas Fundamentales de Protección Radiológica.	110
4.22.5	Riesgos Radiológicos.	111
4.22.6	Clasificación del Personal.:	112
4.22.7	Clasificación de Zonas.	115
4.22.8	Vigilancia y Control de la Radiación	117
4.22.9	Emergencias en Radiodiagnóstico.	121
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	122
5.1	OBJETO DE ESTUDIO	122
5.2	UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA	123
5.3	RECURSOS DISPONIBLES	127
5.3.1	Recurso Humano	127
5.3.2	Recursos Materiales.	127
5.4	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	129
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	130
6.1	FORTALEZAS	130
6.2	DEBILIDADES	131

6.3 RECOMENDACIÓN PARA EL MANEJO DEL EQUIPO DE RADIOLOGÍA “SIEMENS MODELO 0866350 SERIE 0685 S23” EN EL PROCESO DE TOMA DE RADIOGRAFÍAS	135
6.4 RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL SEMESTRE RURAL	138
6.5 PROCESO DE REVELADO	143
6.6 CRITERIOS PARA CALCULAR PARÁMETROS RADIOGRÁFICOS	144
7. CONCLUSIONES	146
_Toc32641287	
ANEXOS	154

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Wilhelm Conrad Röntgen	29
Figura 2. Mano de Berta Röntgen	30
Figura 3. Una radiografía realizada en 1910	32
Figura 4. Ondas de radiación electromagnética.	39
Figura 5. Espectro electromagnético.	41
Figura 6. Tubo de Crookes	51
Figura 7. Diagrama esquemático del tubo de rayos X	53
Figura 8. Radiografía	73
Figura 9. Alineamiento del tubo y la distorsión que se produce	76
Figura 10. Trébol Radioactivo	103
Figura 11. Esquema de la Clínica Veterinaria "Carlos Martínez H."	125
Figura 12. Distribución y Dimensiones del área de radiología	126
Figura 13. Ejemplo Zonas controladas y vigiladas	151

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Longitudes de Onda del Espectro Electromagnético	41
Tabla 2. Radiosensibilidad Celular	63
Tabla 3. Radiosensibilidad Relativa de los Tejidos	64
Tabla 4. Zonas de Seguridad Radiactiva	103
Tabla 5. Exposición total homogénea del organismo	105
Tabla 6. Límites especiales de exposición	106
Tabla 7. Límites anuales de dosis para los miembros del público	106
Tabla 8. Exposición total homogénea del organismo	106

INTRODUCCIÓN

La radiología veterinaria ha presentado en los últimos tiempos un desarrollo acelerado, producto del notable avance tecnológico en lo referente al equipamiento e incorporación de sistematización, sumado al mayor nivel de conocimientos disponibles y exigencias por parte del usuario (Medico Veterinario).

En Pasto y demás ciudades del país existe un incremento en el número de Médicos Veterinarios y centros de atención a mascotas, que junto a la toma de conciencia en la tenencia de las mismas por parte de los propietarios se hace necesario para los profesionales recurrir a ayudas diagnósticas para ofrecer una mejor calidad de servicios médicos en forma eficiente y efectiva.

Entre los usos médicos de la radiación el examen médico de pacientes con rayos X, con el propósito de dar un diagnóstico es por mucho el más frecuente y proporciona información anatómica al profesional sobre el interior del paciente. Así los rayos X constituyen una herramienta ideal para sondear de manera “no invasiva” el interior del cuerpo de un ser vivo.

En el presente trabajo se recopila información técnica y logística sobre el uso del equipo de radiología de la Universidad Nariño, información sobre protección

radiológica, evaluación sistemática del trabajo en la sala de radiología para valorar los cambios que se van presentando a medida que se mejora la técnica y como se logra el acercamiento a la realidad del estado clínico del paciente; y aun más importante tener en cuenta aquellos aspectos que permitan optimizar la prestación de este servicio velando en todo momento por la seguridad del paciente como del personal involucrado.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez” de la Universidad de Nariño el manejo de la sala de radiología y el proceso radiológico hasta el momento ha sido subutilizado por llevarse a cabo empíricamente sin tener en cuenta las características técnicas del equipo, recursos disponibles en la sala y las condiciones de protección radiológica tanto para el personal como para el paciente. Viéndose esto reflejado en la calidad de placas radiográficas emitidas y el deterioro de los elementos y equipos.

Es por eso que con el trabajo realizado se pretende aprovechar al máximo los recursos existentes y estandarizar la técnica para mejorar la calidad y hacer más diagnósticas las placas radiográficas obtenidas, sin olvidar la seguridad del personal implicado en el proceso.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál debe ser el manejo ideal de la sala de radiología de la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.” de la Universidad de Nariño para asegurar la calidad en imagenología?

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar el servicio de radiología que presta la sala de rayos X de la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.” de la Universidad de Nariño, teniendo en cuenta la disposición de recursos y características físicas del equipo con que cuenta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el manejo adecuado del equipo de radiología con que cuenta la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez” de la Universidad Nariño (Siemens Modelo 0866350 serie 0685 S23).
2. Determinar las condiciones ideales que garanticen la bioseguridad de los operarios y demás funcionarios dentro y fuera del área de radiología.
3. Comparar los resultados de las técnicas radiográficas utilizadas con las técnicas recomendadas.

4. Estandarizar el proceso de revelado manual de placas radiográficas de acuerdo a los materiales y equipos disponibles.

5. Aplicar los conceptos de kilovoltaje, tiempo, miliamperios, miliamperios por segundo y distancia focal para mejorar la calidad radiográfica.

6. Identificar los elementos accesorios que puedan ser implementados en el área de radiografía para facilitar el proceso.

4. MARCO TEÓRICO

Hembert^{*} escribe que los Rayos X se describen como una radiación electromagnética penetrante, con una longitud de onda menor que la luz visible, producida bombardeando un blanco (generalmente de wolframio) con electrones de alta velocidad. Los rayos X fueron descubiertos de forma accidental en 1895 por el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen mientras estudiaba los rayos catódicos en un tubo de descarga gaseosa de alto voltaje. A pesar de que el tubo estaba dentro de una caja de cartón negro, Röntgen vio que una pantalla de platinocianuro de bario, que casualmente estaba cerca, emitía luz fluorescente siempre que funcionaba el tubo. Tras realizar experimentos adicionales, determinó que la fluorescencia se debía a una radiación invisible más penetrante que la radiación ultravioleta. Röntgen llamó a los rayos invisibles “rayos X” por su naturaleza desconocida. Posteriormente, los rayos X fueron también denominados rayos Röntgen en su honor.

^{*} A Cien Años del Descubrimiento de los Rayos X.

4.1 WILHELM CONRAD RÖNTGEN Y EL DESCUBRIMIENTO DE LOS RAYOS X

El 5 de enero de 1896, el periódico de Viena (Austria) *Die Presse* informó en su primera página una noticia sensacional: “El 8 de diciembre 1895 un profesor de nombre Röntgen descubrió un nuevo tipo de rayos, que penetran materiales y permiten observar dentro del organismo humano”. Unas semanas después esta noticia se había difundido con rapidez en todo el mundo.

Con el desarrollo de la electricidad, sobre todo el fenómeno de la iluminación eléctrica, los físicos del siglo XIX se vieron motivados hacia el estudio de las diferentes radiaciones que eran obtenidas al hacer pasar una corriente eléctrica a través de gases nobles encerrados en los denominados tubos de descarga.

En el año de 1859 Julius Plücker descubrió que en los tubos de descarga al vacío aparecía una luminiscencia en la pared de vidrio que estaba enfrente del cátodo y, debido a que el ánodo estaba colocado en el otro lado del tubo, él concluyó que esa aparición no era el resultado de la transmisión eléctrica del cátodo al ánodo, sino que la luminiscencia era causada por otro tipo de rayos a los cuales llamó “rayos de luz negativa”.

Diez años después, Johann Wilhelm Hittorf, alumno de Plücker, encontró que los campos magnéticos eran capaces de desviar esos rayos y, posteriormente, Eugen Goldstein demostró que había desviación de los rayos en un campo eléctrico y les dió el nombre “rayos catódicos”.

Figura 1. Wilhelm Conrad Röntgen



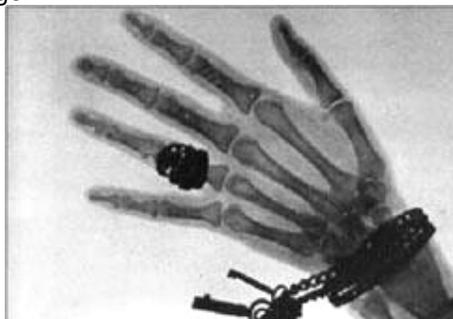
Enciclopedia Microsoft Encarta 2002.

Herbert* sigue comentando que, en el año de 1893, Lenard reemplazó parte del tubo de vidrio donde llegaban los rayos catódicos con un pedazo de papel de aluminio muy fino (“ventana de Lenard”) y encontró que los rayos catódicos eran capaces de salir del tubo. Wilhelm Conrad Röntgen (figura 1), un físico muy hábil que se destacó en la comunidad científica por sus contribuciones al entendimiento del magnetismo y de las relaciones eléctricas y magnéticas, fascinado por los experimentos de Lenard, empezó a trabajar con los rayos catódicos en el verano de 1894. Con el objeto de observar mejor los rayos catódicos, Röntgen solía

* A Cien Años del Descubrimiento de los Rayos X

trabajar en la oscuridad, cubriendo el tubo de descarga con un cartón negro. El 8 de noviembre 1895 fue un día especial para él ya que observó que un papel que estaba impregnado con un reactivo químico, $Ba[Pt(CN)_4]$, brillaba con los rayos que emanaban del tubo de descarga. Este fenómeno, que parecía no tener importancia, le dio a Röntgen la pauta para descubrir a los misteriosos rayos X. Cada vez que interrumpía el circuito del tubo, Röntgen observaba que el papel dejaba de brillar en forma instantánea y cuando volvía a cerrarlo el brillo retornaba inmediatamente. De aquí concluyó que este efecto no podía ser causado por los rayos catódicos, porque al salir de la ventana de Lenard los rayos catódicos sólo son capaces de desplazarse unos centímetros en el aire y desaparecen, por lo que no podían alcanzar al papel que se encontraba lejos del tubo. Así que consideró que debían ser otro tipo de rayos, hasta ese tiempo desconocidos, los que provocaban tal fenómeno. Intrigado por su descubrimiento, Röntgen no dudó en hacer del laboratorio su morada, descubriendo así las propiedades más importantes que caracterizan a este tipo de radiaciones.

Figura 2. Mano de Berta Röntgen



Enciclopedia Microsoft Encarta 2002

El 28 de diciembre de 1895 finalmente entregó un manuscrito de diez páginas con el título “Sobre un nuevo tipo de rayos” junto con una fotografía, la cual mostraba el esqueleto de la mano de su esposa (figura 2), a la consideración del Secretario de la Sociedad Médico-Física de Würzburg, con la recomendación de publicarlo de inmediato en sus crónicas.

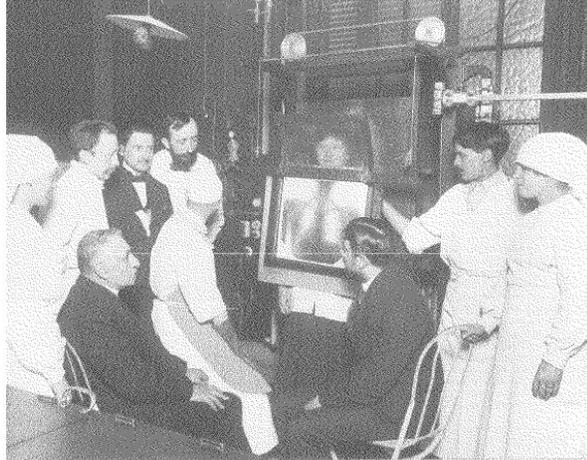
El 23 de enero de 1896 Röntgen hizo una demostración dramática en la Sociedad Médico-Física al tomar una radiografía de la mano del profesor von Kölliker quien, profundamente emocionado, propuso llamar a los rayos X “rayos Röntgen”, y el público lo aceptó con grandes aplausos. Desde ese día en Alemania todavía se habla de “rayos Röntgen” aunque en otros países siguen siendo rayos X.

En sus tres publicaciones (diciembre de 1895, marzo de 1896 y marzo de 1897) Röntgen se dedicó a informar sobre las propiedades de los recién descubiertos rayos X, demostrando que pueden penetrar metales u otros materiales duros, pueden compensar cargas eléctricas y que su absorción depende de los materiales que penetran. Además encontró que su intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia y que los cátodos de platino son apropiados para generarlos.

La aplicación de los rayos X en la medicina fue de un gran impacto, ya que gracias a ellos nació la radiografía como una herramienta de diagnóstico clínico (figura 3). Fue así como desde 1896 fueron fundados algunos institutos dedicados a esta

rama de la Medicina la radiología. Sin embargo, los científicos también encontraron muy rápido los efectos laterales negativos que provocaba el empleo prolongado de los rayos X; por ejemplo, informaron que “al igual que los rayos del

Figura 3. Una radiografía realizada en 1910



A Cien Años del Descubrimiento de los Rayos X

sol, los rayos X tienen la propiedad de quemar la piel” y poco a poco aprendieron a distinguir entre la aplicación útil y los riesgos que conlleva su uso. Con sus experimentos de interferencia de rayos X en cristales, Max Von Laue (1912) pudo determinar la longitud de onda de los mismos y demostrar que se trata de ondas electromagnéticas transversales.

¿Y hoy? Hoy tenemos tubos catódicos en la televisión y en las computadoras, usamos rayos X en la medicina, los utilizamos para verificar materiales, conocemos la espectroscopia de rayos X en la astronomía, usamos la técnica de litografía con rayos X en la fabricación de los circuitos integrados para las computadoras, tenemos láser que trabajan con rayos X y mucho más.

Por su importante descubrimiento, Röntgen recibió homenajes en varios países, ¡en total 89 homenajes!, Pero, quizá el más grande fue haber recibido el primer Premio Nóbel en Física en el año de 1901.

4.1.1 Desarrollo de los tubos de rayos X: Hembert* en el primer tubo de rayos X los rayos catódicos salen del cátodo y llegan a la pared del vidrio del tubo, allí se frenan y generan los rayos X. En la región donde inciden los rayos catódicos, una gran parte de energía eléctrica se transforma en calor y muy frecuentemente el vidrio se funde.

Más adelante se construyó un tubo más elaborado que contiene, aparte del ánodo, un tercer electrodo. Éste se encuentra conectado al ánodo, y por situarse frente al cátodo, recibió el nombre de “anticátodo”. El tubo de rayos X moderno trabaja con un voltaje de 30-60 Kv, con un metal muy puro como anticátodo (normalmente Mo, Cu, y a veces con Ag, Fe, Cr, entre otros) enfriado con agua. Un voltaje de 10 Kv es suficiente, pero no eficiente para generar rayos X, ya que los rayos catódicos llegan al anticátodo con un quinto de la velocidad de la luz (alrededor de 60,000 km/s) y solamente el 1% se transforma en rayos X, mientras que el 99% se transforma en calor.

* A Cien Años del Descubrimiento de los Rayos X

4.2 TIPOS DE RADIACIONES IONIZANTES

Ramírez[◇] dice que para comprender el fenómeno de la radiación, se debe explicar la utilización y los peligros para los seres vivos y daños de algunas estructuras cristalinas de elementos básicos o compuestos como los polímeros, es necesario tener presente la parte constituyente de la materia en el universo, el átomo. El átomo es el pequeño ladrillo del cual está formada toda la materia, está constituida por una serie de partículas elementales, las cuales como el neutrón y el protón están en la parte central denominada núcleo y en la parte externa, girando en las orbitas elípticas los electrones, semejando un sistema planetario.

El que un planeta se mantenga en una orbita determinada es el producto de las fuerzas gravitacionales que relacionan la masa de los planetas inversamente con la distancia que existe entre las dos masas. De igual manera en un mundo microscópico del átomo existen fuerzas de corto y largo alcance, que permiten que los 105 elementos fundamentales que conoce el hombre sean agrupados en la tabla periódica de los elementos de acuerdo al número atómico o número de protones en el núcleo. Las masas conocidas y fundamentales de las fuerzas existentes en el átomo son, las fuerzas Coulumb, que relaciona las cargas eléctricas de las partículas con el inverso del cuadrado de la distancia que están separadas estas partículas.

[◇] Curso de Protección Radiológica. Oficina de educación en Salud.

En átomos poco pesados o con pocas partículas dentro de su núcleo como el hidrógeno, carbono y otros menores, la interacción eléctrica entre los protones (+) y los electrones orbitales (-), funcionan adecuadamente en la mayoría de sus isótopos y se habla de elementos estables, ya que la distancia existente entre los protones (+), dentro del núcleo es poca debido a que existe un número pequeño de ellos en el volumen del núcleo y que además, el número de neutrones (neutro), es igual al número de protones y actúa como una barrera para la interacción eléctrica de dos partículas del mismo signo. Cuando los elementos comienzan a ser pesados o con muchas partículas dentro del núcleo se presenta un estado de inestabilidad en el átomo, debido a que existe un fenómeno de aglomeración de partículas en un volumen pequeño, generándose además una fuerte interacción eléctrica en partículas que están muy cercanas.

Si al fenómeno físico anterior se le agrega, que existe un gran número de elementos en especial los pesados donde el número de neutrones no es igual al número de protones, fenómeno que se denomina disparidad, este estado genera el fenómeno de inestabilidad, el cual es resuelto o superado por el átomo por el fenómeno de radioactividad.

4.2.1 Radioactividad. Ramírez[◇] Previamente ha definido condiciones para la existencia de la radiación ionizante o más comúnmente llamada radioactividad.

Un átomo por condiciones de inestabilidad producida generalmente por aglomeración de partículas dentro del núcleo y/o disparidad de partículas también dentro del núcleo, tiende a encontrar su nivel de más baja energía o estabilidad mediante unos fenómenos físicos y químicos.

La Asociación Española de Técnicos de Radiología[°] explica que la radiación ionizante es un tipo especial de radiación en el que están incluidos los rayos X. Se entiende por radiación ionizante, cualquier tipo de radiación capaz de arrancar un electrón de su órbita al interactuar con un átomo; se produce así una ionización de átomos, y al conjunto formado por el electrón y átomo se le conoce como par iónico.

Los rayos X y los gamma son las únicas formas de radiación electromagnética con energía suficiente para ionizar la materia. Hay algunas partículas muy rápidas de elevada energía cinética que también pueden producir ionización son las partículas alfa y beta.

[◇] Curso de Protección Radiológica. Oficina de Educación en Salud.

[°] Técnica Radiológica. Asociación Española de Técnicos de Radiología

Ramírez[◊] describe las siguientes radiaciones así:

Radiación Alfa: El fenómeno de alta densidad o aglomeración de partículas dentro del núcleo que crea una inestabilidad dentro de este átomo es superado mediante la emisión de cuatro partículas de dentro del núcleo en forma de parejas, es decir, dos protones (p) y dos neutrones (n).

Radiación Beta: Otro de los factores de inestabilidad de los átomos es el fenómeno de disparidad el cual consiste en que el número de protones (p) no es igual al número de neutrones (n) dentro del núcleo. En este caso sucede que un neutrón se transforma en un protón y se crea un electrón dentro del núcleo, el cual es expulsado posteriormente como una partícula cargada negativamente y a una baja velocidad.

Radiación gamma: Los fenómenos anteriormente mencionados generan una acumulación de energía dentro del núcleo del átomo que mantiene a este en una inestabilidad energética. Con el fin de obtener su estabilidad el átomo emite paquetes de energía denominados, cuantos o fotones de energía. La característica especial de esta energía radiante es que no tiene ni carga eléctrica, ni masa. Esta característica de este tipo de radiación la convierte en la radiación ionizante más penetrante ya que no existe ni carga ni masa y la interacción con los átomos de la materia es relativamente baja.

[◊] Curso de Protección Radiológica. Oficina de Educación en Salud

4.3 FUENTES DE RADIACIÓN IONIZANTE

La Asociación Española de Técnicos en Radiología[◊] describe que muchos tipos de radiación no son perjudiciales, pero las radiaciones ionizantes, si pueden dañar al ser humano. Estamos expuestos a gran variedad de radiaciones ionizantes, una de ellas es la radiación ambiental natural, que produce una dosis anual de aproximadamente 110 mrad. El rad es la unidad de dosis de radiación absorbida, se utiliza para expresar la cantidad de radiación que absorben los seres humanos.

El principal componente de la radiación ambiental natural procede del radón, que es un gas radiactivo producido por la desintegración natural del uranio, del que existen grandes cantidades en la tierra. Todos los materiales en cuya composición entra la tierra, como por ejemplo el cemento, los ladrillos o el yeso, contienen radón. La dosis anual aproximada de radiación debida a las aplicaciones médicas de la radiación ionizante, es de 54 mrad; aunque la cifra media es comparable a la de la radiación natural, en realidad se trata de una cantidad de radiación muy pequeña.

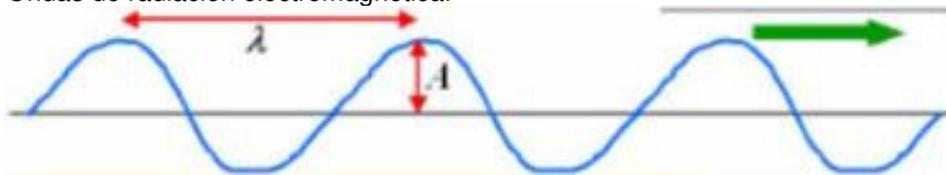
Los rayos X empleados en medicina son la principal fuente de radiación ionizante creada por el hombre, los beneficios derivados de la aplicación medica de los rayos X son indiscutibles, no obstante su aplicación debe de ser prudente,

[◊] Curso de Protección Radiológica. Oficina de Educación en Salud.

procurando evitar la exposición innecesaria a los rayos X de los pacientes y del personal sanitario. Entre las demás fuentes de radiación creadas por el hombre se incluyen pruebas de armamento nuclear, las centrales nucleares, determinadas industrias y ciertos productos de consumo.

4.3.1 La Radiación Electromagnética. En Astronomía Avanzada[‡] las cargas eléctricas estacionarias producen campos eléctricos, las cargas eléctricas en movimiento producen campos eléctricos y magnéticos. Los cambios cíclicos en estos campos producen radiación electromagnética de esta manera la radiación electromagnética consiste en una oscilación perpendicular (figura 4) de un campo eléctrico y magnético. La radiación electromagnética transporta energía de un punto a otro, esta radiación se mueve a la velocidad de la luz (siendo la luz un tipo de radiación electromagnética).

Figura 4. Ondas de radiación electromagnética.



Carlos Andrés Carvajal 2002

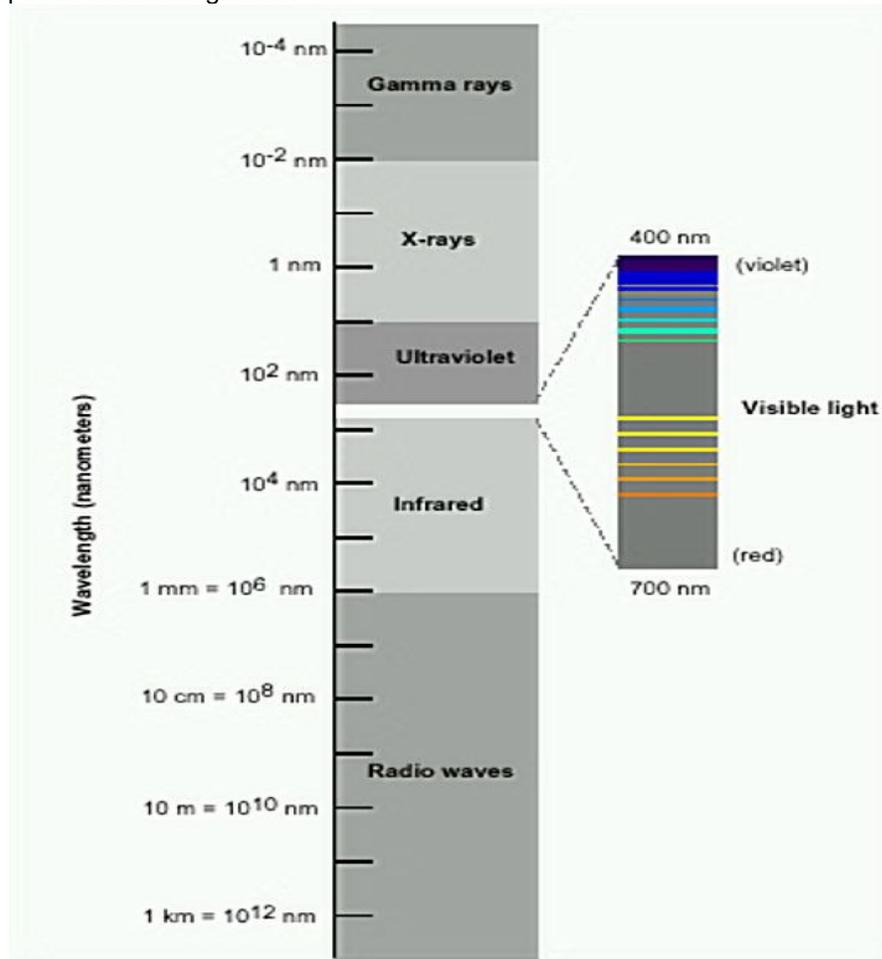
Las ondas de radiación electromagnética se componen de crestas y valles (convencionalmente las primeras hacia arriba y las segundas hacia abajo). La distancia entre dos crestas o valles se denomina longitud de onda (λ). La

[‡] Espectro Electromagnético. Astronomía Avanzada.

frecuencia de la onda esta determinada por las veces que ella corta la línea de base en la unidad de tiempo (casi siempre medida en segundos), esta frecuencia es tan importante que las propiedades de la radiación dependen de ella y esta dada en Hertz. La amplitud de onda esta definida por la distancia que separa el pico de la cresta o valle de la línea de base (A). la energía que transporta la onda es proporcional al cuadrado de la amplitud. La unidad de medida para expresar semejantes distancias tan pequeñas es el nanómetro (10^{-9} metros).

El ojo humano solo es capaz de percibir la pequeña porción que corresponde a la luz visible, situada entre los 3.900 Å y 7.500 Å donde la menor se encuentra cerca del violeta y la mayor del rojo. (Figura 5) El Sol emite en todas las longitudes de onda, pero solo llegan a la superficie una pequeña porción de estas, las demás son frenadas por la atmósfera: el Ozono absorbe las mas altas longitudes de onda hasta el ultravioleta, y el vapor de agua absorbe gran parte de las infrarrojas (Tabla 1).

Figura 5. Espectro electromagnético.



Carlos Andrés Cavajal 2002

Tabla 1. Longitudes de Onda del Espectro Electromagnético

<i>Denominación</i>	<i>Longitud de Onda</i>
Rayos Gamma	0,00000007 a 0,001 A
Rayos X	0,001 A 100 A
Luz Ultravioleta	100 a 3.900 A
Luz Visible	3.900 a 7.500 A
Luz Infrarroja (fotográfica)	7.500 a 15.000 A
Infrarrojo Cercano	15.000 a 200.000 A
Infrarrojo Lejano	0,002 a 0,1 cm.
Microondas (ondas de radar)	0,1 a 250 cm.

<i>Denominación</i>	<i>Longitud de Onda</i>
Frecuencias Elevadas (televisión)	2,5 a 15 m.
Onda Corta de radio.	15 a 180 m.
Banda de control aeronáutico	750 a 1.500 m
Onda Larga de radio	1.500 m en adelante

Astronomía Avanzada

Las escalas son las siguientes:

1 Å (Ángstrom) = 1×10^{-8} cm. (centímetros) = 1×10^{-10} m (metros).

4.4 CONCEPTOS DE RADIACIÓN

La Asociación Española De Técnicos de Radiología[°] ilustra que en un análisis físico se puede clasificar todas las cosas visibles o invisibles como materia o energía.

4.4.1 Materia. Es cualquier cosa que ocupa un espacio y tiene forma. Se trata de la sustancia material de la que están compuestos todos los objetos físicos.

La materia esta constituida por elementos básicos denominados átomos que se asocian en formas complejas.

[°] Técnica Radiológica. Asociación Española de Técnicos de Radiología.

Una característica distintiva de la materia es la masa o cantidad de materia contenida en cualquier objeto físico. La masa permanece invariable aunque su entorno varíe, pero sí puede cambiar su forma y tamaño. Ej.: un bloque de hielo de 1 Kg. Si se derrite se convierte en agua, si se evapora, parece que desaparece, sin embargo, sabemos que el hielo ha pasado a estado líquido y de este, al gaseoso. Si reunimos de nuevo todas las moléculas y medimos sus masas, encontraremos que son exactamente iguales; (con lo cual la masa es invariable con respecto de su entorno).

4.4.2 Energía. Es la capacidad de realizar un trabajo, al igual que la materia la energía se puede presentar bajo diferentes formas.

- ◆ Energía Potencial: es la capacidad de realizar un trabajo en virtud de la posición que ocupa. Ej.: la cuchilla de una guillotina suspendida en el aire; el cochecito de una montaña rusa en la cima; el muelle estirado de una puerta abierta.

- ◆ Energía Cinética: es la energía debida al movimiento, la posee cualquier cuerpo que se mueve, Ej.: automóvil.

- ◆ Energía Química: es la que se libera en una reacción química.

◆ Energía Eléctrica: es el trabajo que se realiza cuando un electrón o una carga eléctrica se mueve entre dos puntos de diferente potencial eléctrico. Ej.: electricidad de uso domestico, que supone el movimiento de electrones a lo largo de un conductor de cobre sometido a una diferencia de potencial de 220 v.

◆ Energía Térmica: es la energía del movimiento a nivel del átomo o molécula. Se trata de la energía cinética que poseen los átomos y las moléculas. Se mide por la temperatura, cuanto más rápido se muevan estos, mayor es la energía térmica y más alta la temperatura.

◆ Energía Nuclear: es la contenida en el núcleo de los átomos, la liberación y el uso de esta energía se controla en las centrales nucleares.

◆ Energía Electromagnética: quizás sea la menos conocida, pero la mas importante desde nuestro punto de vista, ya que es la que está presente en los rayos X, además, se encuentra en las ondas de radio, microondas y la luz visible. Al igual que la materia puede cambiar de tamaño y de forma; la energía se puede transformar de un tipo en otro.

En radiología, la energía eléctrica es transformada por la maquina de rayos X en energía electromagnética, que son los rayos X, convirtiéndose después en energía química al contacto con la película radiografía.

La energía emitida y transferida a través de la materia se denomina radiación. Cuando vibra una cuerda de un piano se dice que irradia sonido; el sonido es una forma de radiación. Las olas se irradian desde el punto en que cae una piedra lanzada a un estanque en calma. La luz visible es una forma de energía electromagnética emitida por el sol, a la que se suele denominar radiación electromagnética o simplemente radiación. La materia que intercepta una radiación y absorbe parte de su energía, se dice, que esta siendo irradiada o expuesta. Cuando una persona pasa el día en la playa se esta exponiendo a la radiación ultravioleta, y si la exposición es excesiva, se producen quemaduras. Durante un examen radiográfico, el paciente es expuesto a los rayos X, por lo que se puede decir que esta siendo irradiado.

4.4.3 ¿Cómo son establecidos los límites de dosis de radiación?

Medirad Ltda[∞] informa que generalmente los límites básicos de dosis son fijados a nivel nacional siguiendo las recomendaciones de la "Comisión Internacional de Protección Radiológica" (ICRP). Esta a su vez justifica sus propias recomendaciones considerando los informes exhaustivos que publican periódicamente el "Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas" (UNSCEAR) y organizaciones nacionales como el "Comité sobre los Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes"

[∞] Dosimetría Personal y Protección Radiológica. Medirrad.

(BEIR) de la Academia Nacional de Ciencias (NAS) de USA, así como también numerosos trabajos de los investigadores más reconocidos internacionalmente.

La intención de la ICRP es establecer un nivel de dosis sobre el cual las consecuencias para el individuo pueden ser vistas como claramente inaceptables. Para este propósito considera la dosis que podría recibir durante toda la vida laboral en forma moderadamente uniforme, o una dosis anual recibida continuamente durante 47 años (de 18 a 65 años). Las consecuencias de la exposición que evalúan son: la probabilidad de muerte por cáncer radio inducido, la morbilidad por cáncer no fatal y efectos hereditarios, y la pérdida media de la expectativa de vida a los 18 años. La ICRP estima que para una dosis menor de 1 Sv recibida en toda la vida laboral (o 20 mSv cada año de trabajo), dichas consecuencias son tolerables y el nivel de riesgo es similar al de ocupaciones normalmente reconocidas como seguras. Los valores calculados de las principales consecuencias de esa dosis son: para la reducción de la expectativa de vida, 0.5 años y para la probabilidad de muerte atribuible a la exposición, 3.6 %. Aunque se considera que la Protección Radiológica debe ser tal que dichos valores no deberían ser alcanzados salvo raras excepciones.

4.4.4 ¿Que consecuencias tiene superar el límite de dosis? En la práctica muchas veces el límite de dosis es visto erróneamente como una línea de demarcación entre lo seguro y lo peligroso. Una dosis ocasional por encima del límite no significa que produzca daño.

Pero la exposición reiterada por encima del límite implica un incremento del riesgo de contraer cáncer que es inaceptable y exigiría una revisión de las condiciones de trabajo. Por ejemplo el límite de dosis se puede comparar al límite de velocidad en el tránsito el que puede ser sobrepasado en ciertas oportunidades sin que necesariamente se produzca un accidente; sin embargo, conducir permanentemente por encima del límite de velocidad implica un incremento inaceptable del riesgo de que ocurra uno.

4.4.5 ¿Cómo se determina el riesgo de la exposición a la radiación? La estimación del riesgo asociado con la exposición a la radiación, está basado en el incremento de las tasas de cáncer, no en la muerte producida directamente por la radiación. La acción de la radiación es solo uno de los muchos procesos que influyen en el desarrollo de las enfermedades malignas, por lo tanto los efectos de la radiación a bajas dosis no son distinguibles de los niveles normales para esos mismos efectos. Se ha detectado y cuantificado estadísticamente la existencia de tumores y leucemias radio inducidos mediante estudios epidemiológicos de poblaciones expuestas a dosis de radiación relativamente altas. La fuente mas completa de información epidemiológica primaria es el estudio de los

sobrevivientes japoneses de las bombas atómicas, el que ha demostrado una correlación entre la dosis de radiación recibida y el incremento subsiguiente en la incidencia de tumores de pulmón, estómago, colon, hígado, mama, ovario, tiroides y vejiga, así como también de varias formas de leucemia.

4.4.6 ¿Cuál es el riesgo estimado? De acuerdo a estudios realizados por el Comité sobre los Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes el riesgo de muerte por cáncer es 8% por Sv para dosis agudas y puede ser de 2 a 4 veces menor para dosis crónicas. Esta estimación del riesgo es en promedio para todas las edades, hombres y mujeres, y todas las formas de cáncer. Por ejemplo: normalmente la frecuencia de muerte por cáncer espontáneo es aproximadamente 20%, por lo tanto en un grupo de 10.000 personas cerca de 2000 de ellas pueden morir de cáncer. Si a cada una de las personas de este mismo grupo se la expone a una dosis única de 0.02 Sv (igual al límite ocupacional anual) se puede esperar aproximadamente 16 muertes adicionales ($8\% \times 10.000 \times 0.02 \text{ Sv}$). Entonces, en lugar de 2000 muertes por cáncer, ahora habría 2016.

4.5 UNIDADES DE MEDIDA DE LA RADIACIÓN IONIZANTE

En el Curso de Protección Radiológica organizado por el Instituto Departamental de Salud* se describieron las siguientes unidades de medición radiológica:

* RAMÍREZ C., GERMAN. Msc Física Médica y Radio Física. Conversación Personal

4.5.1 Antiguas Medidas del Sistema Internacional.

- ◆ Roetgen. Unidad que mide los iones que se forman por ionización en el aire al paso de la radiación X o gamma. $2,58 \times 10^{-4}$ Coulombs / kg de aire. Es la unidad que informa si una área es segura o no para trabajar.

- ◆ Rad: Es la absorción de 100 Ergios de energía por gramo de material biológico.

- ◆ Rem: Mide la absorción de la energía transmitida por la radiación en un tejido biológico multiplicado por un factor de calidad referente al tipo de radiación ionizante $\text{Rem} = \text{Rad} \times \text{fc}$ donde fc (factor de calidad) para los Rayos x es 1.

- ◆ Curie: Mide el número de desintegraciones por minuto de un gramo de Radium 226.

- ◆ Electron Voltio: Unidad que determina la energía que transportan las partículas o fotones de la radiación ionizante

4.5.2 Nuevas Medidas del Sistema Internacional.

- ◆ 1 Sievert (Sv) = 100 Rem

- ◆ Gray: Equivale a un julio de energía absorbido por kilogramo de materia
Gray = 100 Rad

- ◆ Becquerel = 1 desintegración por segundo. Equivale a $2,7 \times 10^{-11}$ curie.

4.6 NATURALEZA DE LOS RAYOS X

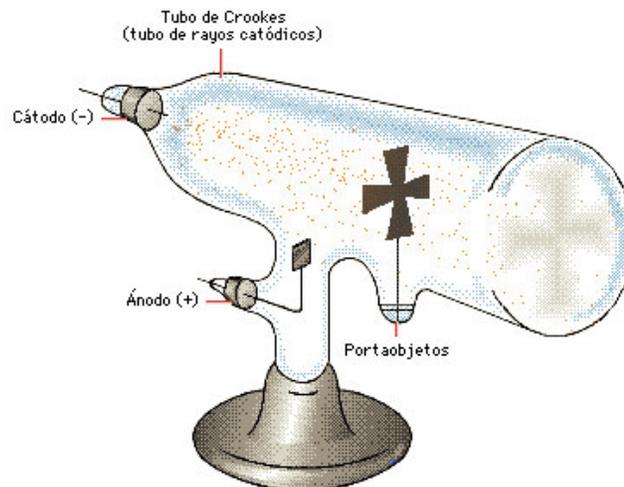
En la enciclopedia Encarta 2002^ª se define que los rayos X son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda va desde unos 10 nm hasta 0,001 nm (1 nm o nanómetro equivale a 10^{-9} m). Cuanto menor es la longitud de onda de los rayos X, mayores son su energía y poder de penetración. Los rayos de mayor longitud de onda, cercanos a la banda ultravioleta del espectro electromagnético, se conocen como rayos X blandos; los de menor longitud de onda, que están más próximos a la zona de rayos gamma o incluso se solapan con ésta, se denominan rayos X duros. La luz visible corresponde a transiciones de electrones externos y los rayos X a transiciones de electrones internos. En el caso de la radiación de frenado o bremsstrahlung, los rayos X se producen por el frenado o deflexión de electrones libres que atraviesan un campo eléctrico intenso.

^ª Rayos X. Microsoft Encarta Enciclopedia Program Manager.

Los rayos X se producen siempre que se bombardea un objeto material con electrones de alta velocidad. Gran parte de la energía de los electrones se pierde en forma de calor; el resto produce rayos X al provocar cambios en los átomos del blanco como resultado del impacto. Los rayos X emitidos no pueden tener una energía mayor que la energía cinética de los electrones que los producen.

4.7 PRODUCCIÓN DE RAYOS X

Figura 6. Tubo de Crookes



Enciclopedia Microsoft Encarta 2002

El primer tubo de rayos X fue el tubo de Crookes (figura 6), llamado así en honor a su inventor, el químico y físico británico William Crookes; se trata de una ampolla de vidrio bajo vacío parcial con dos electrodos. Cuando una corriente eléctrica pasa por un tubo de Crookes, el gas residual que contiene se ioniza, y los iones positivos golpean el cátodo y expulsan electrones del mismo. Estos electrones,

que forman un haz de rayos catódicos, bombardean las paredes de vidrio del tubo y producen rayos X. Estos tubos sólo generan rayos X blandos, de baja energía.

Un primer perfeccionamiento del tubo de rayos X fue la introducción de un cátodo curvo para concentrar el haz de electrones sobre un blanco de metal pesado, llamado anticátodo o ánodo. Este tipo de tubos genera rayos más duros, con menor longitud de onda y mayor energía que los del tubo de Crookes original; sin embargo, su funcionamiento es errático porque la producción de rayos X depende de la presión del gas en el tubo.

La siguiente gran mejora la llevó a cabo en 1913 el físico estadounidense William David Coolidge. El tubo de Coolidge tiene un vacío muy alto y contiene un filamento calentado y un blanco. Esencialmente, es un tubo de vacío termoiónico en el que el cátodo emite electrones al ser calentado por una corriente auxiliar, y no al ser golpeado por iones, como ocurría en los anteriores tipos de tubos. Los electrones emitidos por el cátodo calentado se aceleran mediante la aplicación de una alta tensión entre los dos electrodos del tubo. Al aumentar la tensión disminuye la longitud de onda mínima de la radiación.

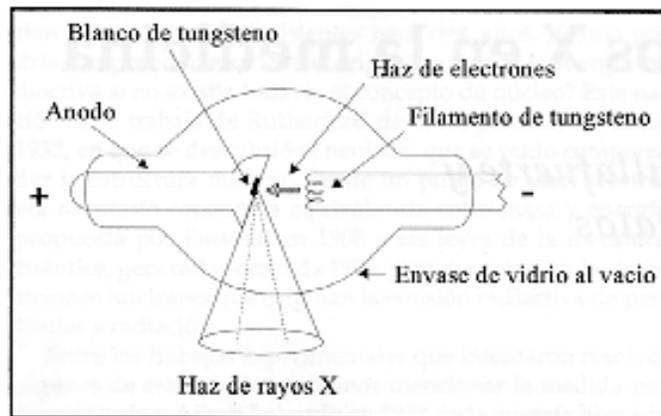
La mayoría de los tubos de rayos X que se emplean en la actualidad son tubos de Coolidge modificados. Los tubos más grandes y potentes tienen anticátodos refrigerados por agua para impedir que se fundan por el bombardeo de electrones. El tubo antichoque, muy utilizado, es una modificación del tubo de Coolidge, con

un mejor aislamiento de la carcasa (mediante aceite) y cables de alimentación conectados a tierra.

4.8 EL TUBO DE RAYOS X MODERNO

Rodríguez y Martínez* enuncian que los rayos X se producen siempre que una sustancia es irradiada con electrones de alta energía. Un tubo convencional de rayos X consiste básicamente de un cátodo y un ánodo colocados dentro de un envase de vidrio al vacío.

Figura 7. Diagrama esquemático del tubo de rayos X



Instituto de Física de la UNAM.

El cátodo consiste de un filamento de tungsteno que al ser calentado emite electrones. Estos electrones son acelerados, debido a una diferencia de potencial aplicada entre el cátodo y el ánodo, hacia un blanco montado en el ánodo. Para

* Uso de los Rayos X en la Medicina. Instituto de Física de la UNAM.

tener un mayor control en la calidad del haz de rayos X es necesario que los electrones no sean desviados de su trayectoria, y para esto se requiere de un alto vacío. Los electrones al ser frenados bruscamente en el blanco, emiten radiación electromagnética con un espectro continuo de energías entre 15 y 150 keV, que es lo que se conoce como rayos X.

4.8.1 El Ánodo. Generalmente es de cobre, extendiéndose hasta el centro del tubo, en donde tenemos un bloque, que es un metal con un alto índice de fusión; a este se le denomina blanco. A la zona del blanco en donde van a chocar los electrones se le denomina punto focal. El ánodo por el lado exterior esta conectado a un generador. Existen dos clases de ánodos: fijo y giratorio.

4.8.2 El Cátodo. Tiene un filamento metálico, por el extremo exterior esta conectado a un generador, puede ser de tungsteno para radiografía general o de molibdeno para mamografía.

4.8.3 Producción de los Rayos X. Se producen dirigiendo una corriente de electrones a gran velocidad contra un blanco de metal; al chocar con este los electrones se detienen bruscamente transformándose la mayor parte de su energía en calor, y, una pequeña parte, aproximadamente un 1% en rayos x.

Cuando se aplica un voltaje muy alto con el cátodo y el ánodo, los electrones son atraídos hacia el ánodo y chocan contra el punto focal con gran fuerza, cuanto

más alto sea el kilovoltaje mayor será la velocidad de los electrones, de esta forma se producen rayos x de una longitud de onda muy corta, de mayor intensidad y de mayor poder de penetración. La forma y el tamaño del punto focal están determinados por la forma y tamaño de la capa enfocadora del cátodo y por el diámetro y longitud del filamento. La mayor parte del calor que se genera debe ser eliminado del punto focal. Lo más fácil es colocar en la parte posterior del blanco, un metal que sea buen conductor, extendiéndolo fuera del tubo en forma de radiador, por ejemplo el cobre. En otros tubos el cobre tiene unos orificios por los que pasa agua o aceite para disipar el calor con más efectividad.

El efecto que ejerce el tamaño del punto focal es muy importante para la calidad de los rayos x, cuanto más pequeño es el punto focal, mejor calidad de imagen, pero cuanto más grande es, mejor tolera el calor, de ahí que aparezca la utilización del ánodo giratorio y del foco lineal.

4.8.4 Ánodo Giratorio. Según Agut[∇], el inconveniente de los ánodos estacionarios es que la superficie, lisa en un principio está sometida a desgaste continuo, sobreviniendo, así, una rugosidad creciente que reduce progresivamente la concentración de los rayos, disminuyendo por tanto el rendimiento del tubo. Por esta razón para aumentar la carga máxima admisible, se utilizan ánodos giratorios. En éstos el blanco no es una plancha de tungsteno embutida en cobre, sino un

[∇] Radiodiagnóstico en Pequeños Animales.

disco hecho totalmente de tungsteno, que gira a gran velocidad alrededor de su eje.

4.8.5 El Foco Lineal. Se refiere al hecho de que la corriente de electrones se enfoca en forma de rectángulo contra el blanco del ánodo, que tendrá una inclinación aproximada de 20° con respecto al cátodo. Visto desde la situación de la película, se proyecta como un cuadrado muy pequeño, pero su tamaño real es mayor.

4.9 APLICACIONES DE LOS RAYOS X

Enciclopedia Encarta 2002^ª se expone que los rayos X se emplean sobre todo en los campos de la investigación científica, la industria y la medicina.

4.9.1 Investigación. El estudio de los rayos X ha desempeñado un papel primordial en la física teórica, sobre todo en el desarrollo de la mecánica cuántica. Utilizando métodos de difracción de rayos X es posible identificar las sustancias cristalinas y determinar su estructura. Casi todos los conocimientos actuales en este campo se han obtenido o verificado mediante análisis con rayos X. Los métodos de difracción de rayos X también pueden aplicarse a sustancias pulverizadas que, sin ser cristalinas, presentan alguna regularidad en su estructura

^ª Rayos X. Microsoft Encarta Enciclopedia Program Manager.

molecular. Mediante estos métodos es posible identificar sustancias químicas y determinar el tamaño de partículas ultramicroscópicas.

Algunas aplicaciones recientes de los rayos X en la investigación van adquiriendo cada vez más importancia. La microradiografía, por ejemplo, produce imágenes de alta resolución que pueden ampliarse considerablemente. Dos radiografías pueden combinarse en un proyector para producir una imagen tridimensional llamada estéreo radiograma. La radiografía en color también se emplea para mejorar el detalle; en este proceso, las diferencias en la absorción de rayos X por una muestra se representan como colores distintos.

4.9.2 Industria. Además de las aplicaciones de los rayos X para la investigación en física, química, mineralogía, metalurgia y biología, los rayos X también se emplean en la industria como herramienta de investigación y para realizar numerosos procesos de prueba. Son muy útiles para examinar objetos, por ejemplo piezas metálicas, sin destruirlos. En algunos casos se emplean radioisótopos que emiten rayos gamma de alta penetración en vez de equipos de rayos X. Estas fuentes de isótopos pueden albergarse en contenedores relativamente ligeros, compactos y blindados. Para la radiografía industrial se suelen utilizar el cobalto 60 y el cesio 137.

Muchos productos industriales se inspeccionan de forma rutinaria mediante rayos X, para que las unidades defectuosas puedan eliminarse en el lugar de

producción. Existen además otras aplicaciones de los rayos X, entre las que figuran la identificación de gemas falsas o la detección de mercancías de contrabando en las aduanas; también se utilizan en los aeropuertos para detectar objetos peligrosos en los equipajes. Los rayos X ultra blandos se emplean para determinar la autenticidad de obras de arte y para restaurar cuadros.

4.9.3 Medicina. Las fotografías de rayos X o radiografías y la fluoroscopia se emplean mucho en medicina como herramientas de diagnóstico. En la radioterapia se emplean rayos X para tratar determinadas enfermedades, en particular el cáncer, exponiendo los tumores a la radiación.

La utilidad de las radiografías para el diagnóstico se debe a la capacidad de penetración de los rayos X. A los pocos años de su descubrimiento ya se empleaban para localizar cuerpos extraños, por ejemplo balas, en el interior del cuerpo humano. Con la mejora de las técnicas de rayos X, las radiografías revelaron minúsculas diferencias en los tejidos, y muchas enfermedades pudieron diagnosticarse con este método. Los rayos X eran el método más importante para diagnosticar la tuberculosis cuando esta enfermedad estaba muy extendida. Las imágenes de los pulmones eran fáciles de interpretar porque los espacios con aire son más transparentes a los rayos X que los tejidos pulmonares. Otras cavidades del cuerpo pueden llenarse artificialmente con materiales de contraste, de forma que un órgano determinado se vea con mayor claridad. El sulfato de bario, muy opaco a los rayos X, se utiliza para la radiografía del aparato digestivo. Para

examinar los riñones o la vesícula biliar se administran determinados compuestos opacos por vía oral o intravenosa.

Un aparato de rayos X de invención reciente, y que se emplea sin compuestos de contraste, proporciona visiones claras de cualquier parte de la anatomía, incluidos los tejidos blandos. Se conoce como escáner (*scanner*) o aparato de tomografía axial computarizada; gira 180° en torno al cuerpo del paciente emitiendo un haz de rayos X del grosor de un lápiz en 160 puntos diferentes. Unos cristales situados en los puntos opuestos reciben y registran la absorción de los distintos espesores de tejido y huesos. Estos datos se envían a un ordenador o computadora que convierte la información en una imagen sobre una pantalla. Con la misma dosis de radiación que un aparato de rayos X convencional, puede verse todo un corte de espesor determinado del cuerpo con una claridad aproximadamente 100 veces mayor.

4.10 ALTERACIONES CELULARES POR LA RADIACIÓN IONIZANTE

4.10.1 Teoría. Ramírez[◇], describe la siguiente teoría. La radiación considera que en la célula existen centros vitales que se convierten en blancos de la radiación y los cuales al ser atacados por esta, determinan la alteración de las funciones

[◇] Curso de Protección Radiológica. Oficina de Educación en Salud.

celulares o la muerte de la célula. El centro vital de alta radiosensibilidad que se ha determinado en las modernas teorías de radiobiología es el núcleo de la célula.

Lo que determina la alta radio sensibilidad del núcleo celular son las moléculas tan especializadas presentes y las funciones tan específicas y vitales para la normal subdivisión celular, proceso esencial para la supervivencia celular. Las moléculas de ácidos desoxiribonucleico DNA y ribonucleico ARN, constituyen moléculas altamente sofisticadas en cuanto a su composición y forma helicoidal. Los múltiples enlaces entre los azúcares, azufres y bases determinan códigos específicos y pregrabados en la molécula, de manera que cada célula reconocerá sus códigos de subdivisión celular y genéticos a través de la interpretación de dichos códigos. Por lo anterior se define a la molécula de ADN como el director de la orquesta en la célula.

Se han formulado dos teorías de la manera como la radiación interactúa con la célula, fenómeno que por suceder en un período de tiempo menor a 1×10^{-16} segundos ha hecho imposible determinar exactamente lo que sucede. Estas dos teorías son las de Acción Directa y la de Acción Indirecta. **La Acción Directa** considera que existe un centro vital en la célula donde la radiación incide como un proyectil destruyendo los enlaces de las moléculas vitales como la del ADN. **La Acción Indirecta** considera que los centros vitales de la célula son atacados por partículas formadas en los medios celulares (H_2O) que rodean las moléculas

vitales. Generalmente se considera que estas partículas son iones formados en los medios acuosos grandes en la célula ($H_2^+ O^-$).

La biología molecular ha determinado con exactitud los componentes, formas y funciones de las moléculas de ADN y ARN. Experimentos en los cromosomas determinaron que si se irradiaban células con cromosomas normales se inducía en ellas una desordenada multiplicación, hasta llegar a convertirse en células cancerosas. También se demostró que al irradiar células normales y revisar mediante un extendido los pares cromosómicos se inducía alteraciones cromosómicas en estas células. Estos experimentos determinan que existe una correlación entre inducción del cáncer, aberraciones cromosómicas y radiación ionizante. La pregunta que se hacía la biología celular es si todas las células tienen la misma respuesta de daño o deterioro ante la radiación. La respuesta que ellos han encontrado es que existe una relación entre el proceso de subdivisión celular y la radiosensibilidad de la célula. Esta plenamente demostrado que las células en mitosis son más sensibles a la radiación y células en profase y metafase son también más sensibles que en anafase o telofase.

Agut[∇] afirma que la acción de las radiaciones sobre las células depende de la zona donde actúe la irradiación. Así la irradiación de la membrana produce una alteración de la permeabilidad; la de los orgánulos producirá una lesión más o

[∇] Radiodiagnóstico de Pequeños Animales.

menos grave dependiendo de su función y de los orgánulos afectados. Sin embargo la irradiación del núcleo, generalmente acarrea daños que pueden llegar incluso a la muerte celular.

Las alteraciones causadas por las radiaciones a nivel celular son:

- ◆ Muerte en Interfase. La célula irradiada puede morir antes de entrar en la mitosis, a esta respuesta de la célula a la irradiación se le llama muerte en interfase. Esta respuesta puede ocurrir en cualquier célula.

- ◆ Retraso en la División. Es un enlentecimiento en el ritmo normal de división.

- ◆ Fallo Reproductivo. Es un fenómeno que consiste en que una célula, después de su irradiación, ha perdido su capacidad reproductiva, de forma irreversible.

Seguidamente se presenta la clasificación en orden descendente de radiosensibilidad celular (tabla 4).

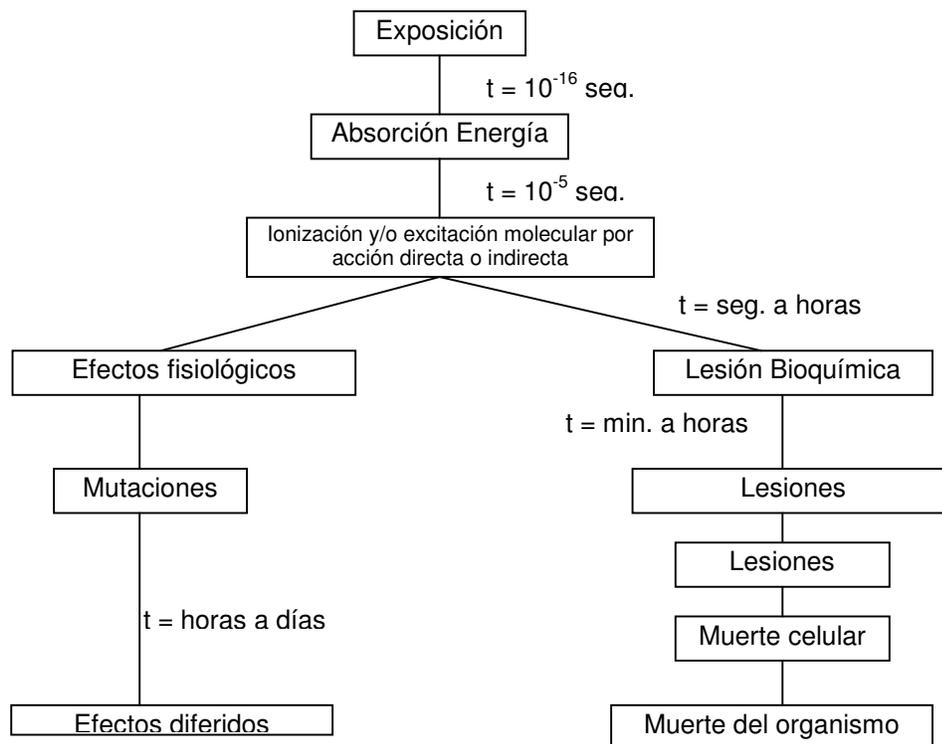
Tabla 2. Radiosensibilidad Celular

RADIOSENSIBILIDAD CELULAR	
1.	Linfocitos
2.	Eritoblastos
3.	Mioblastos
4.	Células epiteliales
5.	Células endoteliales
6.	Células de tejido conectivo
7.	Células tubulares de riñón
8.	Células óseas
9.	Células nerviosas
10.	Células cerebrales
11.	Células musculares

Curso de Protección Radiológica

A Continuación Ramirez[◇] presenta un diagrama que resume el proceso de los daños biológicos por radiación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Daños Biológicos por Radiación



Curso de protección radiológica

[◇] Curso de Protección Radiológica. Oficina de Educación en Salud

Se puede notar que las células con procesos de mitosis cortos, presentan una mayor radiosensibilidad que aquellas con mitosis largas o únicas como son las células de Sistema Nervioso Central.

Ramírez[◊] En la siguiente tabla (Tabla 5) presenta la radiosensibilidad de los órganos a la radiación.

Tabla 3. Radiosensibilidad Relativa de los Tejidos

RADIOSENSIBILIDAD RELATIVA DE LOS TEJIDOS	TEJIDO
Alta	Órganos linfáticos Testículo Ovarios Intestino
Relativamente Alta	Cristalino Estómago
Media	Capilares Hueso inmaduro Cartílago inmaduro
Relativamente Baja	Hueso maduro Cartílago maduro Glándula salival Órganos respiratorios Riñones Hígado Páncreas Tiroides Adrenales Pituitaria
Baja	Músculos Sistema Nervioso Central

Curso de Protección Radiológica

[◊] Curso de Protección Radiológica. Oficina de Educación en Salud.

4.11 EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN

En Enciclopedia Encarta 2002 se describen los Efectos biológicos de la radiación, consecuencia de la acción de una radiación ionizante sobre los tejidos de los organismos vivos. La radiación transfiere energía a las moléculas de las células de estos tejidos. Como resultado de esta interacción las funciones de las células pueden deteriorarse de forma temporal o permanente y ocasionar incluso la muerte de las mismas. La gravedad de la lesión depende del tipo de radiación, de la dosis absorbida, de la velocidad de absorción y de la sensibilidad del tejido frente a la radiación. Los efectos de la radiación son los mismos, tanto si ésta procede del exterior, como si procede de un material radiactivo situado en el interior del cuerpo.

Los efectos biológicos de una misma dosis de radiación varían de forma considerable según el tiempo de exposición. Los efectos que aparecen tras una irradiación rápida se deben a la muerte de las células y pueden hacerse visibles pasadas horas, días o semanas. Una exposición prolongada se tolera mejor y es más fácil de reparar, aunque la dosis radiactiva sea elevada. No obstante, si la cantidad es suficiente para causar trastornos graves, la recuperación será lenta e incluso imposible. La irradiación en pequeña cantidad, aunque no mate a las células, puede producir alteraciones a largo plazo.

4.11.1 Trastornos Graves. Dosis altas de radiación sobre todo el cuerpo, producen lesiones características.

La radiación absorbida se mide en grays (1 gray equivale a 1 julio de energía absorbido por kilogramo de material; su símbolo es Gy). Una cantidad de radiación superior a 40 Gy produce un deterioro severo en el sistema vascular humano, que desemboca en edema cerebral, trastornos neurológicos y coma profundo. El individuo muere en las 48 horas siguientes. Cuando el organismo absorbe entre 10 y 40 Gy de radiación, los trastornos vasculares son menos serios, pero se produce la pérdida de fluidos y electrolitos que pasan a los espacios intercelulares y al tracto gastrointestinal. El individuo muere en los diez días siguientes a consecuencia del desequilibrio osmótico, del deterioro de la médula ósea y de la infección terminal. Si la cantidad absorbida oscila entre 1,5 y 10 Gy, se destruye la médula ósea provocando infección y hemorragia. La persona puede morir cuatro o cinco semanas después de la exposición. Los efectos de estas radiaciones poco intensas, son los que pueden tratarse de forma eficaz. La mitad de las personas que han recibido una radiación de 3 a 3,25 Gy y que no hayan recibido tratamiento, pierden la médula ósea.

La irradiación de zonas concretas del cuerpo (radiaciones accidentales) produce daños locales en los tejidos. Se lesionan los vasos sanguíneos de las zonas expuestas alterando las funciones de los órganos. Cantidades más elevadas, desembocan en necrosis (zonas de tejido muerto) y gangrena.

No es probable que una irradiación interna, cause trastornos graves sino más bien algunos fenómenos retardados, que dependerán del órgano en cuestión y de su vida media, de las características de la radiación y del comportamiento bioquímico de la fuente de radiación. El tejido irradiado puede degenerar o destruirse e incluso desarrollar un cáncer.

4.11.2 Efectos Retardados. Las consecuencias menos graves de una radiación ionizante se manifiestan en muchos órganos, en concreto en la médula ósea, riñones, pulmones y el cristalino de los ojos, debido al deterioro de los vasos sanguíneos. Como consecuencias secundarias aparecen cambios degenerativos y funciones alteradas. No obstante, el efecto retardado más importante comparándolo con personas no irradiadas, es el aumento de la incidencia de casos de cáncer y leucemia. El aumento estadístico de leucemia y cáncer de tiroides, pulmón y mama, es significativo en poblaciones expuestas a cantidades de radiación relativamente altas (más de 1 Gy). En animales de experimentación se ha observado una reducción del tiempo de vida, aún no se ha demostrado en seres humanos.

4.12 RADIACIÓN NO IONIZANTE

La frecuencia de radiación de redes o tendidos eléctricos, radares, canales o redes de comunicación y hornos de microondas, no es ionizante. Durante mucho tiempo se ha creído que este tipo de radiación era perjudicial sólo en cantidad

elevada, y que producía quemaduras, cataratas, esterilidad temporal, etc. Con la proliferación de este tipo de mecanismos, comienzan a ser materia de investigación científica las posibles consecuencias de una exposición prolongada a pequeñas cantidades de radiaciones no ionizantes. Aunque se han observado algunas consecuencias biológicas poco importantes, se desconoce por el momento qué repercusión tienen sobre la salud.

4.13 CARACTERISTICAS DEL DISPARO

Birchard* en su libro recomienda, cuando hacemos una radiografía, tenemos que adecuar la intensidad de la radiación y su penetración, a la región anatómica que queremos estudiar esto se denomina **característica del disparo**.

4.13.1 El Miliamperaje. Una variación en este mando implica variación en la corriente del filamento, con lo que vamos a elevar la temperatura del filamento produciendo calor; con esto habrá una variación en el numero de electrones. Del miliamperaje depende la intensidad de la radiación.

* Manual Clínico de Procedimientos en Pequeñas Especies.

4.13.2 El Tiempo. Medido en segundos o fracciones de segundo va a determinar la cantidad de radiación a una determinada intensidad. Esta cantidad de radiación emitida se denomina **dosis**, que expresamos en mA/seg.

4.13.3 El Kilovoltaje. Cuando aumentamos la tensión; es decir el kilovoltaje, variamos el poder de penetración ya que varia la energía cinética de los electrones.

Un aumento de dosis, aumenta el ennegrecimiento de la película sin variar el contraste. Un aumento de kilovotaje disminuye el contraste y aumenta el ennegrecimiento.

4.13.4 Técnica de Baja Tensión. A poca penetración mayor dosis. Produce una radiación de poca penetración (**radiación blanda**), se necesita mayor dosis; tiene buen contraste.

4.13.5 Técnica de Alta Tensión. (radiación dura) tiene bajo contraste.

4.14 EL HAZ DE RAYOS X Y LA FORMACIÓN DE LA IMAGEN

Los rayos x están formados por pequeños paquetes de energía llamados fotones. Los rayos se irradian desde su fuente en una recta y en todas direcciones, a no ser que sean detenidos por un material absorbente (plomo). Por esta razón, el

tubo de rayos x esta contenido en un recipiente que detiene la mayor parte de la radiación x. Solo los rayos x útiles salen del tubo a través de una ventana; estos constituyen el haz primario. A la radiación que se encuentra dentro del haz primario se le llama rayo central. Cuando damos un kilovoltaje bajo los rayos tienen una longitud de onda mayor, con lo cual se absorben fácilmente. A estos rayos se les denomina **radiación blanda**. Cuando el kilovoltaje es mayor, la longitud de onda se reduce y los rayos se absorben menos, tenemos **radiación dura**.

4.14.1 Radiación Difusa. Se trata de una radiación secundaria y multidireccional, remitida por el propio paciente a expensas de la radiación primaria absorbida. Esta radiación no contiene imágenes, pero al mezclarse con la radiación principal, la perturba; por lo que provoca una reducción del contraste, aumento de velo y pérdida de detalles: en definitiva, pérdida de información.

4.14.2 Los Antidifusores. Los conos y los diafragmas (colimadores); delimitan el campo a irradiar, consiguiendo dar una menor radiación al paciente, eliminando así parte de la radiación difusa.

4.14.3 Antidifusores de Potter-Bucky. Llevan distribuidas en su interior unas laminillas de plomo u otro material, colocadas de canto y separadas entre si por material radiotransparente.

4.14.4 El Chasis. Es un estuche ideado para contener el sistema pantallas película; imprescindible en un servicio de radiodiagnóstico.

◆ Características. Estanqueidad de la luz, perfecto contacto entre las pantallas y las películas, sistema fiable de pestillos y bisagras, facilidad en su manejo posibilidad de elección de un sistema de identificación del paciente.

4.14.5 Pantallas de Refuerzo. En la radiografía convencional el sistema de imagen se forma con una película emulsionada por ambas caras, situada en contacto íntimo con las pantallas de refuerzo. Estas pantallas consisten en una lámina de plástico sobre la que se extiende una capa de sales fluorescentes. La misión de las pantallas es la de absorber los rayos x, y remitir la energía absorbida, como luz visible de fluorescencia, a la que la película es muy sensible. Su rendimiento es alto.

◆ Tipos de pantallas. **De Wolfrato:** están compuestas por un fósforo que es el wolfrato cálcico. Son las que se utilizaron tradicionalmente. Su emisión de luz es azul. **De Tierras Raras:** están compuestas de oxibromuro de lantano - terbio, o de fluorocloruro de bario-europio, de emisión de luz verde, hay que usarlas con películas especiales sensibles a la luz verde.

Agut[∇] enfatiza que el cuidado de las pantallas intensificadoras es importantísimo para asegurar un buen contacto entre estas y la película. Con el uso continuo de los chasis las pantallas se van ensuciando, adhiriéndose partículas e incluso marcándose las huellas dactilares debido a que su manejo siempre es en el cuarto oscuro, es conveniente realizar limpiezas periódicas, que pueden hacerse con productos comerciales especiales o simplemente, frotando cuidadosamente con un paño de agua tibia jabonosa, dejándolas posteriormente secar al aire.

4.14.6 La Imagen Radiográfica. Reifschneider[§] argumenta que la imagen radiográfica se produce a causa de la atenuación que sufre la radiación en su paso por la materia. Cuando la radiación atraviesa un cuerpo de composición heterogénea, ésta es atenuada en forma diferente por las distintas zonas de dicho cuerpo, obteniéndose un haz emergente con diferentes intensidades que conforman la denominada Imagen radiante. Al interaccionar la imagen radiante con los cristales de bromuro de plata de la película radiográfica, se forma la Imagen latente. Esta imagen se transforma en visible después del revelado. La imagen radiográfica visible se presenta así, zonas claras y zonas oscuras que determinan las distintas densidades, dando una gama de grises, para formar el contraste. Esto permite distinguir la forma y detalle de las secciones del cuerpo.

[∇] Diagnostico Radiológico de Pequeños Animales.

[§]Método Radiológico para Determinación de Osteoporosis en un Modelo Animal. La Imagen Radiográfica.

Figura 8. Radiografía



La imagen radiográfica

4.15 LA CALIDAD RADIOGRÁFICA.

En la imagen visible, la calidad radiográfica depende de la perceptibilidad de los detalles, la que se ve determinada por dos propiedades fotográficas como lo son la densidad y el contraste; y dos propiedades geométricas como lo son la definición y la distorsión.

4.15.1 La Densidad. Es la cantidad de ennegrecimiento de la placa radiográfica, la cual es directamente proporcional a la radiación incidente. Por lo tanto, un aumento en la densidad física se observaría como una disminución de la densidad radiográfica y viceversa.

4.15.2 El Contraste. Se define como la existencia de diferentes densidades en una película radiográfica.

4.15.3 La Definición. Es la calidad con que se presentan los detalles, es decir, la agudeza o nitidez con que aparecen, en la placa radiográfica, las estructuras en estudio. Ésta puede definirse también como una falta de borrosidad, la cual se clasifica en 3 grupos:

Borrosidad Intrínseca. Es producida por los elementos que transforman la imagen de radiación a imagen visible como la pantalla intensificadora; la borrosidad intrínseca, depende de la velocidad de la pantalla intensificadora. Mientras mayor sea esta velocidad, mayor será esta borrosidad. También este tipo de borrosidad depende del tamaño de los cristales y del espesor de la emulsión.

- ◆ Películas Radiográficas. La borrosidad inherente de las películas de rayos X es muy reducida. En forma general, se debe al espesor y a la presencia de dos capas de emulsión.

- ◆ La Borrosidad Cinética. Esta se debe al movimiento del objeto durante la exposición.

- ◆ La Borrosidad Geométrica. Se debe a que la fuente de radiación, el foco, no es puntual, tiene un tamaño finito.

4.15.4 Distorsión. Es una alteración verdadera de la imagen en la placa radiográfica: cualquier cambio, alargamiento, torsión o pérdida de la forma de la figura se considera como distorsión. Ésta no siempre es algo perjudicial en el proceso de tomar placas radiográficas, porque en algunas aplicaciones se trata de obtener distorsiones específicas con el objeto de lograr la acentuación de algunos detalles que interesa destacar.

La magnificación de una región, órgano o algún detalle son distorsiones, pero muchas veces se las produce con el fin de lograr un mejor diagnóstico de una imagen.

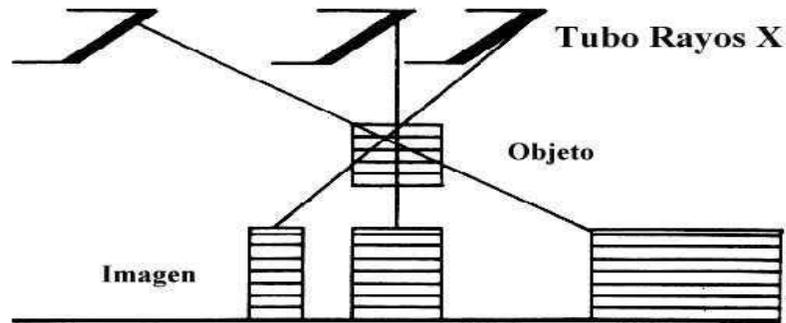
Se tienen dos tipos básicos de distorsiones:

- ◆ Distorsión del tamaño. En éste se considera la magnificación o la reducción del tamaño real de un objeto anatómico estudiado.

- ◆ Distorsión de la forma. En éste se considera la elongación o el acortamiento del objeto en estudio.

Estos dos tipos de distorsiones se muestran en la figura siguiente. (Figura 9)

Figura 9. Alineamiento del tubo y la distorsión que se produce



La imagen Radiográfica.

4.16 LA PELÍCULA RADIOGRÁFICA

Cuando la radiación incide sobre el paciente, carece de información, pero, a la salida contiene una información en forma de un relieve de intensidades de fotones de rayos x a lo largo de la línea irradiada. Esta información es captada directamente por una película, e indirectamente a través de convertidores de radiación x, en luz visible, pantallas reforzadoras e intensificadores de imagen. En todo caso la película es el receptor final de la información radiografía. La película, además de ser un receptor pasivo de la imagen, nos permite destacar y realzar la percepción visual de las lesiones gracias a su capacidad de aumentar los contrastes, tanto sean lesiones precoces como ligeras, además proporciona un documento estable de estudio, archivable, que una vez recogida la primera información nos sirve para comparar estudios posteriores.

4.16.1 Estructura de la Película. Se compone de una superficie sensible a la luz y a la radiación x, extendida por una sola cara o por ambas, con una emulsión que consta de una gelatina con multitud de cristales de bromuro de plata. Se coloca por ambas caras para proporcionar una velocidad máxima y un contraste adecuado para que pueda revelarse, fijarse y secarse en el menor tiempo posible. La emulsión es muy sensible, cuando se expone a los rayos x, o a la luz se produce una modificación física. Esta modificación llamada imagen latente es tan pequeña que no puede observarse por métodos físicos sino que tenemos que utilizar métodos químicos.

4.16.2 El Revelado y el Fijado. El revelado actúa transformando el bromuro de plata en plata metálica negra sin afectar esencialmente a granos no expuestos. Esta plata suspendida en la gelatina es la que constituye la imagen visible radiografía.

La película de rayos x, puede registrar la imagen radiografía directamente, pero hay un tipo de película preparada para utilizar con pantallas de refuerzo. Esta es muy sensible a la luz emitida por los cristales de las pantallas. Cuando se expone una película directamente a la radiación x, necesitamos por lo menos quince veces mas de exposición; esta es la razón fundamental de utilizar las pantallas de refuerzo.

Las películas que se utilizan con pantallas de refuerzo son mucho más rápidas que las de exposición directa, pero si las utilizamos sin pantallas, son más lentas. Las películas de exposición directa no pueden utilizarse con pantallas, ya que no son sensibles a su luz.

4.16.3 Exposición. La radiografía puede hacerse exponiendo solamente las capas de emulsión fotosensible a la imagen que vamos a registrar. La reacción de la película depende de: la brillantez de la imagen radiografía. El tiempo durante el cual la película permanece expuesta a la energía radiante. La intensidad de los rayos x multiplicada por el tiempo que constituye la exposición.

4.16.4 Sensibilidad de la Película. La eficacia con que la película responde a la exposición se denomina sensibilidad, o más normalmente velocidad.

4.16.5 Densidad. La transparencia relativa en las diferentes áreas de la radiografía depende de la distribución de las partículas de plata, cuanto más espesos son los depósitos de plata metálica negra, mayor es la cantidad de luz absorbida, y más oscura es esa zona. Esta oscuridad se denomina densidad; por lo tanto la densidad corresponde al concepto natural de ennegrecimiento de una zona.

4.16.6 Contraste de la Película. Cuando se observa una radiografía en el negatoscopio, se ve diferencias de tonos entre las densidades de varias partes de

la imagen; esto se llama contraste radiográfico, y es el producto de dos factores distintos: contraste de la película y contraste del sujeto, que resulta de las diferencias de absorción de los rayos x.

Con el revelado se puede modificar el contraste; con el kilovoltaje, cuanto menor sea, mayor será el contraste porque hay menos tonos de color. Cuanto mayor es, menor contraste.

Si se altera el miliamperaje, apenas hay cambios en el contraste. Algunas partes del cuerpo muestran muy poco contraste, para mejorarlo se utiliza medios de contraste. Son sustancias más absorbentes que los tejidos contiguos; los mas comunes son el sulfato de bario, y otras sustancias a base de yodo. El sulfato de bario se utiliza para las vías gastrointestinales y los de yodo para las vías respiratorias y urinarias. Como medio radiolucido también podemos utilizar el aire, que aumenta la visibilidad de los tejidos blandos al disminuir la absorción de los rayos x.

4.16.7 Detalle. El propósito de una radiografía es dar la mayor información posible, independientemente del tamaño o complejidad de la zona de estudio. El detalle depende de la nitidez y del contraste. Para una mayor definición se utiliza un punto focal pequeño y la distancia foco película da la nitidez.

Con respecto a las pantallas reforzadoras estas harán perder contraste y darán definición. Se tendrá en cuenta también el contacto entre las películas y las pantallas, si es inadecuado dará un efecto borroso. El movimiento también hará perder definición, por lo tanto habrá que inmovilizar la parte a examinar y que las exposiciones sean lo mas cortas posibles. Colocar la película lo más próximo posible a la zona a estudiar.

4.16.8 Velo. Es el exceso de densidad de blancos de la imagen de una película procesada normalmente. El velo aumenta con la edad de la película o por una mala iluminación en el laboratorio.

4.16.9 Nitidez. Es cuando un sistema resalta los más mínimos detalles anatómicos de un sujeto.

4.16.10 Borrosidad. La reproducción defectuosa de trazos y bordes, que aparecen desvanecidos o confusos:

- ◆ Borrosidad Geométrica o Externa. Es la causada por la proyección del paciente sobre el sistema película pantallas, al no ser puntual el foco, se proyectan penumbras que deterioran los bordes de la imagen. Esta borrosidad depende del tamaño físico del foco óptico del tubo, de la distancia foco lesión y de la distancia lesión película. Por lo tanto esta borrosidad aumenta con el tamaño del foco. Un

foco fino nos da mayor nitidez y menor borrosidad, pero no aguanta grandes cargas.

La distancia foco película se disminuye aproximando al máximo la película a la lesión. La borrosidad también disminuye al aumentar la distancia foco lesión.

◆ Borrosidad Interna. Es la generada por el propio sistema de formación de la imagen. Existen varias causas relacionadas entre sí, película, pantalla reforzadora y el contacto íntimo entre ambas. Las causas vienen dadas por el carácter difuso de la luz de la emisión de las pantallas de refuerzo.

◆ Borrosidad Cinética. Se produce por los movimientos del paciente, tales como los cardiacos, gastrointestinales, respiratorios, circulatorios, etc. Si hay movimiento es preferible utilizar un foco grueso, primero disimula el movimiento y en segundo lugar permite una mayor intensidad de radiación. Por lo tanto, tiempos de exposición más cortos que para el movimiento.

Existen fórmulas para calcular las cantidades necesarias para evitar la borrosidad producida por los movimientos.

4.17 EL LABORATORIO FOTOGRÁFICO

La Asociación Española de Técnicos en Radiología^o recomienda que es de suma importancia la disposición de las cámaras oscura y clara para el procesado de las películas. La cantidad de películas a tratar será lo que nos determine la situación de carga de chasis y revelado; existen dos posibilidades:

Si la cantidad de placas a revelar es reducida en relación con la capacidad del procesador (proceso de revelado) y que las salas estén próximas, lo ideal es un local de revelado centralizado.

Si la cantidad de placas es grande conviene tener un servicio de revelado descentralizado. Habrá que designar un local, teniendo en cuenta:

Han de reducirse los tiempos transcurridos entre la toma de la imagen el revelado, y entre el revelado y la lectura de la placa.

4.17.1 Proceso de Revelado. Tras la exposición de la película tenemos formada la imagen latente. El revelado consiste en la reducción del alogenuro de plata de la emulsión sensible a la plata metálica. La esencia del proceso fotográfico es que solo se produce reacción fotográfica en los elementos de la emulsión, cristales o granos que recibieron la radiación; y no sucede nada en los que no la recibieron.

^o Técnica Radiológica. Asociación Española de Técnicos de Radiología.

Como consecuencia en las zonas irradiadas de la placa fotográfica se forma un depósito de plata finamente dividido. Las zonas no irradiadas no sufren alteración ninguna.

◆ Composición del Baño de Revelado: agua; disolvente, diluyente y medio ionizante de los demás productos, sirven las aguas potables urbanas. Agentes reductores o reveladores; son las sustancias que realizan la reducción de los cristales de bromuro de plata que recibieron radiación a la plata metálica. Álcali; potencia los reductores dentro del baño, dando a este el pH alcalino que necesita. Suelen utilizarse carbonatos alcalinos. Antioxidantes; son los agentes reductores y se oxidan por la acción del revelado, perdiendo su eficacia; pero esta es la razón de ser del revelado. Antivelos; aumentan la selectividad fotográfica evitando la formación del velo químico del revelado. Endurecedores; curten la gelatina, esto permite a la película realizar el duro tránsito por la procesadora. Sustancias anticálcicas; neutralizan la dureza del agua. Además se utilizan bactericidas y otras sustancias.

4.17.2 El Fijado. Durante el revelado, únicamente se transforman en plata los cristales irradiados en número proporcional a la exposición recibida en cada elemento de la superficie de la película. Los cristales no alterados por la radiación no sufren reacción alguna; y están por lo tanto en estado de haluro de plata, estos tienen que ser eliminados para evitar que con el tiempo acaben reduciéndose a plata metálica por efecto de la luz destruyendo así la imagen

obtenida. Esta limpieza de los cristales sobrantes se logra por disolución en el baño fijador, además neutraliza los productos que procedentes del líquido revelador, arrastra la película en su recorrido. Estas sustancias alterarían la imagen y provocarían manchas sobre la película.

◆ Composición del Baño Fijador: sal fijadora; disuelve el bromuro de plata pero no altera el depósito de plata que forma la imagen. Conservador; protege la sal fijadora de la acción disolvente del ácido que se añade al baño. Ácido; se añaden ácidos orgánicos para neutralizar las cantidades de revelador arrastradas por la película de un baño a otro. Endurecedor; curte la gelatina.

La recomendación del Doctor Germán Ramírez* Para controlar la calidad y eficiencia de los líquidos de revelado manual y determinar el momento de renovación es medir su pH, siendo para el revelador un valor de 11 y para el fijador un valor de 5. Esto se puede hacer con ayuda de las tirillas medidoras de pH que se usan para valorar la orina en Laboratorios Clínicos.

4.17.3 Procesos Físicos Durante el Revelado. Tras mojarse, la gelatina absorbe agua, se hincha y esponja haciéndose permeable al líquido, este penetra por difusión y se infiltra por la capa de gelatina, contactando con los cristales de haluro de plata, transformando a algunos en plata metálica. En los cristales

* Jefe de departamento de Control de Calidad en Imágenes Diagnósticas y Radiofísicas, Hospital universitario del Valle. Comunicación Personal.

irradiados revela, y se agota el baño, comenzando otra difusión inversa hacia el exterior de la gelatina del baño agotado. Ocurren por lo tanto dos corrientes de difusión opuestas; baño activo hacia el interior y agotado hacia el exterior.

El baño revelador debe de estar agitado para renovar la capa superficial del baño agotado que queda en contacto con la gelatina y que impediría proseguir el desarrollo de la operación.

En el lavado, la difusión osmótica que expelle de la gelatina, sale al exterior con las sustancias que contiene de baños anteriores, mientras que hacia el interior, entra solo agua. Se trata por lo tanto de un lavado por dilución. El secado se realiza con aire seco y caliente, dirigido sobre la superficie de la película.

4.18 TÉCNICAS RADIOLÓGICAS

Billier y Goggin* definen que el objetivo de la radiología es proporcionar un registro duradero de la máxima información posible. Para transformar la morfología y densidad tisular alteradas dentro de un animal enfermo en una radiografía bidimensional en blanco y negro, y después llegar al diagnóstico, se sigue una compleja secuencia de operaciones que comprende los pasos siguientes:

- Realizar una radiografía con exposición y posición correctas.

* Citados por Birchard en Manual Clínico de Procedimientos en Pequeñas Especies.

- Registrar la imagen de rayos X con ayuda del equipo accesorio.
- Estudiar las radiografías en las condiciones adecuadas y de forma sistemática y detallada.
- Reconocer las lesiones; para lo que se precisa un conocimiento de la anatomía radiológica normal y de sus variantes según la edad, especie y raza, y la capacidad para reconocer y entender los artefactos.
- Evaluar las alteraciones radiológicas en relación con los hallazgos clínicos y analíticos.

4.18.1 Equipo de Rayos X

◆ Miliamperio-segundo y kilovoltio máximo. El mA (miliamperio) x segundo (tiempo) = mAs (miliamperio-segundo) tiene relación con el grado de negro (densidad) de la radiografía, pero no con el contraste. Existe una relación directa entre mA y densidad radiológica. El tiempo y los mA influyen en el número de rayos X producidos pero no afectan a la capacidad de penetración del haz. Para comprobar rápidamente la suficiencia de los mAs en una placa, sujetarla en posición vertical con luz ambiente y colocar detrás una hoja de papel blanco a unos 2.5 cm detrás de la placa. Colocar un dedo entre la placa y la hoja. Si se puede ver fácilmente el dedo a través de la placa en la zona negra (más expuesta), aumentar los mAs.

◆ El kVp (kilovoltio máximo). Es el único factor del equipo que influye en el contraste radiológico y que tiene algún control sobre la cantidad de densidad radiológica (negro). El contraste se puede expresar como bajo, que quiere decir que hay muchas sombras de grises (escala larga) entre los extremos del negro y del blanco. El término alto contraste significa que hay pocas sombras de gris (escala corta). Al reducir el kVp aumenta el contraste, y al aumentarlo, se reduce el contraste.

Agut[∇] resume que “El kilovoltaje afecta a la cantidad de los rayos X (penetración), mientras que los miliamperios por segundo afectan a la cantidad (dosis de radiación)”

◆ Recomendaciones. Biller y Goggin^{*} contrubuyen con los siguientes datos el equipo de 300 mA puede tener estaciones ajustables de mA de 25, 50, 100, 200 y 300 y dos detalles focales (1 y 2 mm o menos).

Es necesario disponer de un dispositivo de tiempo para controlar la duración de la exposición a los rayos X. Los equipos modernos de rayos X tienen cronómetros electrónicos con intervalos que pueden controlar el movimiento del paciente e impedir que la placa sea borrosa. Con una exposición cronometrada de 1/120 segundos, se detiene todo el movimiento.

[∇] Radiodiagnóstico de Pequeños Animales

^{*} Citados por Birchard en Manual Clínico de Pequeñas Especies.

El soporte del tubo se desplaza en toda la longitud de la mesa y tiene una altura ajustable entre 0 y 69 pulgadas (152 cm). El tubo puede rotar 90° en el eje vertical y 180° en el eje horizontal.

La mesa tiene 5-6 pies (1.5-1.8 m) de largo con una parte superior de movimiento libre en las cuatro direcciones.

El colimador en la región de interés disminuye la dispersión de la radiación y la exposición tanto de las personas como de los animales, a la vez que aumenta la calidad de la placa. Dejar siempre un margen limpio de colimación en cada placa. El colimador se ilumina y tiene una marca de centrado. Es muy recomendable utilizar un colimador con dial ajustable de alta calidad y múltiples derivaciones de plomo y obturador. Los filtros tienen la función principal de reducir la dosis de radiación que recibe el animal al eliminar la radiación dispersa y aumentar (energía media del haz) la calidad. La mayoría de los equipos de rayos X tienen un filtro inherente igual a una placa de aluminio de 1.5-2.0 mm. Se puede aumentar la calidad de la placa añadiendo otro filtro de aluminio de 2.0 mm. El Filtrado total debe ser al menos de 2.5 mm de aluminio.

Las rejillas consisten en una placa plana con una serie de tiras de lámina de plomo separadas por espaciadores transparentes. Se fabrican en varias láminas y mejoran la calidad diagnóstica de las radiografías, absorbiendo la mayor parte de la radiación dispersa. Colocar las rejillas entre el animal y el casete,

habitualmente bajo la mesa. Usar sólo partes del cuerpo mayores de 10 cm. la rejilla recíproca (diafragma Potter-Bucky) incluye un mecanismo que desplaza la rejilla durante la exposición para eliminar las líneas de la rejilla de la radiografía. Esta rejilla constituye un equipo opcional, pero se recomienda para con seguir la mejor calidad de las radiografías.

La rejilla no se usa con equipos de menos de 100 mA porque el plomo de la rejilla absorbe una porción del haz primario, necesitando una exposición mas alta (mAs aumentado) para producir la radiografía diagnóstica. Los equipos de 100-300 mA usan una rejilla con una relación 8:1 ó 10:1.

Los interruptores de exposición consisten en un interruptor de exposición de dos posiciones en la consola y un interruptor de pedal de exposición (con un cable de la longitud suficiente).

4.19 EQUIPO RADIOLÓGICO ACCESORIO

4.19.1 Filtros de Intensificación. El filtro (pantallas de intensificación) consiste en una; suspensión de cristales de fósforo en un aglutinante. El fósforo del filtro convierte los fotones de rayos X en luz visible, ante la cual es más sensible la película utilizada. Se crea una imagen latente tras la exposición de la placa a esta luz. Esta técnica reduce la exposición del paciente a los rayos X al menos en 10

veces, y el tiempo de exposición a los rayos X, disminuyendo así las posibilidades de que la placa salga borrosa.

Los filtros de tierras raras son más caros que los de tungstato cálcico. La luz emitida cubre un espectro ultravioleta, verde o azul. La principal ventaja de los filtros de tierras raras frente a los de tungstato cálcico es que los primeros son rápidos, debido a una producción más eficiente de la luz. Por tanto, disminuyen la dispersión, el tiempo de exposición, la dosis de radiación, las posibilidades de movimiento y la borrosidad consiguiente, y el uso y desgaste del tubo de rayos X. La velocidad del sistema es la velocidad combinada de la película y del filtro, sin ser un sistema aditivo. Una velocidad muy baja del sistema se produce cuando se juntan filtros y placas con distintas sensibilidades al espectro de color.

◆ Tiempo de Exposición. Usar siempre los tiempos de exposición más cortos posibles para eliminar la borrosidad.

En caso de radiografías de tórax, un tiempo de exposición de 1/60 de segundo o aún menor detiene los efectos de los movimientos respiratorios y cardíacos.

En caso de radiografías de abdomen, utilizar unos tiempos de exposición de 1/40 segundos o menores para eliminar el movimiento intestinal.

En caso de radiografías de las extremidades, los tiempos de exposición de 1/20 o menores eliminan los efectos del movimiento del paciente.

Los filtros de tierras raras tienen una velocidad del sistema que permite unos tiempos de exposición más cortos, que hacen posible eliminar los problemas de movimiento junto a una menor exposición a la radiación para el paciente y el personal.

Limpiar periódicamente (mensualmente) los filtros con el producto que recomienda el fabricante, y siempre que se observe restos en las radiografías.

4.19.2 Películas. La película radiológica proporciona un registro permanente que contiene la máxima cantidad de información diagnóstica.

La película consiste en una emulsión sensible a la luz, compuesta por gelatina y haluro de plata con otros componentes adheridos en una base de plástico (poliéster). Los haluros de plata son sensibles a la luz y cambian cuando se exponen a ella para producir una imagen latente. El proceso de revelado transforma los iones de plata en plata negra, produciendo la imagen radiográfica. El fijador elimina toda la plata no expuesta de la película. La emulsión se puede adherir a uno o ambos lados de la base. La placa de rayos X puede ser más sensible a la exposición directa a los rayos X (película sin filtro) o a la luz azul, verde o ultravioleta.

La película debe ser sensible al tipo de luz emitido por los filtros que se utilicen. La velocidad de la placa determina la cantidad de luz requerida para producir una imagen en la radiografía. Una película rápida tiene cristales grandes (haluro de plata), requiere menos exposición y produce una imagen granulada, mientras que las placas lentas tienen cristales pequeños, requieren una mayor exposición y producen en una imagen menos granulada o mejor definida.

La película con filtro se fabrica con cristales sensibles a la luz fluorescente, mientras que la película sin filtro es una placa de tipo exposición directa que se fabrica para ser sensible a los rayos X. Las placas sin filtro requieren entre 10 y 25 veces más radiación que las placas con filtro.

La película se suministra en medidas métricas y no métricas. Los tamaños más frecuentes que se utilizan en la consulta de animales pequeños son de 8x10 pulgadas, 10 x 12 pulgadas v 14 x 17 pulgadas.

La placa de rayos X es sensible no sólo a la luz y los fotones de rayos X, sino también a la humedad productos químicos y tensión física. Las placas se almacenan de lado para reducir la presión en su superficie. Una humedad alta provoca niebla en la placa, mientras que una humedad baja provoca una placa estática; por tanto, para almacenar las placas se considera adecuada una humedad ambiental entre un 30 y un 40 %. La temperatura no superará los 50-70 °F (10-21.1 °C). Almacenar las placas lejos de los productos químicos de revelado

y de Fuentes de radiación ionizante. No poner peso encima de las placas cuando se carguen y descarguen.

4.19.3 Casetes. Los casetes se utilizan principalmente para contener y proteger la placa. Hay dos tipos básicos, rígidos, que contienen la placa y el filtro, y de cartón, que contienen placas sin filtro.

Los casetes rígidos protegen los filtros y las placas del daño físico y a la placa de la exposición a la luz. El casete permite un estrecho contacto entre la placa y los filtros. La parte delantera del casete consiste habitualmente en una lamina de plástico o aluminio rígido u otra sustancia que absorbe relativamente pocos fotones de rayos X. La parte posterior del casete se recubre con plomo para absorber la radiación de retrodispersión, además de unos pestillos que permiten un sellado hermético frente a la luz.

Los casetes estarán numerados así cuando se observan defectos en la radiografía, puede realizarse un seguimiento hasta el casete responsable, cuando se cae un casete, se provoca una deformación que altera el contacto entre la película y el filtro y distorsiona la imagen radiológica.

4.19.4 Otros Accesorios. Cuando sea necesaria la presencia de personal en la sala para colocar al animal, usar dispositivos de seguridad (delantales de plomo, guantes de plomo, gafas y escudo de plomo sobre el tiroides).

Los marcadores de la placa consisten en marcadores de plomo que indican la derecha e izquierda de la placa y los marcadores de tiempo, en los tránsitos gastrointestinales altos y en urografías intravenosas.

Existe un dispositivo capaz de medir el grosor de una parte del cuerpo y determinar los kVp de exposición necesarios.

Los dispositivos de colocación consisten en cuñas de esponja, bolsas de arena, compartimientos de plexiglás, sogas, cintas y agentes de restricción química para evitar la exposición humana que se asocia con la manipulación, siempre que sea posible.

Se necesitan dispositivos de control (chapas con película) para los trabajadores y para la sala un negatoscopio (al menos un dispositivo doble) y una luz caliente (luz de alta densidad).

4.20 PROCESADO DE LA PELÍCULA

4.20.1 Procesado Manual. El revelado de la placa es un proceso químico y, por tanto, depende del tiempo y de la temperatura.

- ◆ Ventajas. Costes de configuración menores que los del procesamiento automático. No es necesario realizar cambios eléctricos o estructurales en el cuarto oscuro.

- ◆ Desventajas. Se emplea un valioso tiempo de un técnico para revelar las placas y mantener los baños de productos químicos (es decir, aumentan los costes laborales). La calidad no es homogénea, debido al error humano, frente a los procesadores automáticos. Se necesita más tiempo para preparar las placas diagnósticas comparado con los procesadores automáticos.

4.20.2 Luz Roja del Cuarto Oscuro. La luz roja del cuarto oscuro produce suficiente iluminación en el cuarto oscuro para que una persona pueda ver el procesado de la placa radiológica (carga y descarga de los casetes) sin emitir una densidad no deseada (niebla) en la placa. La luz roja utiliza una longitud de onda diferente de aquella a la que la placa es sensible. En el caso de placas sensibles a la luz azul, es adecuado utilizar un filtro 6B de Wratten, mientras que en las placas sensibles al verde o al verde y al azul se utilizan filtros GBX-2. Habitualmente, la luz roja usa bombillas de 15 vatios. La luz roja quedará a 4 pies (1.20 m) de la zona de manipulación de la placa. Ningún sistema es seguro al 100 %, por lo que no se expondrán las placas más tiempo del necesario.

4.20.3 Etiquetado de las Placas. Una radiografía es un documento legal y, por tanto, debe contener un etiquetado permanente. En la etiqueta se incluirá el

nombre del hospital o del veterinario, la fecha en que se tomó la radiografía y el nombre del propietario o el número de archivo del animal. Marcar la radiografía con derecha o izquierda, dorsoventral / ventrodorsal (DV/VD), marcador de tiempo en los estudios con contraste.

4.20.4 Procedimiento de Procesado Manual de la Placa

- Comprobar la temperatura, apagar las luces de la sala, usar luz. roja y agitar (mezclar) bien las soluciones.
- Colocar la placa en los soportes de revelado, comprobando que las cuatro esquinas están bien sujetas.
- Fijar y poner en marcha el cronómetro, dependiendo de la temperatura del tanque de revelado.
- Colocar el soporte con la placa en el tanque de revelado. Dar unos golpes fuertes en el tanque para desprender las burbujas de aire y agitar sacando la placa de la solución de revelado, y dejarla escurrir hacia una esquina. Volver a introducir la placa en la solución de revelado, y repetir la agitación cada minuto. Los fabricantes recomiendan una temperatura específica para la solución de revelado que producen, habitualmente en torno a 20 °C (68°F). Ajustar según los cambios de temperatura (si aumenta la temperatura, disminuir el tiempo y viceversa). El fabricante de los productos químicos puede proporcionar un diagrama de revelado de tiempo / temperatura.

Ejemplo

60 °F (15.5 °C) 8.5 minutos

65 °F (18.3 °C) 6.0 minutos

68 °F (20.0 °C) 5.0 minutos

70 °F (21.1 °C) 4.5 minutos

75 °F (23.8 °C) 3.5 minutos

- Al final del tiempo de revelado, extraer el soporte de la solución de revelado y escurrirlo sobre el tanque de aclarado. Agitar la placa en el agua de aclarado durante 30 segundos.
- Colocar el soporte con la placa en el fijador al final del tiempo de revelado.
- Iniciar el cronómetro. El tiempo en el fijador es igual al doble del tiempo de revelado.
- Agitar la placa cada 2-3 minutos mientras se encuentra en el fijador.
- Al final del tiempo de fijación, extraer la película del fijador, y escurrirla.
- Colorar el soporte en agua de lavado al final del tiempo del fijador.
- Agitar después de 2-3 minutos
- Lavar durante 15-30 minutos, dependiendo del flujo de agua y de la temperatura del tanque de lavado.
- Al final del lavado, extraer la placa del agua y escurrirla.
- Colocar la placa en una cabina de secado o colgarla en vertical para que se seque.

4.20.5 Cuarto Oscuro Recomendaciones.

- Ubicación del cuarto oscuro. Situar el cuarto oscuro cerca del agua y de los desagües para la instalación de fontanería y cerca de la zona de radiología para evitar desplazamientos innecesarios y aumentar la eficacia.
- Distribución del cuarto oscuro. Los cuartos oscuros no ocupan mucho espacio, pero deben medir al menos 6 x 8 pies. Muchos se sitúan donde debía instalarse un baño, lo que evita construir una nueva instalación de fontanería o nuevas tomas de corriente eléctrica. Intentar incluir una pila para la limpieza y mantenimiento del procesador.
- Mantener separadas las zonas secas y húmedas para eliminar la contaminación de los filtros y de las placas no expuestas por los productos químicos. Mantener siempre una buena ventilación para evitar que el calor, la humedad y los vapores de los productos químicos destruyan la placa y reducir la exposición del personal a los vapores.
- Pintar todas las paredes de blanco para reflejar la luz roja de seguridad y obtener un ambiente de trabajo más brillante.

4.20.6 Diagrama Técnico. El diagrama técnico se configura para tomar radiografías en los animales normales. Cada animal puede tener las mismas medidas laterales de tórax pero distinta morfología corporal (obesos o emaciados).

En este último caso se puede producir la sobre exposición con la técnica recomendada por el diagrama, por lo que es necesario disminuir la exposición (kVp). El animal obeso puede quedar poco expuesto según la técnica del diagrama, por lo que se tiene que aumentar el tiempo de exposición (kVp).

4.21 TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS

Electromedical*, en su sección ABC de la Radiología Veterinaria cita que los múltiples factores que condicionan el producto final, imposibilitan la confección de una tabla ideal de técnicas radiográficas. Como ocurre con la fotografía, hay quien prefiere los modernos automatismos y otros jugar con diafragmas, obturadores y objetivos. La gran ventaja de la radiología sobre la fotografía, es que se puede controlar el número de fotones.

Dejando claro que las mejores tablas son las que nos dan los exposímetros automáticos. Se explicará algunas reglas generales para aquellos que no dispongan del sistema. Se partimos de un escenario de trabajo en el que se debe

* ABC de la Radiología Veterinaria. Electromedical Diagnóstico por Imagen.

establecer unos valores en función de la distancia foco-placa, el espesor y naturaleza de la materia a radiografiar, el material fotográfico empleado y la proyección que se desea ver. Es el compromiso entre Kv y mAs el que determina la correcta exposición. Los tiempos largos favorecen los resultados de calidad fotográfica, por contra, en seres «tan animados» perjudican el diagnóstico por borrosidad, obligando a utilizar centésimas o milésimas de segundo.

Cada región del animal requiere los kilvoltage adecuados. Es inútil radiografiar una columna de perro con 50kV y unas falanges con 80kV. Una aproximación (atrevida) a DFP 100 cm y tierras raras medias para Pastor Alemán mediano, podría ser:

Extremidades 45 a 55 KV.

Costillas, cráneo 60 a 70 KV.

Pulmón (gran escala grises) 100 a 120 KV.

Una vez establecidos los KV adecuados, solamente se modificará los mAs (producto miliamperios por tiempo) hasta optimizar la exposición, tal y como lo hace de forma automática el control de exposimetría automático (AEC). La diferencia es que el AEC siempre acierta a la primera.

Elevar los KV, manteniendo los mAs adecuados, extiende la escala de grises, disminuyendo el contraste. La mayoría de las áreas de interés para el diagnóstico

se localiza entre los grises intermedios en una escala de al menos 16 niveles de grises. Los fuertes contrastes estrechan la escalera de grises, perdiendo información útil.

La Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies[◇] advierte que los errores más comúnmente encontrados en las radiografías de baja calidad de la región torácica son debido al movimiento del animal durante la exposición.

Esto puede resultar tanto de movimientos voluntarios debidos a la resistencia del animal o involuntarios de la actividad cardiaca y respiratoria. Un tiempo de exposición extremadamente corto es el mejor método para enmascarar el movimiento de cualquier tipo y disminuir los artefactos causados por el movimiento. Con un equipo de miliamperaje con tiempos de exposición extremadamente bajos con la combinación de una película de alta velocidad y pantallas de alta velocidad o de tierras raras pueden presentar una ventaja en detener el movimiento.

Por experiencia, Electromédical[×] no recomienda las bombillas claras con filtro rojo porque no son tan adecuadas (longitud de onda) como las rojas esmeriladas

[◇] Radiografía Torácica. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies

[×] ABC de la Radiología Veterinaria. Electromédical Diagnóstico por Imagen.

(inactínicas, no de feria). La prueba de velado es sencilla: se acerca una placa a la bombilla durante un instante y se revela. Si aparece manchada, se estará perdiendo contraste y detalle en las radiografías. Mimar el proceso de revelado evitando ralladuras y salpicaduras, implica disponer de una mesa cómoda y limpia para la carga y descarga de chasis y otro espacio para las bateas, cuba o procesadora automática. Es importante asegurarse de la calidad de los líquidos revelador y fijador. El primero se oxida en la batea, conviene preservarlo del contacto con el aire guardándolo en una botella al terminar (apretándola para sacar el aire). Las bateas horizontales deben llevar dibujo antiadherente y boca de vaciado. Tres minutos en el revelador bastan para reducir los cristales de plata a plata metálica, aclaramos con agua y con otros tres más en fijador, eliminaremos los cristales de plata no expuestos, aclaramos de nuevo y listo. Durante el secado evitaremos tocar la placa, pues la emulsión está reblandecida.

Se cuidará especialmente que la temperatura de los líquidos no sea excesivamente baja, se puede calentarlos a unos 18 – 24 °C (según las especificaciones del fabricante) con una resistencia de acuario.

4.22 RADIOPROTECCIÓN

Del Servicio de Protección Radiológica de la Universidad de Granada[®] se extracta.

[®] Clasificación y Señalización de Áreas. Universidad de Granada.

4.22.1 Clasificación y Señalización de Áreas. El símbolo que representa una zona donde se trabaja con material radiactivo es el trébol radiactivo. El diseño del Trébol es el siguiente (Figura 10)

Figura 10. Trébol Radioactivo



Servicio de Protección Radiológica de España.

En función de las condiciones de trabajo de la zona podemos distinguir una serie de zonas (Tabla 4):

Tabla 4 Zonas de Seguridad Radiactiva

TIPO DE ZONA	COLOR
Zona vigilada	Gris magenta
Zona controlada	Verde
Zona de permanencia limitada	Amarillo
Zona de permanencia reglamentada	Naranja
Zona de acceso prohibido	Rojo

Servicio de Protección Radiológica Universidad de Granada España

Las señales se colocarán bien visibles a la entrada de las correspondientes áreas y en los lugares significativos de ellas.

Los equipos móviles de rayos X llevarán una señal que indique sus características, riesgo y restricciones de uso. El riesgo de exposición vendrá señalizado utilizando su símbolo internaciones, un "trébol" enmarcado por una orla rectangular del mismo color del símbolo y de la misma anchura que el diámetro de la circunferencia interior de dicho símbolo.

Si en cualquiera de las zonas existiese sólo riesgo de exposición externa, se utilizará el trébol general de la zona bordeado de puntas radiales; si existiera riesgo de contaminación siendo despreciable el riesgo de exposición externa, se utilizará el trébol general de la zona en campo punteado; si existieran conjuntamente ambos riesgos, se empleará el trébol general de la zona bordeado de puntas radiales y en campo punteado.

Las señales correspondientes a su zona se situarán de forma bien visible en la entrada y en los lugares significativos de la misma.

Para todo tipo de zonas se completarán las anteriores señalizaciones con una leyenda en la parte superior indicativa al tipo de zona, y en la parte inferior al tipo de riesgo.

Cuando se deba señalar con carácter temporal los límites de una zona se emplearán vallas, barras metálicas articuladas o soportes por los que se haga pasar cuerdas, cadenas, cintas, entre otras, que tendrán el color correspondiente a la zona que se trate.

En los lugares de acceso entre zonas contiguas de diversas características, podrán señalizarse en el suelo los límites correspondientes mediante líneas claramente visibles con los colores correlativos a las zonas que se trate. Dicha señalización se podrá complementar con una iluminación del color apropiado de la zona que se trate.

4.22.2 Límite de Dosis. Los límites de dosis se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa durante el período considerado y de la dosis interna integrada resultante de la incorporación de radionucleidos durante el mismo período.

Los límites de dosis son valores que no deben ser sobrepasados,

Límites anuales de dosis para los trabajadores profesionalmente expuestos

Tabla 5. Exposición total homogénea del organismo

Parte afectada	Límite anual de dosis	Observaciones
Totalidad del organismo (general)	100 mSv promediados en 5 años oficiales. Sin sobrepasar 50 mSv en 1 solo año	En irradiación homogénea

Servicio de Protección Radiológica Universidad de Granada España

Tabla 6. Límites especiales de exposición

Grupo de población	Límite anual de dosis	Observaciones
Mujeres embarazadas	1 mSv/año oficial	En el abdomen. Las condiciones de trabajo deberán ser tales que la dosis al feto desde el diagnóstico del embarazo hasta el final de la gestación no exceda del límite indicado. Durante la lactancia no se le asignarán trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación reactiva de su organismo.
Estudiantes mayores de 18 años	similar al PPE	Igual al personal profesionalmente expuesto (P.P.E.)
Estudiantes entre 16 y 18 años	6 mSv/año oficial	Para cristalino el límite de dosis es de 50 mSv/año oficial, y pies, manos y tobillos es de 150 mSv/año oficial. En piel es de 150 mSv/año oficial.
Estudiantes menores de 16 años	1 mSv/año oficial (Límite del público en general)	-

Servicio de Protección Radiológica Universidad de Granada España

Tabla 7. Límites anuales de dosis para los miembros del público

Parte afectada	Límite anual de dosis	Observaciones
Totalidad del organismo (general)	1 mSv/año oficial	El CSN podrá autorizar valores de dosis efectiva superiores en un único año oficial siempre que el promedio durante 5 años oficiales consecutivos no sobrepase 1 mSv/año oficial.

Servicio de Protección Radiológica Universidad de Granada España

Tabla 8. Exposición total homogénea del organismo

Parte afectada	Límite anual de dosis	Observaciones
Cristalino	15 mSv/año oficial	-
Piel	50 mSv/año oficial	Por contaminación radiactiva cutánea, y referido a la dosis media de una superficie de 1 cm ² en cualquier región cutánea
Mano, antebrazos, pies y tobillos	50 mSv/año oficial	-

Servicio de Protección Radiológica Universidad de Granada España

4.22.3 Generalidades de Protección Radiológica. (Versión Final 10 Junio 2002).

La Sociedad Española de Física Médica*, define que el objeto principal de la Protección Radiológica es asegurar un nivel apropiado de protección al hombre y al medio ambiente sin limitar de forma indebida las prácticas beneficiosas de la exposición a las radiaciones. Este objetivo no sólo se puede conseguir mediante la aplicación de conceptos científicos. Es necesario establecer unas normas que garanticen la prevención de la incidencia de efectos biológicos deterministas (manteniendo las dosis por debajo de un umbral determinado) y la aplicación de todas las medidas razonables para reducir la aparición de efectos biológicos estocásticos (probabilísticos) a niveles aceptables. Para conseguir estos objetivos, se deben aplicar los principios del Sistema de Protección Radiológica propuestos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP):

Los diferentes tipos de actividades que implican una exposición a las radiaciones ionizantes deben estar previamente justificados por las ventajas que proporcionen, frente al detrimento que puedan causar.

Las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones potenciales, deberán mantenerse en el valor más bajo que sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

* Manual de Protección Radiológica. Sociedad Española de Física Médica.

La suma de dosis recibidas y comprometidas no debe superar los límites de dosis establecidos en la legislación vigente, para los trabajadores expuestos, las personas en formación, los estudiantes y los miembros del público.

Esta limitación no se aplica a ninguna de las exposiciones siguientes:

- La exposición de personas durante su propio diagnóstico o tratamiento médico.
- La exposición deliberada y voluntaria de personas, cuando ello no constituya parte de su ocupación, para ayudar o aliviar a pacientes en diagnóstico o tratamiento médico.

Conseguir los objetivos de la Protección Radiológica es una tarea en la que están involucrados todos los estamentos de cada Centro: las personas que ostentan la autoridad en los órganos de Dirección y Gestión, los profesionales dedicados al ejercicio de la protección radiológica y los trabajadores, expuestos o no a las radiaciones ionizantes. Del conocimiento de sus obligaciones y del estricto cumplimiento de las normas con relación a dichos objetivos dependerá la disminución del riesgo, con el consiguiente beneficio, tanto para los profesionales sanitarios y no sanitarios, como para los pacientes y miembros del público.

◆ Personal de las instalaciones radiactivas. Todas las personas que trabajen en una instalación radiactiva deben estar formadas y capacitadas para ello. Aquellas que, en virtud de su puesto de trabajo, manipulen los dispositivos de control de la instalación deben estar provistas de la correspondiente acreditación (en el caso de una instalación de rayos X) o licencia de operador o supervisor (en el caso de instalaciones radiactivas), ambas otorgadas por el CSN.

Toda persona que, sin necesitar licencia ni acreditación, trabaje en una instalación deberá conocer y cumplir las normas de protección contra las radiaciones ionizantes así como su actuación en caso de emergencia.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales (SPRL) deberá contar con la colaboración del SPR para la determinación y evaluación de los riesgos derivados del uso de radiaciones ionizantes que puedan afectar a la seguridad y a la salud de los trabajadores.

Archivar los historiales dosimétricos individuales de los trabajadores expuestos de las instalaciones. Conocer la categoría de aptitud de los trabajadores expuestos y sus modificaciones como consecuencia de los reconocimientos médicos realizados por el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales.

Controlar la aptitud médica de los trabajadores expuestos y sus modificaciones como consecuencia de los reconocimientos médicos realizados por el SPRL.

Disponer del historial dosimétrico previo de los trabajadores expuestos que se incorporen a las instalaciones.

Entregar una copia de su historial dosimétrico al trabajador, cuando se produzca un cese de empleo en las instalaciones con riesgo radiológico.

Comprobar la adecuada formación de los profesionales que se incorporen a una instalación radiactiva, así como de la posesión de la correspondiente licencia o acreditación.

Organizar y participar en diferentes cursos y seminarios relacionados directamente con la Protección Radiológica.

4.22.4 Medidas Fundamentales de Protección Radiológica. Se tomarán las medidas necesarias para conseguir que las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones potenciales sean lo más bajas posibles. En cualquier caso, las dosis recibidas por los trabajadores expuestos y los miembros del público siempre han de ser inferiores a los límites de dosis establecidos en la Legislación.

4.22.5 Riesgos Radiológicos. En las instalaciones sanitarias se pueden presentar los siguientes tipos de riesgos radiológicos: Irradiación externa, contaminación radiactiva, que puede ser interna o externa.

◆ Radiodiagnóstico. En las instalaciones de Radiodiagnóstico el único riesgo posible es el de irradiación externa, que sólo se produce cuando está en funcionamiento el tubo de rayos X.

En Radiodiagnóstico son fuentes de radiación todos los equipos dotados de tubo de rayos X cuando éste entra en funcionamiento. Se pueden especificar como:

- Radiografía convencional
- Radiografía y fluoroscopia
- Radiografía con equipos móviles
- Radiografía y fluoroscopia con equipos móviles
- Radiología intervencionista
- Mamografía
- Radiografía dental
- T.C.
- Otros (densitometría ósea, litotricia con localización por rayos X, etc.)

4.22.6 Clasificación del Personal. Por razones de seguridad, vigilancia y control radiológico, las personas que trabajan en las instalaciones con riesgo radiológico se clasifican, en función de las condiciones en que realizan su trabajo, en:

- Trabajadores expuestos
- Miembros del público

◆ Trabajadores expuestos. Son personas que, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, bien sea de modo habitual, bien de modo ocasional, están sometidas a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes susceptible de entrañar dosis superiores a alguno de los límites de dosis para miembros del público.

Los estudiantes y personas en formación, mayores de dieciocho años, que, durante sus estudios, se encuentren expuestos a radiaciones ionizantes, se consideran incluidos en esta categoría.

Los trabajadores expuestos se clasifican en dos categorías:

- **Categoría A:** Pertenece a esta categoría los que puedan recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año oficial, o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

- **Categoría B:** Pertencen a esta categoría aquellos que es muy improbable reciban dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial, o a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

La condición de trabajador expuesto de categoría A exige obligatoriamente:

- Superar el reconocimiento médico de ingreso y los reconocimientos periódicos.
- Haber recibido formación en protección radiológica.
- Utilizar obligatoriamente dosímetro individual que mida la dosis externa, representativa de la totalidad del organismo siempre que realicen trabajos que supongan riesgos de exposición externa.
- Utilizar dosímetros adecuados en las partes potencialmente más afectadas, en el caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea del organismo.
- Someterse a los controles dosimétricos pertinentes, en caso de existir riesgo de contaminación interna.

La condición de trabajador expuesto de categoría B exige obligatoriamente:

- Superar el reconocimiento médico establecido.
- Haber recibido formación en Protección Radiológica.

- Estar sometido a un sistema de vigilancia dosimétrica que garantice que las dosis recibidas son compatibles con su clasificación en categoría B.

A cada trabajador expuesto le será abierto un protocolo médico individual, conteniendo los resultados del examen de salud previo a su incorporación a la instalación y los exámenes médicos anuales y ocasionales, un historial dosimétrico individual que, en el caso de personas de categoría A, debe contener como mínimo las dosis mensuales, las dosis acumuladas en cada año oficial y las dosis acumuladas durante cada período de 5 años oficiales consecutivos, y en el caso de personas de categoría B, las dosis anuales determinadas, o estimadas, a partir de los datos de la vigilancia radiológica de zonas.

De acuerdo con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, en su publicación nº 73, la mayoría de las personas que trabajan con radiaciones ionizantes pueden clasificarse como trabajadores expuestos de categoría B. Como orientación: Se pueden considerar de categoría A las personas que trabajan próximas al haz de rayos X en Radiología intervencionista, vascular y cardiaca, los que administran y preparan dosis radiactivas en Medicina Nuclear las asociadas con la preparación del tratamiento y el cuidado de pacientes en terapia metabólica, así como los que realizan estas funciones en Braquiterapia.

- ◆ Miembros del público. Se consideran miembros del público:
 - Los trabajadores no expuestos.

- Los trabajadores expuestos, fuera de su horario de trabajo.
- Los usuarios de las instituciones sanitarias mientras no estén siendo atendidos.
- Cualquier otro individuo de la población.

Como orientación general, no se considerarán trabajadores expuestos a los que se cita a continuación:

- Radiodiagnóstico: Administrativos, celadores y limpiadoras.
- Radioterapia e instalaciones con fuentes no encapsuladas: Administrativos.

Los límites de dosis son valores que no deben ser sobrepasados, y se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa durante el período considerado, y de las dosis comprometidas a 50 años (hasta 70 años en el caso de niños) a causa de incorporaciones de radionucleidos, durante el mismo período.

No se incluirán las dosis debidas al fondo radiactivo natural, ni las derivadas de exámenes o tratamientos médicos que eventualmente puedan recibir como pacientes.

4.22.7 Clasificación de Zonas. El SPR realizará la clasificación de los lugares de trabajo de acuerdo con la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de

dispersión de la contaminación y la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.

A tal efecto, se identificarán y delimitarán todos los lugares de trabajo en los que exista la posibilidad de recibir dosis superiores a los límites de dosis establecidos para los miembros del público, y se establecerán las medidas de Protección Radiológica aplicables.

Dichas medidas deberán adaptarse a la naturaleza de las instalaciones y de las fuentes, así como a la magnitud y naturaleza de los riesgos. El alcance de los medios de prevención y vigilancia, así como su naturaleza y calidad, deberán estar en función de los riesgos vinculados a los puestos de trabajo que impliquen una exposición a las radiaciones ionizantes.

- ◆ Zona vigilada. Aquella en la que existe probabilidad de recibir dosis superiores a los límites de dosis para los miembros del público, siendo muy improbable recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv o dosis equivalentes superiores a los 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, piel y extremidades.

- ◆ Zona controlada: Aquella en la que existe probabilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv o dosis equivalentes superiores a los 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, piel y extremidades. En esta zona

será necesario establecer procedimientos de trabajo con objeto de reducir la exposición a la radiación ionizante, evitar la contaminación radiactiva o prevenir y limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

Dentro de las zonas controladas pueden existir algunas que, por sus características y en función del riesgo radiológico, requieran una clasificación más restrictiva.

Las instalaciones con equipos emisores de radiación ionizante (generadores de RX) deberán llevar una leyenda auxiliar que dé respuesta a la temporalidad de la clasificación de la zona. Como orientación, se propone la siguiente clasificación:

Radiología convencional:

- Zona vigilada: puesto de control protegido por barrera estructural.
- Zona controlada: interior de la sala de rayos X.

4.22.8 Vigilancia y Control de la Radiación

◆ Vigilancia del Ambiente de Trabajo para la Radiación Externa. Es el conjunto de medidas que deben establecerse con objeto de comprobar experimentalmente, y con la periodicidad necesaria, que tanto las dosis recibidas, como los niveles de riesgo existentes, están dentro de los límites correspondientes a cada zona. Dicha vigilancia incluye la dosimetría de área.

La vigilancia de las áreas de trabajo puede dividirse en tres categorías:

- De rutina: Asociada a las operaciones habituales o cotidianas.
- Operacional: Proporciona información sobre un procedimiento en particular.
- Especial: Se aplica a una situación que se sospecha anómala.

La vigilancia de rutina en el puesto de trabajo debe realizarse para confirmar que dicho trabajo se realiza satisfactoriamente. Ésta se hará mediante los procedimientos adecuados, de forma continuada y en tanto no se produzcan cambios significativos.

◆ Control Dosimétrico Personal. Determinación de dosis por irradiación externa. La dosimetría personal externa de los trabajadores expuestos deberá ser realizada por un Servicio de Dosimetría Personal expresamente autorizado por el CSN. Los resultados de los controles dosimétricos se remitirán al Servicios de dosimetría personal autorizados (SPRL), a quién corresponderá interpretarlos desde el punto de vista sanitario. En caso de urgencia, dicha transmisión deberá ser inmediata. El periodo de uso de estos dosímetros será mensual y se procurará hacerlo coincidir con el mes natural. En ningún caso se podrán asignar estos dosímetros a otra persona que no sea la establecida.

Cuando a consecuencia de una exposición especialmente autorizada, exposición accidental o exposición de emergencia se hayan podido superar los límites de dosis, deberá realizarse un estudio para evaluar, con la mayor rapidez y precisión

posible, las dosis recibidas en la totalidad del organismo o en las regiones u órganos afectados.

Cuando se registren dosis que superen los límites establecidos, en condiciones normales de trabajo, se deberá iniciar una investigación con objeto de averiguar las causas que originaron el suceso. Al mismo tiempo, se separará al trabajador de su puesto de trabajo hasta que, el SPRL que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores, determine que dicho trabajador es apto para trabajar con radiaciones ionizantes. El momento de la reincorporación al puesto de trabajo, así como la posible necesidad de recibir atención médica.

El uso del dosímetro es personal y restringido al centro al que está asignado.

El dosímetro se debe de colocar en aquella posición que sea más representativa de la parte más expuesta de la superficie del cuerpo. Las dosis a las extremidades, especialmente a las manos, pueden ser algo mayores, pero a menos que sea probable que estas dosis se aproximen a los tres décimos de los límites de dosis equivalente apropiados, no será necesaria la utilización de dosímetros adicionales.

En aquellos casos en los que sea necesario el uso del delantal plomado, el dosímetro se colocará debajo de este, y en la posición recomendada arriba. En los casos particulares en que los valores registrados estén próximos a los niveles

de investigación, puede ser necesaria, la utilización de dos dosímetros, uno debajo del delantal para estimar la dosis efectiva, y otro por encima del delantal para estimación de la dosis equivalente en cristalino y piel. Si un dosímetro se pierde o se daña, el usuario del mismo estará obligado a comunicarlo al SPR inmediatamente. La responsabilidad de la utilización correcta del dosímetro, es del propio usuario. El trabajador está obligado a efectuar el cambio mensual del dosímetro.

Como orientación general, no será preciso entregar dosímetro personal a los trabajadores que se citan a continuación:

- Radiodiagnóstico: Administrativos, celadores y limpiadoras.
- Radioterapia e instalaciones con fuentes no encapsuladas: Administrativos.

El control de la exposición externa se realizará mediante:

- Diseño de blindajes estructurales y no estructurales.
- Protección radiológica operacional.
- Señalización de zonas.
- Dispositivos luminosos o acústicos de aviso.
- En Radiodiagnóstico, cuando los medios mecánicos no sean suficientes.

Principalmente en radiología veterinaria es necesario que un ayudante colabore en la inmovilización del paciente o que esté presente dentro de la sala para tranquilizarle. En estos casos el único riesgo es el de irradiación, y se les deberá informar, previamente a la exposición, de las medidas que deben adoptar para

minimizar la exposición, proporcionándoles delantales y guantes plomados si fuese necesario. Si no se dispone de personal voluntario, la inmovilización se llevará a cabo por personal expuesto, en turnos rotatorios.

4.22.9 Emergencias en Radiodiagnóstico. Entre las circunstancias que pueden quebrantar la seguridad radiológica de una instalación de radiodiagnóstico, o ser sintomáticas de ello, se encuentran:

- Fallo en el sistema de alimentación del tubo o indicador de exposición que dé lugar a “dobles disparos”.
- Fallo en la carga los chasis con películas vírgenes, que provocarían la exposición del paciente y el chasis sin película que registre la imagen.
- Falta de precisión (inadmisible) en el campo de colimación del haz de radiación por parte del operador.
- Falta de mantenimiento en los equipos, que exige una innecesaria elevada exposición a la radiación de la película, y por tanto del personal involucrado.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

El análisis que se aplica a continuación es de tipo cualitativo porque se busca estudiar de forma integral, las instalaciones físicas, condiciones laborales, manejo de personal y técnica radiológica para descubrir los factores que se deben tener en cuenta para asegurar una mejor prestación del servicio de radiología y optimizar las condiciones de trabajo tanto sanitarias como técnicas de la sala de radiología de la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.” De la Universidad de Nariño.

Se dirige a los profesionales del área de veterinaria interesados en informarse sobre la instalación y funcionamiento de una sala de radiología y desea conservar su bienestar y mejorar su prestación de servicios.

“Para que los beneficios sean mucho mayores que el perjuicio”

5.1 OBJETO DE ESTUDIO

Se estudia la sala de radiología de la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.” de la Universidad Nariño.

5.2 UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA

El presente trabajo se desarrolló durante el transcurso del semestre rural que se llevó a cabo en la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.” Del Programa de Medicina Veterinaria de la Universidad de Nariño (01º 12’ 49” de latitud norte y 77º 16’ 52” de longitud oeste del meridiano de Bogotá) ubicada en la ciudadela universitaria Torobajo al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto, a 2559 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio de 14º centígrados, a 795 kilómetros al sur de la capital del país.

La clínica presta los siguientes servicios en el área de pequeños animales:

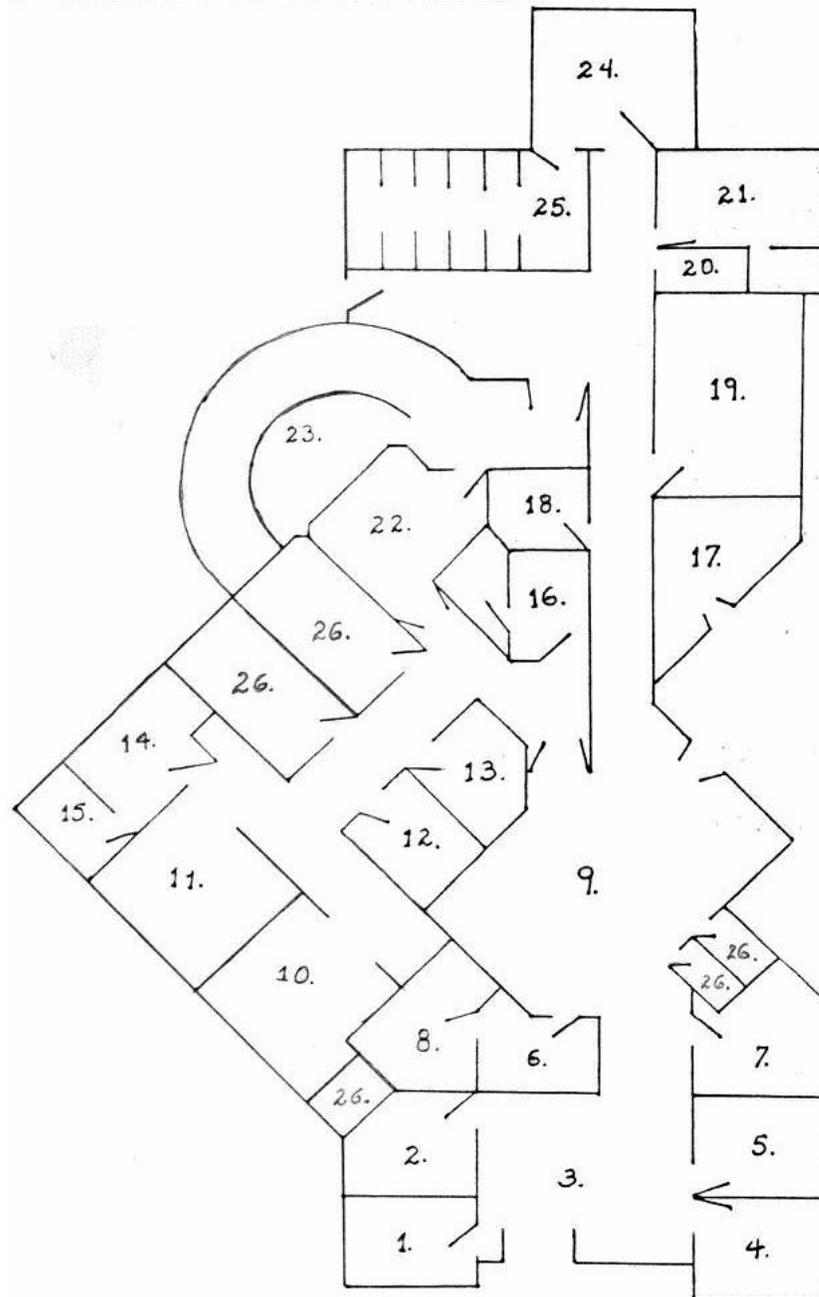
Consulta externa en pequeños y grandes animales, laboratorio clínico, imágenes diagnósticas: radiología y ecografía, hospitalización y farmacia.

La distribución de las instalaciones de la Clínica Veterinaria “Carlos Martínez H.” es: (Figura 11)

1. Dirección de la Clínica.
2. Dirección del programa.
3. Sala de espera.
4. Consultorio 2.
5. Consultorio 1.
6. Sala de recepción.

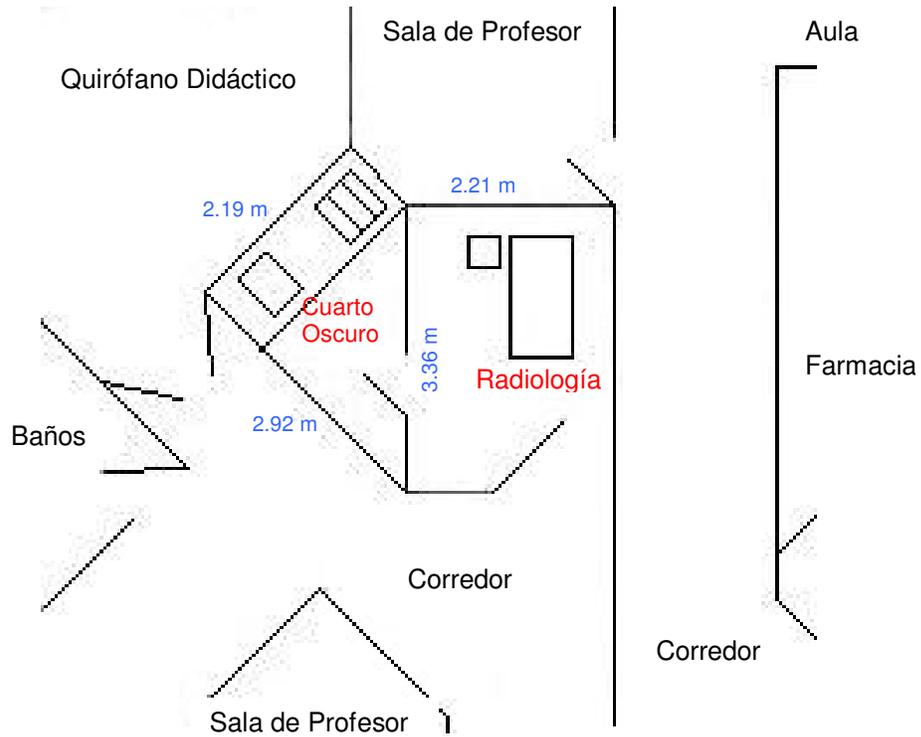
7. Laboratorio Clínico.
8. Archivo.
9. Plazoleta.
10. Quirófano 1.
11. Quirófano 2.
12. Oficina de profesor.
13. Oficina de profesor.
14. Autoclave.
15. Lavandería.
16. Radiología.
17. Farmacia.
18. Oficina de profesor.
19. Salón de clase.
20. Cocina.
21. Alcoba de residentes.
22. Quirófano didáctico.
23. Auditorio.
24. Patio.
25. Perreras.
26. Baños.

Figura 11. Esquema de la Clínica Veterinaria "Carlos Martínez H."



Distribución:

Figura 12. Distribución y Dimensiones del área de radiología



El área disponible para radiología es aproximadamente 13.64 m² (Figura 15)

Manejo:

El personal a cargo del manejo de la sala ha sido hasta el momento los profesionales veterinarios de consulta y los estudiantes que realizan la práctica clínica en pequeños animales en semestres superiores.

5.3 RECURSOS DISPONIBLES

5.3.1 Recurso Humano

Doctora Carmenza Janneth Benavides Melo

Medico Veterinario de la Universidad de Nariño

Directora de la Clínica Veterinaria “Carlos Martinez H.”

Ingeniero Carlos Larrañaga

Ingeniero Electrónico

Doctor Germán Ramírez C. MSc

Master en Física Radiológica.

Jefe Dpto. de Control de Calidad en Imágenes Diagnósticas y Radiofísica del Hospital Universitario del Valle.

Profesionales de Medicina Veterinaria de la ciudad que remiten sus pacientes para examen radiológico.

5.3.2 Recursos Materiales. Sala de Radiología de la Clínica Veterinaria “Carlos Martinez H.” que posee un cuarto oscuro y una sala de toma de radiografías.

Presentes al inicio del trabajo:

1 Equipo de Rayos X marca SIEMENS, Modelo 0866350 x004B, Serie 0685 s23.

1 Mesa para el paciente emplomada, no posee ruedas
2 Chalecos 0.5 mm
1 par de guantes protectores en plomo 0.5 mm
1 protector de tiroides 0.5 mm
1 cubeta para líquidos de revelado con tapa
1 filtro de seguridad para cuarto oscuro de GBX-2
2 marcos para sujeción de películas al momento de revelado.
Cajas de películas
1 Fechador y marcadores de posición en plomo
Líquidos de revelado
Medicamentos para sedación de pacientes

Se fueron adquiriendo:

1 boquilla y bombillo para luz de 15 vatios
1 franela y toalla para manos y mesón
1 secador para películas
1 metro
1 regla
1 marco en madera para toma de radiografías con el paciente de pie.
Cuerdas para manejo del paciente.
Colchonetas para manejo de paciente.
Bolsas plásticas para el cuidado de los chasis.

5.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la obtención de la información se realizaron las siguientes actividades:

Valoración de las placas radiográficas tomadas a pacientes que requerían el servicio para determinar si eran o no de buena calidad diagnóstica.

Conteo del flujo de pacientes que requerían servicio de radiología, dividiéndolos en pacientes internos y remisiones de otros Médicos Veterinarios de la ciudad.

Búsqueda de información, asistencia técnica y capacitación sobre el manejo del equipo de radiología, existente en la Clínica.

Recolección de información a través de la red Internet, libros especializados en el tema y experiencias personales de técnicos en radiología humana.

Recopilación de información sobre los aspectos legales para poner en funcionamiento una sala de radiología ya que es una fuente de radiación ionizante que debe registrarse.

Asistencia al curso de capacitación en protección radiológica que ofreciera el Instituto Departamental de Salud, dictado por el conferencista Dr. Germán Ramírez obteniendo la certificación y el carnét de acreditación categoría 1^a.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para facilitar el análisis de las condiciones de trabajo del área de radiología de la Clínica Veterinaria se determinarán las fortalezas y debilidades y posteriormente se harán las recomendaciones.

6.1 FORTALEZAS:

La Universidad Cuenta con un espacio destinado para radiodiagnóstico.

El equipo de rayos X si cuenta con la capacidad suficiente para satisfacer las necesidades en la toma de radiografías de pacientes grandes.

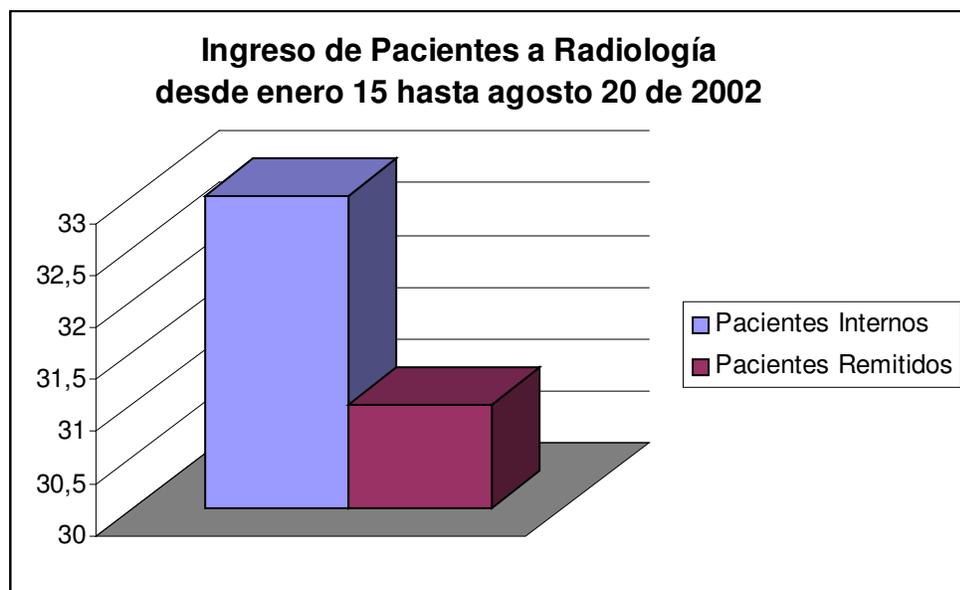
La sala cuenta con algunas barreras de protección para los operarios y personal adyacente.

Existe un buen número de Chasis (3) que facilita la toma de radiografías a pacientes de diferentes tallas.

Los chasis cuentan con pantallas ortocromáticas que ayudan a disminuir el nivel de radiación necesaria para la toma de radiografías.

Posee un buen tanque para el almacenamiento de líquidos de revelado.

Existe un buen ingreso de pacientes que recurren al servicio de radiología (durante el periodo de enero 15 a agosto 20 de 2002 ingresaron 64 de los cuales 33 eran pacientes internos y 31 pacientes remitidos).



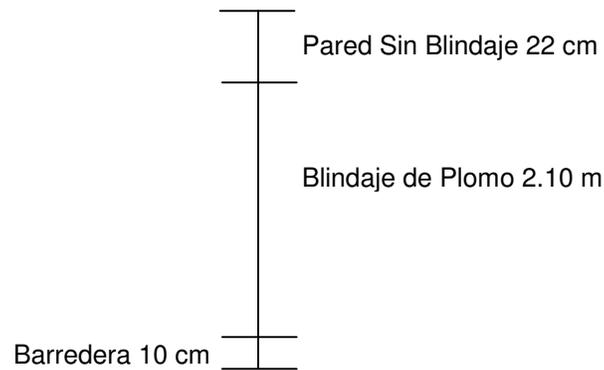
6.2 DEBILIDADES:

No existe una buena señalización para informar al público en general sobre el peligro de sufrir exposición a radiación ionizante.

No existe división del área de influencia en control y vigilada.

La puerta presenta bordes libres o irregulares desprovistos de blindaje.

En las paredes la barrera de plomo no se ha colocado desde el piso y la altura es de 2.10 m que no es la reglamentaria (2.60 m).



El cielo raso es de icopor que no es una barrera ideal contra radiaciones ionizantes.

El cuarto oscuro es demasiado pequeño y su división en zona húmeda y zona seca no se puede realizar adecuadamente.

En los bordes de la puerta del cuarto oscuro hay filtraciones de luz que ocasionan velado de las placas al momento de la carga en el chasis.

No existe una barrera para que la persona que realiza el disparo se proteja.

El manejo del paciente se dificulta al no tener la mesa adaptación para sujeción de paciente y evitar que el movimiento del mismo corra el chasis.

No existen colchonetas ni cuerdas para facilitar la colocación de los pacientes para la radiografía requerida y así evitar las repeticiones por mala posición.

El personal que labora directamente en la sala de radiología no cuenta con servicio de vigilancia de irradiación “dosimetría personal” y en caso de presentarse problemas de salud quien responde?. El riesgo laboral no se está teniendo en cuenta.

No se realiza mantenimiento regular de los equipos antes que ocurra el daño.

Si como mínimo se necesitan 2 personas para manejo del paciente; aun faltan elementos de blindaje para la protección personal.

No se lleva parámetros técnicos para la renovación adecuada de los líquidos de revelado.

No se realiza una correcta conservación de los líquidos de revelado quedando expuestos a la oxidación.

No se tiene en cuenta la temperatura de los líquidos para el tiempo de revelado.

El filtro de seguridad no tiene el bombillo adecuado (30 vatios) y está recubierto con papel para bajar su intensidad.

El cuarto oscuro no posee un reloj de fotografía para medir los tiempos de revelado.

El disparo del equipo no se estaba realizando de forma adecuada porque se oprime y suelta al instante el botón.

No se realiza una adecuada limpieza y conservación de las pantallas que por ser de tierras raras y su costo ser elevado; merecen un cuidado especial.

No se cuenta con espacio adecuado para colgar y secar las películas procesadas.

El negatoscopio destinado para radiología se encuentra en un lugar inadecuado que es dentro del cuarto oscuro.

No hay una persona encargada y responsable exclusivamente del área de radiología.

No se llevan a cabo planes de aseguramiento de la Calidad en Imagen Radiológica.

No se lleva control técnico del tipo de películas y del tipo de líquidos con los que se dota la sala.

El trabajo en el área de radiología se encuentra clasificado como riesgo profesional Grado V, que es la categoría más alta en riesgos profesionales porque se trabaja con radiaciones ionizantes.

6.3 RECOMENDACIÓN PARA EL MANEJO DEL EQUIPO DE RADIOLOGÍA “SIEMENS MODELO 0866350 SERIE 0685 S23” EN EL PROCESO DE TOMA DE RADIOGRAFÍAS

El siguiente texto es la recopilación de las recomendaciones de técnicos y experiencia personal en el trabajo realizado durante el semestre rural.

Conectar el equipo a la fuente de electricidad, dar vuelta a la perilla de encendido hasta que la manecilla del medidor de tensión coincida con el círculo que es el punto correcto; simultáneamente a esto se encenderá el bombillo rojo que es el indicador de presencia de corriente eléctrica a través del equipo.

Figura 13. Panel Frontal del Equipo de Radiología



Dejar pasar 15 minutos como mínimo para que el filamento emisor de rayos alcance la temperatura óptima para trabajar.

Determinar la distancia del punto focal a la película entre 90 y 100 centímetros y la posición del cono para la emisión horizontal o vertical.

Establecer los parámetros de tiempo, kilovoltaje y miliamperaje para la toma de radiografía según el área de estudio.

Vestirse con los chalecos, protectores de tiroides y guantes (y demás elementos si llegaran a estar disponibles) muy importantes para la seguridad de los operarios.

Cuidar que los implementos de seguridad no sufran caídas, ni sean doblados indiscriminadamente por que su deterioro es inevitable y disminuye su efectividad como barrera.

Cargar el chasis con la película a utilizar bajo oscuridad total o con ayuda de la luz de seguridad, asegurar el rótulo (fechador, nombre de institución, datos del paciente e indicadores de posición), al posicionar al paciente el área de estudio tiene que estar lo más cerca posible a la película.

Proteja si es necesario el chasis de la humedad o secreciones corporales del paciente con ayuda de una bolsa plástica. Si el chasis sufre caídas el contacto de la película con la pantalla intensificadora se altera volviéndose irregular y disminuyendo la calidad de la imagen.

Ubique y asegure el paciente para la toma de radiografía, puede utilizar como ayuda las colchonetas y las cuñas destinadas para ello, pero no olvide que todos los operarios deben estar protegidos del rayo con las barreras de plomo.

Para el disparo presionar y mantener oprimido el botón verde para que el equipo produzca rayos X por el tiempo preestablecido, el equipo emite un ruido y se prende un bombillo rojo del comando que sirven como aviso para saber durante cuanto tiempo el equipo está activo y así suspender la presión del botón cuando el ruido desaparezca y el bombillo se apague.

Si se va a seguir realizando radiografías no apagar el equipo, se debe dejar prendido para mantener la temperatura del filamento.

Cuando haya terminado el trabajo para apagar el equipo primero retroceda la perilla de encendido al nivel mas bajo, la manecilla indicadora de tensión regresará a cero y el botón verde se apagará, en este momento puede desconectar el equipo de la fuente de electricidad.

Ubicar el cordón de la toma de corriente en el seguro dispuesto para ello y así evitar pisarlo o que sufra dobles que alteren el tránsito normal de corriente por los cables.

6.4 RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL SEMESTRE RURAL

Primera fase del Semestre Rural comprendida entre Enero 15 a Marzo 21 de 2002

Es de aclarar que en esta primera fase del trabajo se cometieron fallas técnicas en el proceso radiográfico así:

- La presión del botón de disparo no se mantenía durante el tiempo necesario para que el equipo emitiera la radiación programada previamente.

Esto modifica la dosis de radiación porque no se cumple el tiempo programado, incluso algunas veces el equipo no alcanzaba a producir radiación y las películas salían sin impresión.

- Existían filtraciones de luz en el cuarto oscuro.
- El voltaje del bombillo de la luz de seguridad era muy alto (30 Watt).

Estos dos aspectos aumentan la presentación de velos.

Por lo tanto estos valores no son realmente útiles en la práctica médica.

TEJIDOS BLANDOS

Abdomen

PACIENTE	RAZA	PESO (Kg)	EDAD	OBJETIVO	PARÁMETROS
Beto	Mestizo	10	3 años	Sis. Digestivo	0,32 Seg y 75Kv
Sisi	Pomerania	3	2 años	Sis. Digestivo	0,25Seg y 65 Kv
Pelusa	Caniche	5	9 años	Sis. Reproduc.	0,2 Seg y 65 Kv
Muñeca	Mestizo	5	3 años	Sis. Reproduc.	Lat. 0,5 Seg y 70 Kv D-V 0,25 Seg y 65 Kv
Ginger	S. husky	16	5 meses	Sis. Urinario	0,4 Seg y 70 Kv

Torax

PACIENTE	RAZA	PESO (Kg)	EDAD	OBJETIVO	PARÁMETROS
Malka	Mestizo	12	1 ½ años	Lateral	0,2 Seg y 75 Kv
Muñeca	Caniche	7	8 años	Lateral	0,32 Seg y 70 Kv
Luna	Mestizo	12,5	11 años	Lateral	0,2 Seg y 75 Kv
Bruño	S. husky	10	5 meses	V -D	0,32 Seg y 75 Kv
Skipper	S. husky	23	3 años	Lat y V - D	0,5 Seg y 90 Kv
Bandido	Labrador	27	1 año	V – D Lateral	0,5 Seg y 90 Kv 0,5 Seg y 80 Kv.

SISTEMA ESQUÉLETICO

Columna Vertebral

PACIENTE	RAZA	PESO (Kg)	EDAD	OBJETIVO	PARÁMETROS
Linda	Mestiza	8	3 años	Toracolumbar	0,5 Seg y 75 Kv
Muñeca	Caniche	6	3 Años	Lumbar	0,64 Seg y 75 Kv
Locky	Dóberman	15	8 Años	Toracolumbar	0,8 Seg y 80 Kv

Cadera

PACIENTE	RAZA	PESO (Kg)	EDAD	OBJETIVO	PARÁMETROS
Luna	Dálmata	17	2 años	V – D Lateral	0,4 Seg y 70 Kv 0,4 Seg y 75 Kv
Penacho	Mestizo	8	1 año	V – D Lateral	1,2 Seg y 56 Kv 1,2 Seg y 60 Kv
Coby	P. Alemán	28	9 meses	V - D	0,5 Seg y 70 Kv
Cuky	P. Alemán	10	7 años	V - D	0,5 Seg y 70 Kv
Niña	Caniche	5	8 meses	V – D Lateral	1 Seg y 56 Kv 1Seg y 60 Kv
Toby	Caniche	2	3 meses	V – D Lateral	0,2 Seg y 56 Kv
Ades	Pitbull	7	3 meses	V – D Lateral	0,5 Seg y 60 Kv
Bengi	Caniche	5	10 años	V – D Lateral	0,2 Seg y 60 Kv 0,2 y 65 Kv

Miembros Anteriores

PACIENTE	RAZA	PESO (Kg)	EDAD	OBJETIVO	PARÁMETROS
Cobi	P. Alemán	28	9 meses	Hombro	2 Seg y 75 Kv
Tyson	Mestizo	60	5 años	Húmero	0,5 Seg y 80 Kv
Negro	Caniche	7	1 año	Cúbito y Radio	1Seg y 52 Kv

Miembros Posteriores

PACIENTE	RAZA	PESO (Kg)	EDAD	OBJETIVO	PARÁMETROS
Zarca	Mestizo	12	2 años	Fémur	0,64 Seg y 70 Kv
Lucas	Mestizo	8	6 meses	Fémur	0,64 Seg y 70 Kv
Lanas	Caniche	6,5	4 años	Fémur	0,4 Seg y 70 Kv

En la segunda fase del trabajo comprendida entre Abril 1 y Mayo 21 las fallas anteriormente mencionadas se corrigieron así:

- El botón de disparo se mantenía hasta que el equipo mediante un ruido y la luz del comando indicaban que el tiempo programado de radiación había terminado.
- Las filtraciones de luz fueron cubiertas.
- El bombillo fue cambiado a uno de Voltaje indicado para cuartos oscuros (15Watt).

Estos cambios influyen de manera importante en la calidad radiográfica. Observándose variaciones en nitidez, contraste y densidad.

Los siguientes datos pueden usarse como valores aproximados en futuros pacientes ya que es el resumen de los casos que se presentaron en la Clínica y aceptadas por su buena calidad en imagen radiográfica durante la segunda fase del trabajo.

TEJIDOS BLANDOS

Abdomen para Sistema Digestivo o Reproductivo en hembras

PACIENTE	RAZA	CONDICIÓN CORPORAL	PESO Kg.	EDAD	RX LUGAR Y VASTA	PARÁMETROS
Chiquita	Mestizo	3	4,3	10 años	Abdomen lateral y v-d	0,32 Seg – 60Kv
Negra	Mestizo	5	12	8 años	Abdomen lat. y v-d	0,32 Seg – 70Kv
Lukas	Baseth hound	2	4,7	3 meses	Abdomen lat. y v-d	0,5 Seg – 52Kv
Tita	Akita	2	3	2 meses	Abdomen lat. y v-d	1 Seg – 48Kv
Chalo	Caniche	3	4	2 años	Abdomen lat. y v-d	0,2 Seg – 75Kv
Juanita	Caniche	3	9	5 años	Abdomen lat. y v-d	0,2 Seg – 70Kv
Any	Caniche	3	4,5	3 años	Abdom. lat. y v-d	0,12 Seg – 80Kv 0.16 Seg – 80Kv
Nico	Pit –bull	2	36	2 años	Abdomen lat. y v-d	2 Seg - 60Kv

Tórax

PACIENTE	RAZA	CONDICION CORPORAL	PESO Kg.	EDAD	RX LUGAR Y VISTA	PARÁMETROS
Chiquita	Mestizo	3	4,3	10 años	Lateral V - D	0,32 Seg – 56Kv
Negra	Mestizo	5	12	8 años	Lateral V - D	0,25 Seg – 70Kv
Lukas	Caniche	3	4,5	4 meses	Lateral V - D	0,32 Seg – 56Kv 0,5 Seg – 56Kv

SISTEMA ESQUELÉTICO

Cadera

PACIENTE	RAZA	CONDICIÓN CORPORAL	PESO Kg.	EDAD	RX VISTA	PARAMETROS
Salomón	Caniche	3	5	6 meses	V - D	0,32 Seg – 70Kv
Danger	Rottweiler	4	43,5	1 ½ años	V - D	1 Seg – 70Kv
Simón	Rottweiler	5	46	11 meses	V - D	2,5 Seg – 60Kv
Cansita	Mestizo	3	12	8 meses	V - D	0,5 Seg – 65Kv
Alf	Caniche	3	9	2 años	V - D Lateral	1,2 Seg – 56 Kv 1 Seg – 56 Kv
Milo	Boxer	3	32	2 años	V - D	1,6 Seg – 65Kv
Lukas	Caniche	3	4,5	4 meses	V - D	0,8 Seg – 52 Kv
Tonka	Bull Terrier	3	26	1 ½ años	V - D	1,6 Seg – 56Kv

Columna Vertebral

PACIENTE	RAZA	CONDICIÓN CORPORAL	PESO	EDAD	RX LUGAR Y VISTA	PARÁMETROS
Chalo	Caniche	3	4	2 años	Toracolumbar V - D	0,8 Seg – 60Kv
Nycky	Mestizo	3	27	5 años	Cervical Lateral	1 Seg – 70Kv
Toby	Caniche	3	6,5	5 años	Torácico	0,64 Seg – 60Kv
Olafo	Caniche	4	8	4 años	Toracolumbar	1 Seg – 56Kv
Beny	Caniche	4	9	2 años	Toracolumbar	0,8 Seg – 60Kv

Miembros Anteriores y Posteriores

PACIENTE	RAZA	CONDICIÓN CORPORAL	PESO	EDAD	RX LUGAR Y VISTA	PARÁMETROS
Beto	Sharpei	3	20	7 meses	M.A.lz dorsopalmar	0,32 Seg – 65Kv
Mateo	P. Alemán	3	20	5 meses	Hombro	1,2 Seg – 60Kv

PACIENTE	RAZA	CONDICIÓN CORPORAL	PESO	EDAD	RX LUGAR Y VISTA	PARÁMETROS
					Antebrazo Carpo	0,5 Seg – 60Kv 0,5 Seg – 52Kv
Nela	Mestizo	3	4,5	4 años	Cubito y Radio	0,5 Seg – 52Kv
Mateo	Caniche	3	6	8 meses	M.P comparado	0,64 Seg – 56Kv
Canela	Mestizo	3	4	2 meses	M.A comparado	0,5 Seg – 44Kv

Cráneo

PACIENTE	RAZA	CONDICIÓN CORPORAL	PESO	EDAD	RX LUGAR Y VISTA	PARÁMETROS
Tomy	Caniche	3	4,5	2 años	Rostroventral Lateral	0,64 Seg – 56Kv 0,8 Seg – 56Kv

Se planeaba una tercera fase de toma de radiografías con la utilización de las colchonetas, medición de espesor de área a radiografiar y ensayo con caninos y felinos teniendo en cuenta condición corporal, edad y raza (aproximadamente 10 unidades) para realizar una tabla con ejemplos más concretos y útiles. Lamentablemente se presentaron daños mecánicos en el equipo de radiología y esta parte se vio suspendida.

6.5 PROCESO DE REVELADO

Asegurarse del aseo en el área seca y tener las manos limpias y secas, tener a mano los marcos para las películas, revisar la temperatura de los líquidos de revelado para determinar el tiempo que debe mantener la película sumergida en estos.

$$\text{Tiempo en revelador} = R \qquad \text{Tiempo en fijador} = 2R$$

Apagar la luz blanca y prender la de seguridad abrir el chasis y sacar la película procurando sostenerla de un solo sitio con dos dedos para evitar las huellas dactilares, asegurar bien la película al marco de revelado, sumergir la película y sacudirla suavemente dentro del líquido para evitar burbujas y que se adhiera a la superficie del contenedor; si se tiene la necesidad de revisar la película mientras se revela hacerlo solamente una vez y en el menor tiempo posible ya que se altera el tiempo de revelado. A continuación lavar bien para retirar los excesos de revelador, introducir la película en el líquido fijador, nuevamente sacudir dentro del contenedor para que toda la película quede impregnada y cuando concluya el tiempo lavar con abundante agua para retirar excedentes de fijador y evitar manchas.

Dejar escurrir la película con ayuda de ganchos que no rayen las superficies. Complementar el proceso de secado con ayuda del secador, siempre cuidando la manipulación para evitar los rayones y huellas en la película.

Guardar en el sobre de papel para su entrega y conservación.

6.6 CRITERIOS PARA CALCULAR PARÁMETROS RADIOGRÁFICOS

En los pacientes se deben tener en cuenta las siguientes características físicas:

Edad: Cachorro: Menor tiempo, Menor miliamperaje, Menor kilovoltaje

Adulto: Mayor tiempo, Mayor miliamperaje, Mayor kilovoltaje

Condición Corporal:

- 1. } Menor porcentaje de grasa: Menor Tiempo, Mayor mA, Menor Kv
- 2. }
- 3. }
- 4. } Mayor porcentaje de grasa: Mayor Tiempo, Menor mA, Mayor Kv
- 5. }

Raza: Mayor porcentaje de masa muscular: Mayor Kv, mayor mA, mayor Tiempo

Por ejemplo: Caniche Vs Pug

Pastor Colie Vs Rottweiler

Tejido a estudiar y espesor:

Tejidos Blandos: Menor tiempo, Mayor mA, menor Kv

Tejido Óseo: Mayor tiempo, menor mA, mayor Kv

Además se usa una pantalla intensificadora a menor espesor y dos a mayor espesor.

7. CONCLUSIONES

El equipo Siemens Modelo 0866350 serie 0685 S23 estaba manejándose inadecuadamente porque no se ubicaba el nivel de tensión correcta al prender el equipo, no se calentaba el equipo de manera previa a su uso y no se mantenía la presión del botón de disparo hasta que la luz roja se apague o el ruido del equipo se suspenda indicando fin del tiempo programado.

La bioseguridad de los operarios no cumple con los requerimientos necesarios para ser garantizada ya que se carece de un par de guantes emplomados, dos pares de gafas, un protector de tiroides, dos dosímetros personales; esto para proteger y controlar a dos operarios mínimo y falta programar revisiones técnicas periódicas del equipo para evitar fallas en su funcionamiento.

La primera fase del trabajo se considera como un periodo de observación de la técnica empleada. En la segunda fase se corrigen las fallas e manejo, se evalúan las características físicas del paciente además es un periodo de entrenamiento en lograr calidad radiográfica. En una tercera fase se había programado la realización de una tabla con parámetros guía midiendo espesor de área y características anatómicas mediante la utilización de modelos (9 perros y 1 gato), lo cual no pudo cumplirse por presentarse daño del equipo.

Durante el revelado manual no se tenía en cuenta las características de los insumos, ni la temperatura de líquidos para determinar el tiempo que la película debe estar en líquido revelador y en fijación.

A medida que se corrigen los errores de manejo del equipo, la calidad radiográfica está determinada por la correcta aplicación de kilovoltaje, tiempo, miliamperaje, distancia focal y valoración del área anatómica del paciente; el médico que evalúa las placas radiográficas obtenidas observaba el incremento en la calidad de imagen.

El manejo del paciente para una correcta posición se dificultaba por la falta de accesorios como cuerdas y colchonetas, además con los chasis existentes la calidad de la imagen de cachorros, partes distales de miembros y cráneos disminuye porque pierde nitidez.

8. RECOMENDACIONES

1. El disparo del equipo debe hacerse con previo calentamiento del equipo de 15 minutos, luego colocar en el nivel de tensión ideal que indica la perilla de encendido de la estación de control, una vez definidos los niveles de tiempo y kilovoltaje necesarios mantener presionado el botón de disparo para que el equipo funcione durante el tiempo cronometrado luego soltar el botón, el equipo posee un sistema de alarma que indica cuando entra en función y cuando termina.
2. Para asegurar la protección radiológica de por lo menos dos personas en la manipulación del paciente es necesario la adquisición de 1 par de guantes emplomados, 1 protector de tiroides y dos máscaras para la protección del cristalino además buscar implementar una barrera de protección secundaria para el operario que realice el disparo del equipo que algunas veces es una tercera persona.
3. Realizar un Diagrama Técnico con valores aproximados para la ayuda en la toma de radiografías teniendo en cuenta el mayor número de características posibles del paciente que puedan generar variación de los valores de kilovoltaje, tiempo y miliamperaje, por ejemplo: lugar anatómico, la condición corporal, diámetro de área, entre otros.

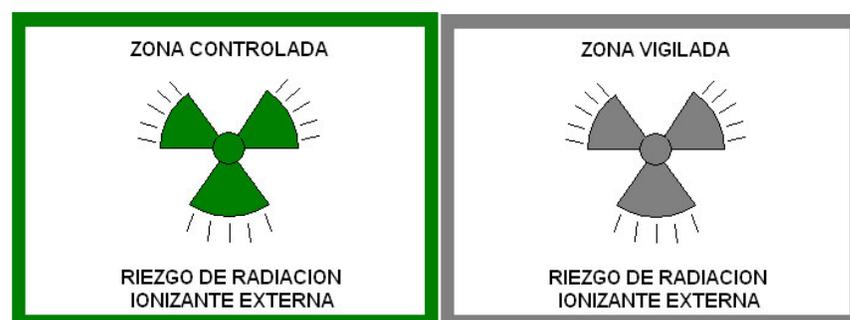
4. Para el proceso de revelado, el cuarto oscuro puede seguirse utilizando como está distribuido, lo importante es conservar el estricto orden y limpieza, vigilar el estado y funcionalidad de los líquidos midiendo el pH con tirilla (11 para revelados y 5 para el fijador) y en el momento que empiecen a sufrir modificaciones en su valor ideal realizar el cambio, estudiar la posibilidad de mantener los líquidos en frasco cerrado herméticamente cuando no se encuentren en uso, calentar en lo posible los líquidos con una resistencia de acuario y solicitar a los fabricantes de las películas las temperaturas y tiempos de revelado ideales, porque cada película tiene su tiempo ideal según la temperatura de los líquidos, Acondicionar un reloj con segundero o alarma para medir el tiempo de revelado en el cuarto oscuro, adecuar un espacio para el secado de las películas, previniendo que si se caen no se rayen o ensucien.

5. Destinar una persona que vele por la protección radiológica de los profesionales y estudiantes de la clínica, que esté capacitada para implementar un plan de aseguramiento en la calidad de la imagen radiológica, ya que según recomendaciones del Dr. Germán Ramírez la OMS establece que para evaluar la eficiencia del manejo hay que tener en cuenta que de todas las películas que se toman como máximo el 10% se pueden dañar, si este valor se supera hay que evaluar la técnica radiológica, los insumos y el estado de los equipos porque en algún lugar algo está fallando. En cuanto al nivel diagnóstico por lo menos el 70% de los casos deben ser diagnósticos acertados y el 30% pueden ser resultados inciertos o errados, el profesional a cargo del manejo de la sala deberá establecer

que películas necesita y que tipo de líquidos se utilizarán para mejorar la imagen teniendo en cuenta sus fechas de vencimiento. Por ejemplo para radiografías de cráneo, cachorros y de miembros posteriores o anteriores utilizar películas de emulsión en una sola cara para mejorar el detalle de la imagen.

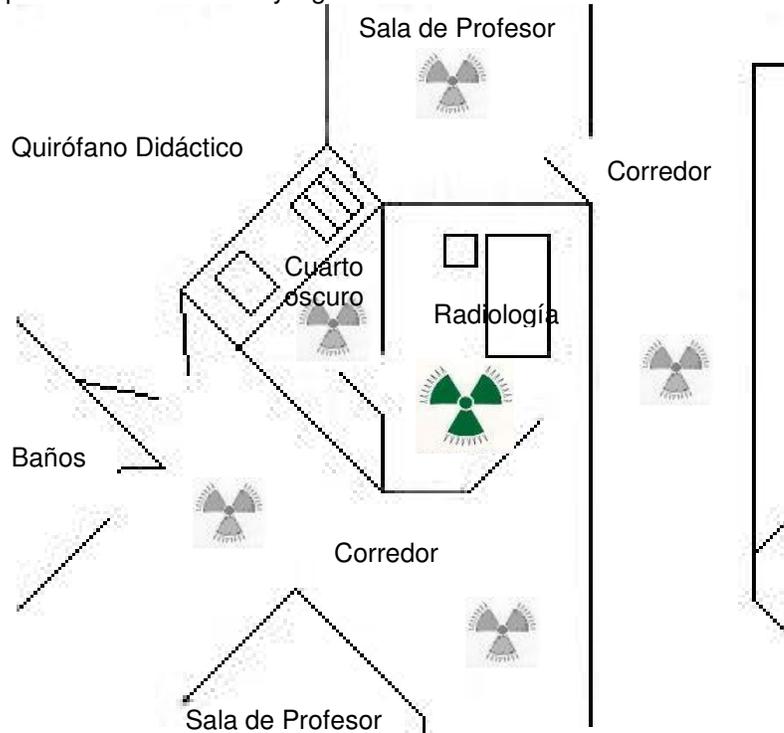
6. Adaptar a la mesa unas manijas con el fin de facilitar la sujeción del paciente con cuerdas o correas, utilizar colchonetas en espuma, forradas en lona para impermeabilizarlas y con diseño en forma de “U” para la colocación del paciente, así se evitarán movimientos e incomodidades que ocasionen la pérdida del disparo, la repetición de la toma de radiografía, la irradiación innecesaria del personal, la pérdida de tiempo, la manipulación exagerada y brusca del paciente y las pérdidas económicas, adquirir un chasis con una sola pantalla intensificadora y películas de una sola emulsión para la toma de radiografías de miembros, de cachorros, pacientes de 1 o 2 kilogramos, de cráneo, en general para objetos pequeños y así disminuir la distorsión y mejorar el detalle.

7. Realizar una debida señalización para la información al público utilizando el logotipo universal de radiación con el respectivo color según la zona.



Dividir y marcar las zonas controladas y vigiladas (Figura 16).

Figura 13. Ejemplo Zonas controladas y vigiladas



8. Recordar que las condiciones de protección radiológica son principalmente:

Distancia: a mayor distancia menor radiación.

Tiempo: a menor tiempo menor exposición.

Blindaje: Plomo (milímetros) o concreto (densidad $2,35 \text{ g / cm}^3$) según las recomendaciones de un profesional capacitado en el área.

9. Solicitar al Comité Paritario de Salud Ocupacional que dirija la solicitud al Jefe de Departamento de Protección de Riesgos Laborales se realice la evaluación del lugar para identificar los puntos de escape de radiación cuando el equipo entra en funcionamiento por ejemplo las barreras de plomo; Implementar el

programa de salud ocupacional para el personal que va a laborar en la sala (Aseguradora de Riesgos Profesionales), aprovechando que la Universidad se encuentra afiliada a la ARP del Seguro Social y así través de ella realizar la contratación de “Dosimetría Personal” para la o las personas que laboren de manera permanente en la sala.

10. Programar las revisiones técnicas de los equipos antes de que ocurran los daños graves, así se asegura una correcta calibración y calidad de funcionamiento, disminuyendo gastos por reparaciones.

11. Realizar la limpieza de las pantallas con el producto comercial que el profesional recomiende o con jabón suave un paño húmedo y dejarlo secar al sol, por lo menos una vez al mes, así se evita la presencia de artefactos y mohos en las películas reveladas.

12. Ubicar otro sitio para el negatoscopio fuera del cuarto oscuro, ya que por recomendaciones técnicas las fuentes de luz blanca deben ser limitadas en esta área.

BIBLIOGRAFÍA

ABC de la Radiología Veterinaria. Electromédical Diagnóstico por Imagen. Febrero 9 de 2002.

<<http://www.electromédical.net/vete14.htm>.

Birchard, Stephen y Sherding, Robert. Manual Clínico de Procedimientos en Pequeñas Especies. 2ª Edición, España: McGraw Hill, 2000. p43-54.

Clasificación y Señalización de Áreas. Universidad de Granada. Servicio de Protección Radiológica. España. Septiembre 21 de 2002.

<<http://www.ugr.es/gabpca/spr>.

Dosimetría Personal y Protección Radiológica. Medirad. Septiembre 21 de 2002.

<<http://www.members.tripod.com/~MEDIRAD/pyr.htm>

Espectro Electromagnético. Astronomía Avanzada. Septiembre 21 de 2002.

<<http://www.geocities.com/astronomíasur/espectro.htm>

Jiménez, Agut y Sánchez, Valverde. Radiodiagnóstico de pequeños animales, México: McGraw Hill, Mayo 1998. p5-23.

Herbert, Hommer. Cien Años del Descubrimiento de los Rayos X. México. Agosto 24 de 2002.

<<http://www.fquim.unam.mx/eq/72/72-pol-1.pdf>

La Luz Visible y el Espectro Electromagnético. El Espectro Electromagnético. Agosto 24 de 2002.

<http://almaak.tripod.com/temas/la_luz_visible_y_el_espectro_ele/.htm

Manual de Protección Radiológica. Sociedad española de Física Médica. Publicación INSALUD #1628

<<http://sefm.es/publicaciones/NotaMPR.doc>

Método Radiológico para Determinación de Osteoporosis en un Modelo Animal. La Imagen Radiográfica. Chile

www.geocities.com/HotSprings/Bath/3931/uta

Microsoft Encarta Encyclopedia Program Manager. Rayos X. Versión. 11.0.0.0816. Redmond, WA, USA

Radiografía Torácica. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies. México. Marzo 16 de 2002.

<<http://www.ammvepe.com/articulos/radiografias.html>

Ramírez, Germán. Curso Protección Radiológica. Oficina de Educación en Salud.
Facultad de Salud Universidad del Valle. Cali. p5-33.

Rodríguez, Mercedes y Martínez, Arnulfo. Uso de los Rayos X en la medicina
Instituto de física de la UNAM. Septiembre 21 de 2002. México.
<<http://www.smf.mx/boletín/Oct-95/ray-med.html>

Técnica Radiológica. Asociación Española de Técnicos de Radiología. España.
Mayo 13 de 2002.
<<http://www.chucm.org/radiología/tecnica.htm>