

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE BIOMÉDICA



**“PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN EQUIPOS DE
RADIODIAGNÓSTICO ESTACIONARIO CON FLUOROSCOPIA”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

ROBERTO ANTONIO CASTILLO MELGAR

CAMILO ERNESTO CEA SÁNCHEZ

JOSÉ FERMÍN DÍAZ MEJÍA

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
HIPÓTESIS.....	11
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	12
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
MARCO HISTÓRICO.....	14
CAPITULO I. GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD.....	17
1.1 INTRODUCCIÓN.....	17
1.2 GARANTÍA DE CALIDAD.....	19
1.3 CONTROL DE CALIDAD.....	23
1.3.1 Responsabilidad de ejecución.....	23
1.3.2 Inicio del control de calidad.....	24
1.3.3 Coordinación.....	24
1.3.4 Evaluación.....	24
CAPITULO 2. REQUERIMIENTOS DE INSTRUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD.....	29
2.1 INTRODUCCION.....	29
2.2 LISTADO GENÉRICO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	31
2.2.1 PROCESADORAS DE PELICULA.....	31
1.1.1.1 Sensitómetro.....	31
1.1.1.2 Densitómetro.....	31
1.1.1.3 Termómetro.....	32
1.1.1.4 Higrómetro.....	33
2.2.2 MEDIDORES DE EXPOSICIÓN.....	33
2.2.2.1 Medidor de propósito general.....	34
2.2.2.2 Instrumento medidor de exposición de área.....	34
2.2.2.3 Medidor de alta sensibilidad.....	34
2.3 EQUIPO DE PRUEBA INVASIVO.....	35
2.3.1 Divisor de alto voltaje.....	35
2.3.2 Cables de alta tensión, aceites y grasas aislantes.....	36
2.3.3 Medidor de mA/mAs.....	36
2.3.4 Multímetro digital.....	37
2.4 EQUIPO DE MEDICIÓN NO INVASIVO.....	37
2.4.1 Dispositivos de prueba del kilo voltaje.....	37
2.4.2 Medidores de tiempo de exposiciones.....	41
2.5 HERRAMIENTAS PARA EVALUACIÓN DEL PUNTO FOCAL.....	41
2.5.1 Patrón de estrella.....	41
2.5.2 Cámara Pinhole.....	42
2.5.3 Cámara de hendidura.....	42
2.5.4 Patrones de barra para resolución.....	42
2.5.5 Stand de alineación.....	43

2.6 FANTOMAS Y MATERIALES ATENUANTES	44
2.6.1 Fantomas para aplicaciones clínicas.....	45
2.6.1.1 Abdomen/Columna lumbar.....	45
2.6.1.2 Cráneo.....	45
2.6.1.3 Extremidad.....	46
2.6.1.4 Pecho.....	46
2.7 INSTRUMENTACIÓN PARA EVALUACIONES FLUOROSCOPICAS	47
2.7.1 Malla para resolución de alto contraste.....	47
2.7.2 Herramienta de prueba del umbral de contraste fluoroscópico.....	47
2.7.3 Herramienta para centrado y alineado.....	48
2.7.4 Herramienta para la evaluación del tamaño y restricción del haz.....	48
2.8 HERRAMIENTAS PARA EVALUACIÓN DE CAMPO LUMINOSO Y RAYOS X.....	48
2.8.1 Herramienta de alineación del colimador.....	48
2.8.2 Tiras de pantalla fluorescente.....	49
2.9 CONTACTO PANTALLA/PELICULA.....	49
2.10 ALINEACIÓN DE LA REJILLA.....	49
2.10.1 Herramienta de prueba de alineación de rejilla.....	49
CAPITULO 3. PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA	
RADIOGIAGNÓSTICO MÉDICO.....	50
3.1 PROTOCOLO ESPAÑOL DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO	50
3.1.1 TECNOLOGÍAS.....	51
3.1.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES.....	51
3.1.1.1.1 Radiación de fuga.....	51
3.1.1.1.2 Parámetros geométricos.....	52
3.1.1.1.3 Calidad del haz.....	57
3.1.1.1.4 Tiempo de exposición.....	59
3.1.1.1.5 Rendimiento.....	59
3.1.1.1.6 Rejilla.....	61
3.1.1.1.7 Control automático de la exposición (CAE).....	63
3.1.1.1.8 Mesa radiográfica.....	66
3.1.1.1.9 Movimiento tomográfico.....	67
3.1.1.2 EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS Y FLUOROGRÁFICOS.....	69
3.1.1.2.1 Parámetros geométricos.....	69
3.1.1.2.2 Fluoroscopia pulsada.....	74
3.1.1.2.3 Rendimiento.....	74
3.1.1.2.4 Control automático de intensidad.....	75
3.1.1.2.5 Tasa de dosis al paciente.....	81
3.1.1.2.6 Señal de video.....	82
3.1.1.2.7 Calidad de imagen en equipos convencionales.....	84
3.1.1.2.8 Equipos fluorográficos.....	88
3.1.1.2.9 Calidad de imagen en sistemas digitales.....	89
3.1.1.3 PROCESADORAS PARA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL.....	92
3.1.1.4 CÁMARAS LASER.....	95
3.1.1.5 DIGITALIZADORES DE PELÍCULAS.....	97
3.1.2 AMBIENTE.....	100
3.1.2.1 CUARTO OSCURO.....	100

3.1.2.2 ALMACENAJE DE PELÍCULAS.....	103
3.1.3 INSTRUMENTACIÓN.....	105
3.1.3.1 Instrumentación para equipos de radiografía convencional.....	105
3.1.3.2 Instrumentación para equipos fluoroscópicos y fluorográficos.....	106
3.1.3.3 Instrumentación para procesadoras.....	107
3.2 REPORTE 74 DE LA AAPM: CONTROL DE CALIDAD EN RADIOLOGÍA PARA DIAGNÓSTICO	108
3.2.1 TECNOLOGÍAS.....	108
3.2.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES.....	108
3.2.1.1.1 Revisiones visuales diarias.....	108
3.2.1.1.2 Tubos de rayos X y Colimadores.....	108
3.2.1.1.2.1 Calidad del haz central.....	108
3.2.1.1.2.2 Campo de luz / Alineación del campo (Congruencia).....	109
3.2.1.1.2.3 Exactitud de la escala X-Y (Indicador del tamaño del campo).....	109
3.2.1.1.2.4 Sistema de Limitación del Campo.....	109
3.2.1.1.2.5 Alineamiento haz de Rayos X – Bucky.....	110
3.2.1.1.2.6 Tamaño del Punto Focal.....	111
3.2.1.1.3 Generadores de rayos X.....	111
3.2.1.1.3.1 Calibración del kilovoltaje.....	112
3.2.1.1.3.2 Cronómetro de Exposición.....	113
3.2.1.1.3.3 Cuantificación del haz (mR/mAs).....	114
3.2.1.1.3.4 Control Automático de Exposición (AEC).....	115
3.2.1.1.4 Rejillas.....	117
3.2.1.1.4.1 Artefactos.....	117
3.2.1.1.4.2 Alineación y Tiempo haz – Rejilla.....	117
3.2.1.1.5 Seguridad Eléctrica.....	118
3.2.1.2 EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS.....	118
3.2.1.2.1 DIARIO.....	118
3.2.1.2.2 MENSUAL	119
3.2.1.2.3 ANUAL.....	119
3.2.1.2.3.1 Índice de exposición típico.....	119
3.2.1.2.3.2 Índices Máximos de Exposición	120
3.2.1.2.3.3 Calidad de la Imagen.....	122
3.2.1.2.3.4 Calibración del Kilovoltaje.....	123
3.2.1.2.3.5 Calidad de la Radiación (HVL).....	123
3.2.1.2.3.6 Rejilla Anti-dispersión	124
3.2.1.2.3.7 Colimación.....	124
3.2.1.2.3.8 Índice de exposición de entrada del intensificador de imagen (IIER)	125
3.2.1.3 PROCESADORAS.....	127
3.2.2 AMBIENTE.....	127
3.2.2.1 CUARTO OSCURO.....	127
3.3 GUÍA TÉCNICA CCEEM GT-07: CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS DE RADIOGRAFÍA.....	130
3.3.1 TECNOLOGÍAS.....	130
3.3.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES.....	130
3.3.1.1.1 Inspección Física de la Instalación.....	130

3.3.1.1.2 Evaluación de la colimación y alineación mecánica del sistema.....	132
3.3.1.1.3 Generador y Tubo de Rayos X	138
3.3.1.1.4 Medición del Tamaño del Punto Focal.....	146
3.3.1.2 PROCESADORAS.....	152
3.3.2 AMBIENTE.....	156
3.3.2.1 CUARTO OSCURO.....	156
3.4 PRUEBAS RECOMENDADAS POR UNRA (EL SALVADOR)	162
3.4.1 TECNOLOGÍAS.....	162
3.4.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES.....	162
3.4.1.1.1 Reproducibilidad de exposición, tiempo y kilovoltaje del equipo.....	162
3.4.1.1.2 Precisión del kilovoltaje y tiempo.....	163
3.4.1.1.3 Linealidad del valor exposición/mas.....	164
3.4.1.1.4 Determinación del valor de la capa hemirreductora (HVL).....	165
3.4.1.1.5 Determinación del tamaño del punto focal.....	166
3.4.1.1.6 Congruencia del haz de radiación con el haz de luz y alineación del rayo central.....	169
3.4.1.1.7 Alineamiento de la rejilla.....	171
3.4.1.2 PRUEBAS PARA EQUIPOS CON COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA... 173	
3.4.1.2.1 Circuito de corrección (densidad óptica en la imagen).....	173
3.4.1.2.2 Reproducibilidad del control automático de exposición.....	173
3.4.1.2.3 Compensación automática a espesor variable.....	174
3.4.1.2.4 Exposición adecuada en las diversas estaciones de mA.....	175
3.4.1.2.5 Función del control de densidad.....	175
3.4.1.3 EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS	176
3.4.1.3.1 Determinación del tamaño del punto focal.....	176
MÉTODO A.....	176
MÉTODO B.....	177
3.4.1.3 PROCESADORAS	183
3.4.2 AMBIENTE	184
3.4.2.1 CUARTOS OSCURO.....	184
3.4.3 INSTRUMENTACIÓN	186
CAPITULO 4. COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS.....	187
4.1 MATRIZ DE COMPARACIÓN.....	187
4.2 ANÁLISIS CUALITATIVO.....	198
4.3 PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PROPUESTO.....	201
4.3.1 INTRODUCCIÓN.....	201
4.3.2 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD	202
4.3.2.1 CONTROL DE CALIDAD DE TECNOLOGÍAS.....	203
4.3.2.1.1 EQUIPOS DE RAYOS X CONVENCIONALES.....	203
4.3.2.1.1.1 CALIDAD DEL HAZ.....	203
4.3.2.1.1.2 TIEMPO DE EXPOSICIÓN.....	209
4.3.2.1.1.3 RENDIMIENTO.....	211
4.3.2.1.1.4 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	212
4.3.2.1.1.5 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN.....	219
4.3.2.1.1.6 REJILLA.....	224
4.3.2.1.2 EQUIPOS DE FLUOROSCOPIA.....	226
4.3.2.1.2.1 CALIDAD DEL HAZ.....	226

4.3.2.1.2.2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	230
4.3.2.1.2.3 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN.....	233
4.3.2.1.2.4 CALIDAD DE LA IMAGEN.....	235
4.3.2.1.3 PROCESADORAS AUTOMÁTICAS	241
4.3.2.2 AMBIENTES.....	247
4.3.2.2.1 Planos.....	247
4.3.2.2.2 Diseño y Construcción	248
4.3.2.2.3 Señalización de zonas.....	252
4.3.2.2.4 Vigilancia Radiológica de Zona.....	253
4.3.2.2.5 Cuarto Oscuro.....	255
4.3.3 GUIA PARA LA EVALUACION DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD	257
4.3.3.1 EVALUACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD DE TECNOLOGÍAS.....	257
4.3.3.1.1 EQUIPOS DE RAYOS X CONVENCIONALES.....	257
4.3.3.1.1.1 CALIDAD DEL HAZ.....	257
4.3.3.1.1.2 TIEMPO DE EXPOSICIÓN.....	259
4.3.3.1.1.3 RENDIMIENTO.....	261
4.3.3.1.1.4 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	261
4.3.3.1.1.5 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN:.....	264
4.3.3.1.1.6 REJILLA.....	265
4.3.3.1.2 EQUIPOS DE FLUOROSCOPIA.....	266
4.3.3.1.2.1 CALIDAD DEL HAZ.....	266
4.3.3.1.2.2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	267
4.3.3.1.2.3 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN:.....	270
4.3.3.1.2.4 CALIDAD DE LA IMAGEN.....	270
4.3.3.1.3 PROCESADORAS AUTOMÁTICAS.....	271
CAPITULO 5. PERFIL DEL PROFESIONAL ENCARGADO DE REALIZAR LAS PRUEBAS.....	273
5.1 Participación en el programa de Garantía de Calidad.....	274
5.2 Habilidades.....	275
5.3 Conocimientos.....	277
CAPITULO 6. APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD.....	278
6.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	278
6.1.1 Información de Tecnologías.....	279
6.1.2 Información de Ambientes.....	282
Tabla 32.....	283
6.2 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	284
6.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS PROTOCOLOS APLICADOS.....	289
CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	298
7.1 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE FACTORES RELACIONADOS. ...	299
1.6.2 COSTOS IRRELEVANTES.....	299
7.1.1.1 Costos en la toma de decisiones.....	299
7.1.1.2 Costos de tramitación de financiamiento.....	300
2.6.2 COSTOS RELEVANTES.....	300
7.2 SELECCIÓN DE PLAZO DE VIDA	301
7.3 SELECCIÓN DE TASA DE INTERÉS.....	301
7.4 ESTABLECIMIENTO DEL FLUJO DE EFECTIVO.....	301

<u>7.5 SELECCIÓN FINAL.....</u>	<u>302</u>
<u>7.6 APLICACIÓN DE UN ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....</u>	<u>302</u>
<u>7.6.1 Costo de las herramientas especializadas.....</u>	<u>302</u>
<u>7.6.2 Costo de otras herramientas.....</u>	<u>304</u>
<u>7.6.3 Costos de calibración.....</u>	<u>304</u>
<u>7.6.4 Costos de los insumos.....</u>	<u>304</u>
<u>7.6.5 Costo de recursos humanos.....</u>	<u>307</u>
<u>7.6.6 Costo por interrupción del servicio.....</u>	<u>309</u>
<u>7.6.7 Depreciación del equipo</u>	<u>309</u>
<u>7.6.8 Imprevistos.....</u>	<u>310</u>
<u>7.6.9 Costos por repetición de estudios en ausencia de control de calidad.....</u>	<u>310</u>
<u>7.6.10 Costos por frecuencia de mantenimientos correctivos.....</u>	<u>312</u>
<u>7.6.11 APLICACIÓN DEL VALOR ACTUAL NETO.....</u>	<u>312</u>
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>318</u>
<u>RECOMENDACIONES.....</u>	<u>318</u>
<u>CONCLUSIONES GENERALES.....</u>	<u>320</u>
REFERENCIAS	
BIBLIOGRÁFICAS.....	363

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los servicios de radiología en Latinoamérica están regulados desde el punto de vista de radioprotección y eficacia de los equipos, siendo estos conceptos íntimamente relacionados. Las autoridades responsables del control de las radiaciones frecuentemente están emplazadas en comisiones nucleares o de energía atómica, las cuales usualmente controlan el espesor del blindaje estructural, la seguridad del equipo, y los niveles de exposición ocupacional y en un menor grado controlan la calidad en los equipos.

Actualmente es necesario desarrollar aún más ampliamente en todos los campos de la medicina programas que aseguren la calidad de los cuidados que se facilitan al paciente. Existen dos áreas de actividad diseñadas para garantizar que los pacientes reciban los beneficios del mejor diagnóstico posible con un nivel aceptable de radiación y al menor costo posible. Estas dos áreas son **garantía de calidad (QA, quality assurance)** y **control de calidad (QC, quality control)**. Cada una definida en el primer capítulo, así como también se da una descripción más detallada a los elementos referentes a dichos conceptos y una breve referencia histórica, aun cuando la garantía de calidad no sea el fundamento para la investigación, sino más el control de calidad de los equipos de rayos x.

Con el proyecto se pretende demostrar la importancia clínica y diagnóstica, al igual que el beneficio económico de la incorporación de un programa de control de calidad; además de presentar un protocolo propuesto de control de calidad para equipos de radiodiagnóstico médico, protocolo compaginado y definido sobre la

base de las condiciones locales y actuales. La investigación cita ciertos protocolos internacionales recopilados y tomados como base para la elaboración del protocolo propuesto, detallando para cada uno de estos las pruebas a desarrollar durante un control de calidad.

Para que el lector conozca los elementos involucrados y coincida con la hipótesis planteada, respecto a las bondades de la aplicación del programa de control de calidad, es importante desarrollar una comparación entre las pruebas contenidas en cada uno de los protocolos. Esta comparación se visualiza a través de una matriz, donde se han enumerado todas las pruebas. A partir de dicha matriz se elabora un nuevo protocolo propuesto, el cual contiene las pruebas de mayor relevancia diagnóstica y aplicabilidad para tecnologías de fluoroscopia y rayos x convencionales de nuestro medio.

El protocolo de control de calidad permitirá evitar desperdicio de insumos tales como: películas, líquidos de revelado, y aumento del riesgo a los pacientes examinados. Por supuesto es importante mencionar que la calidad de los equipos no es lo único que influye en los aspectos que se pretenden evitar, pero sí constituye la información principal desarrollada en el presente trabajo. Por tanto, se han definido tanto el objetivo general, perseguido por el grupo, como cada uno de los objetivos específicos a cumplir con la realización de la investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cada instalación en donde se utilicen radiaciones ionizantes con fines de diagnóstico, pretende brindar el mayor beneficio a los pacientes, de tal forma que la realización del examen produzca un acertado resultado con el mínimo riesgo y el mínimo de dosis. Esto no es realizable sin el óptimo funcionamiento de cada una de las tecnologías utilizadas en las instalaciones para dicho fin, por otra parte las técnicas implementadas en la realización de las exploraciones es otro aspecto que incide directamente en el objetivo principal de un departamento de radiodiagnóstico.

En países como El Salvador las restricciones presupuestarias, así como la mala administración hospitalaria, impiden la necesaria renovación de los equipos de rayos x ocasionando un atraso tecnológico significativo en este servicio. Salvo en establecimientos contruidos recientemente, en la mayoría de los servicios los equipos de radiodiagnóstico tienen un tiempo de operación de entre veinte y

treinta años¹ y se caracterizan por su ausencia, productividad disminuida, menor eficiencia y por consiguiente mayores costos y baja calidad. Son estas restricciones, el origen de otro conflicto: la carencia de repuestos, necesarios para el sostenimiento de las tecnologías, convirtiéndose en una causa de interrupción de los servicios de radiología.

Por otro lado el resultado de la ausencia de documentación adecuada es el potencial diagnóstico erróneo debido a una imagen radiológica de pobre calidad, una alta probabilidad de sobre exposiciones a los pacientes, disminución de la vida útil de los equipos y repetición de estudios, lo que se traduce en aumento de costos de operación a largo plazo para la institución. Los criterios más cercanos para el control de calidad son los empleados por la UNRA, para otorgar permisos de operación a las fuentes de radiación ionizante, pero no se dispone de protocolos estrecha y exclusivamente relacionados con aquellas utilizadas únicamente para diagnóstico médico, que se basen en la situación efectiva salvadoreña, las condiciones actuales de las instalaciones y tecnologías existentes y que permitan llevar un control a partir de dichas condiciones iniciales para el desarrollo de futuras pruebas de calidad.

HIPÓTESIS

Las condiciones en que se encuentran los equipos utilizados para el diagnóstico por rayos x en instituciones del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social no son aptas para la obtención de imágenes bajo el criterio de garantía de calidad.

Por tanto la aplicación de un programa de control de calidad define una directa y positiva incidencia no solo sobre la imagen radiográfica sino también sobre el

¹ Organización, desarrollo, garantía de calidad y radioprotección en los servicios de radiología, imagenología y radioterapia, Cari Borrás, DSc, FACR.

estado de las tecnologías y las instalaciones utilizadas para la obtención de la imagen, además la aplicación de estos requiere una supervisión bien organizada, así como los mecanismos técnicos y administrativos que hagan posible su cumplimiento.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Ninguna práctica con radiaciones ionizantes debe ser aceptada si no existen evidencias de que la misma producirá, para los individuos o la sociedad, beneficios que compensen el posible detrimento que puede generar.

Por otra parte la aplicación de un protocolo de control de calidad orientado a equipos de radiodiagnóstico estacionarios y con fluoroscopia, cerciora el cumplimiento de la directriz recién definida.

Se vuelve evidente, entonces, la necesidad de desarrollar protocolos de control de calidad, enfocados a la realidad nacional salvadoreña, que aseguren el óptimo desempeño de las unidades.

Con el proceso recién descrito se pretende definir una guía confiable para la práctica del control de calidad a equipos de radiodiagnóstico estacionarios y con fluoroscopia existentes en el medio salvadoreño, guía apegada a la realidad nacional y a los instrumentos de medición disponibles.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar protocolos de control de calidad para equipos de radiodiagnóstico estacionarios y con fluoroscopia aplicables en los servicios de apoyo por imágenes médicas dentro de instituciones salvadoreñas dedicadas al cuidado de la salud.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recopilar y analizar al menos tres protocolos de control de calidad utilizados en Latinoamérica, América del Norte y Europa, respectivamente. La recopilación incluirá el control de calidad para instalaciones de radiodiagnóstico médico.
2. Comparar los protocolos investigados en relación a las pruebas de control de calidad recomendadas por la autoridad competente a través de la Unidad Asesora y Reguladora de Radiaciones Ionizantes (UNRA), y a partir de esta comparación elaborar y comentar un nuevo protocolo propuesto, el cual será adaptado a la realidad salvadoreña.
3. Aplicar los protocolos desarrollados al menos en tres instituciones hospitalarias con dos salas de rayos x, e incluir en los protocolos aspectos relacionados con las instalaciones de dicha institución.
4. Especificar los accesorios y características técnicas de las tecnologías requeridas para aplicar eficiente y confiablemente los protocolos de control de calidad.
5. Definir el perfil de los profesionales encargados de ejecutar y gestionar los protocolos de control de calidad.
6. Hacer un estudio costo beneficio de la aplicación de las pruebas de control de calidad.
7. Realizar un análisis de los equipos de las instituciones en estudio.

MARCO HISTÓRICO

El campo de la radioprotección o física médica, más propiamente llamada, ha crecido desde el descubrimiento paralelo de los rayos x y la radioactividad en los últimos años del siglo XIX. Los rayos x, descubiertos por el médico alemán Wilhelm Konrad Roentgen el 8 de Noviembre de 1895, fueron presentados formalmente por primera vez al mundo en un reporte a principios de 1896. Dos meses después del anuncio general del descubrimiento de los rayos x, el médico francés Henri Becquerel, comunicó al mundo su descubrimiento de rayos similares emitidos por sales de uranio.

El uso generalizado e irrestringido de los rayos x, inevitablemente, conllevaron al desarrollo de lesiones. A menudo, las lesiones no eran atribuidas a la exposición a rayos x, mayormente porque simplemente no existían razones para la sospecha que eran estos la causa. De cualquier manera, algunos científicos notaron los efectos en la piel y pronto comenzaron a relacionar la exposición de rayos x con las quemaduras en la piel. La primera advertencia acerca de los posibles efectos adversos de los rayos x vinieron de parte de Thomas Edison, William J. Morton y Nikola Tesla quienes, independientemente, reportaron irritación en los ojos debido a la continua experimentación con rayos x y sustancias fluorescentes. Estos efectos fueron en su mayoría no atribuidos a los rayos x, sino a forzar demasiado la vista o posiblemente debido a la radiación ultravioleta de la fluorescencia.

En Noviembre de 1896, Elihu Thomson, médico norteamericano, deliberadamente expuso el dedo meñique de su mano izquierda a radiación por varios días, media hora diaria. Los resultados (dolor, inflamación, entumecimiento, eritema y ampollas) eran convincentes para Thomson y otros, pero no para todos. Muchos prominentes médicos aún negaban que los rayos x representaran en alguna manera riesgo.

Por el año de 1900, cuatro años después del descubrimiento de los rayos x, por la comunidad médica y científica se definió que el frecuente e intensivo uso de la radiación podía producir quemaduras de piel. La reducción del tiempo de exposición y frecuencia fue la más obvia e inmediata manera de reducir la dosis al paciente, algunos comenzaron a utilizar tubos confinados y a implementar un mayor distanciamiento de este para protegerse ellos mismos. El concepto de filtración de rayos x fue propuesto antes del año de 1900 así como lo fue la limitación del tamaño del haz (colimación). Otras técnicas, incluyendo el uso de pantallas intensificadoras para reducir el tiempo de exposición y mayores voltajes para la generación de los rayos x, fueron también utilizadas para minimizar la dosis al paciente. El ímpetu para proveer una más efectiva protección al paciente fue impulsado por el hecho que las leyes decidían a favor de los pacientes afectados por estudios de radiodiagnóstico en casos de mala práctica.

En el periodo de 1896 a 1904, un dentista de Boston llamado William Herbert Rollins, llevó a cabo varias contribuciones a la emergente ciencia de la radiología, entre estas las de mayor relevancia son por ejemplo: La introducción de carcasas plomadas para los tubos, colimadores, y otras técnicas (incluyendo el desarrollo de tubos de alto voltaje) para limitar las dosis.

Un evento poco difundido aunque muy significativo para la física médica, se reportó en Octubre de 1907 a la American Roentgen Ray Society. En la reunión, Rome Vernon Wagner, un fabricante de tubos de rayos x, reportó que en un intento por controlar las exposiciones a su personal, había empezado a cargar placas fotográficas en su bolsillo y a revelar las placas cada mañana para determinar si había estado sujeto a exposición. Esta práctica, que aparentemente no fue de uso tan difundido, claramente fue el inicio del monitoreo de personal y el antecesor del dosímetro.

Uno de los mayores descubrimientos en este periodo fue la adopción de las recomendaciones referentes a radioprotección de la British Roentgen Society (1915) y la American Roentgen Ray Society (1922).

En 1925 se inició una era de progreso, que abarcó hasta 1945, en cuanto a radioprotección; Arthur Mutscheller, en ese mismo año, propuso los primeros límites de dosis permisibles, equivalente a alrededor de 0.2 rem por día.

En la década de 1920 hubo grandes avances en radioprotección, tales como la introducción de dosímetros, reconocimiento de los efectos genéticos de los rayos X, y la adopción de una unidad de medida de radiación (el Roentgen) por el Second International Congress on Radiology en 1928.

Fue en el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos de América del Distrito de Manhattan que el término “Física Médica” nació y grandes avances en cuanto a radioprotección se llevaron a cabo. A partir de este impulso inicial, los líderes del distrito reconocieron que se crearía una nueva e intensa fuente de radiación y radioactividad, y por tanto, en 1942, se le consultó a Ernest O. Wollan, un físico de la Universidad de Chicago, para que formara un grupo de estudio y control de los riesgos de la radiación, así pues, Wollan fue el primero en cargar con el título de físico médico.

La física médica tiene a la física como pilar fundamental y a la que confluyen significativamente otras ciencias como la biología, la química y las ciencias de la salud; no es propiamente una rama de la física, sino el campo que abarca todas las aplicaciones de la física a la medicina.

Dentro del distrito de Manhattan, el título físico médico parece haber sido derivado, en parte por la necesidad de discreción (y por lo tanto un nombre o código para actividades relacionadas a radioprotección) y el hecho que eran un grupo en su

mayoría físicos trabajando en problemas relacionados a la salud. Por lo tanto, sus actividades incluían el desarrollo de instrumentos apropiados de monitoreo, controles físicos, procedimientos administrativos, monitoreo de áreas y personal, disposición de desechos radioactivos, en resumen, el completo espectro de problemas relacionados a radioprotección. Muchos de los conceptos modernos de protección nacieron en Manhattan, incluyendo la unidad rem, la cual toma en cuenta la efectividad biológica de la radiación, y la máxima concentración permisible para la radioactividad.

En 1967 la Asociación Americana de Física Medica (AAPM) publicó un protocolo para garantía de la calidad, enfocado a proveer una guía para los técnicos radiólogos envueltos en la implementación de un programa de garantía de calidad en radiología diagnóstica. Desde el tiempo en que este fue decretado, la radiología diagnóstica ha experimentado cambios fundamentales que han influenciado directamente los requerimientos actuales de dicho programa.

En 1994, la AAPM publicó una serie de reportes en el "Rol del Físico Medico Clínico en Radiología Diagnostica", el cual incluía la siguiente afirmación: *"La responsabilidad primaria del físico médico en un programa de imaginología es el desarrollo y supervisión del programa de seguridad de calidad cuantitativa"*.

CAPITULO I. GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

1.1 INTRODUCCIÓN

La gestión de la calidad comenzó siendo originalmente relativa solamente a la actividad de la empresa. Durante muchos años se desarrolló con criterios y aplicaciones dispares, sin una guía definida y su práctica fue ocasional e intuitiva.

Es a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando comienza a darse a la gestión de la calidad el carácter de función específica y hacerla aparecer como norma explícita en los organigramas de las compañías.

No se puede hablar, en realidad, de algún momento claramente determinado en el que la gestión de la calidad cambia de forma brusca y radical al pasar de una etapa a la siguiente. Se trata más bien de ideas y conceptos que han ido incorporándose a los ya existentes y conviven con ellos, pero que marcan las tendencias seguidas por la mayoría de las empresas en lo sucesivo, con las diferencias lógicas en tiempo e intensidad, según sea el área geográfica.

Una definición de calidad, enfocada a la ciencia de la salud, que recoge un largo proceso nacido aún desde antes de la década de los 50 y vincula el esfuerzo en el sector industrial, es la del doctor Avedís Donabedian, la persona más reconocida mundialmente en el tema. Se refiere a la calidad como una propiedad de la atención médica; puede ser obtenida en diversos grados, y la define como: lograr los mayores beneficios, con los menores riesgos posibles para el paciente, dados ciertos recursos.

Con base en esta definición, construir un sistema de garantía de calidad implica tener un conjunto de acciones sistemáticas, continuas y deliberadas, dirigidas a evitar, prevenir o resolver oportunamente situaciones que puedan afectar negativamente la obtención de los mayores beneficios posibles para los pacientes, con los menores riesgos. Estas acciones se relacionan con el diseño del sistema de salud, con la gestión que se lleve a cabo para que este diseño cumpla sus objetivos, con la información que se recoja para mirar su desempeño y con las acciones que se emprenden para corregir sus deficiencias.

Los resultados de la atención en salud están determinados por una compleja gama de variables, que no son fácilmente controlables. Es común que el nivel de calidad de la atención recibida por un usuario difiera mucho de la deseada, y se vuelve obvio entonces que la variación en la calidad de la atención ofrecida por diferentes profesionales de salud y hospitales, es inmensa, como respuesta a muchos factores y fenómenos que ocurren en los sistemas de salud.

El presente capítulo, de una forma breve, pretende hacer una revisión conceptual de lo que es garantía de calidad y de sus instrumentos.

1.2 GARANTÍA DE CALIDAD

Desde el punto de vista industrial, con el desarrollo económico y tecnológico surgen empresas que asumen que es más rentable prevenir los fallos de calidad que corregirlos o lamentarlos, y se incorpora el concepto de la "prevención" a la gestión de la calidad, que se desarrolla sobre esta nueva idea, bajo la denominación de aseguramiento o garantía de la calidad.

La garantía de la calidad es un sistema y como tal, es un conjunto organizado de procedimientos bien definidos y entrelazados armónicamente, que requiere unos determinados recursos para funcionar. La garantía de la calidad no sustituye al control de calidad sino que lo absorbe y lo complementa. Dentro de la organización, el aseguramiento de la calidad sirve como herramienta de gestión.

A partir de esto, surge una filosofía, una cultura, una estrategia, un estilo de gerencia, que no posee unos perfiles definidos que permitan acotarla, y se conoce como **Calidad Total**.

La calidad total supone un nuevo e importante enriquecimiento de la función de la calidad en las empresas, aunque, al no ser un sistema como la garantía de la calidad y al dar lugar a la descentralización de las actividades de prevención y control, hace que los departamentos de calidad pierdan su relevancia y, llegado el caso, su sentido.

El mejoramiento de la calidad se ha convertido en la estrategia fundamental no sólo en el negocio corporativo sino en todas las disciplinas de la industria, tecnología e incluso medicina.

Es así como instituciones como la Organización Mundial de la Salud [1] dan una definición de dicho concepto:

“La garantía de calidad son todas aquellas acciones planificadas y sistemáticas necesarias para ofrecer la confianza adecuada en que una estructura, sistema o componente funcionará satisfactoriamente. Funcionamiento satisfactorio en servicio implica la calidad óptima de todo el conjunto del proceso diagnóstico es decir, la producción consistente de información diagnóstica adecuada con la mínima exposición de pacientes y personal.”

De esta definición se deduce que la garantía de calidad es un instrumento de gestión que trata de asegurar que cada examen o tratamiento en un departamento de radiología sea el necesario y apropiado al problema médico; realizándose:

- De acuerdo a protocolos clínicos aceptados con anterioridad
- Con personal adecuadamente adiestrado
- Con equipo debidamente seleccionado y funcionando
- Con la satisfacción de los pacientes y los médicos referentes
- En condiciones seguras
- Con un mínimo costo

Por lo tanto, un programa de garantía de calidad debe incluir revisiones periódicas de los patrones de referencia, los protocolos clínicos, las oportunidades de educación continua del personal, las inspecciones de la instalación, las evaluaciones del equipo y los procedimientos administrativos relacionados con la compra de suministros y la facturación. Su meta máxima es la mejora asistencial al enfermo. Los procedimientos y la frecuencia de las revisiones pueden ser dictados por una autoridad nacional o ser recomendados por una organización profesional.

Es decir, que desde la decisión de captar la imagen de una estructura anatómica hasta que se realiza el diagnóstico sobre la impresión obtenida, se realiza una serie de complejas actividades en la que están implicados diferentes procesos físicos, equipos tecnológicos y médicos especialistas.

A cada posible fallo en alguno de estos elementos cabe asociar un detrimento en la calidad de la imagen final o un aumento en la dosis de radiación que recibe el paciente, o en el peor de los casos, ambos efectos.

El personal implicado en una instalación de radiodiagnóstico deberá organizarse para asegurar que las imágenes producidas por dicha instalación tengan una calidad suficientemente elevada que permita obtener en todo momento la información diagnóstica adecuada, al menor costo posible y con la mínima exposición del paciente a las radiaciones.

Existen ciertas directrices a las que es importante apegarse:

1. Esfuerzo organizado

Requiere una participación real de todo el personal de la instalación implicado en el proceso de adquisición de la imagen. Si bien el programa deberá estar supervisado por un especialista en control de calidad; y algunas medidas y controles requerirán instrumentación específica y personal especialmente adiestrado, los objetivos del programa únicamente se alcanzarán si todo el personal que interviene en el proceso diagnóstico, desde la persona que solicita la exploración hasta la que elabora los informes, conoce los objetivos del programa y la forma en que, con los elementos que están bajo su competencia, puede influir en el producto final.

2. Continuidad

Es preciso garantizar que los requisitos, en cuanto a calidad de imagen, dosis o costos, se cumplan de forma continuada por lo que será de esencial importancia el realizar controles de calidad de forma periódica, para la aseguranza de la premisa anterior.

3. Calidad de Imagen

Deben desarrollarse procedimientos para evaluar la calidad de las imágenes obtenidas en las instalaciones.

4. Dosimetría

Para valorar el cumplimiento del principio de optimización de dosis que recibe el paciente, será preciso desarrollar procedimientos de medida adecuados; ello se podría realizar haciendo un muestreo de forma periódica y aleatoria de las dosis impartidas a los pacientes en las diferentes salas y para los estudios más significativos.

5. Costos

Las exploraciones deben realizarse al menor costo posible, lo cual implica conocer la repercusión económica de cada estudio, al menos de forma aproximada.

Los costos a los que se refiere la definición del programa de garantía de calidad incluyen aquellos costos directos (películas radiográficas, mantenimiento y amortización de los equipos, tiempo de especialista y personal técnico, etc.) y los derivados del riesgo radiológico al paciente y al personal de operación. En este sentido merece la pena destacar que un programa de garantía de calidad impacta directamente sobre la protección radiológica no sólo del paciente sino también sobre la del profesional expuesto.

La introducción de programas de garantía de calidad supone gastos derivados de la adquisición de la instrumentación apropiada para realizar los controles (incluyendo el material utilizado), del tiempo invertido en realizar los controles, y que suponen una interrupción en la utilización clínica de los equipos, y del tiempo de personal especializado requerido para realizar los controles y evaluar los resultados. Los beneficios pueden concretarse en una mayor vida útil de los equipos, un uso más efectivo de las dosis impartidas a los pacientes, una disminución en el riesgo al personal de operación, una mayor capacidad para atender a un número mayor de pacientes, un menor consumo de material y un menor número de interrupciones imprevistas del servicio.

De igual manera se suponen las directrices o elementos, necesarios de definir, para la puesta en marcha del proceso de control de calidad

1.3 CONTROL DE CALIDAD

Este documento tratará principalmente de las pruebas específicas requeridas para asegurar el funcionamiento eficaz y seguro del equipo de radiodiagnóstico. Estas pruebas, que son parte del concepto de garantía de calidad, se denominan generalmente de control de calidad.

Este concepto es definido por la Organización Mundial de la Salud [1] como:
“El conjunto de operaciones (programación, coordinación, puesta en práctica) dirigidas a mantener o mejorar una estructura, sistema o componente. Aplicado a un proceso diagnóstico, incluye monitorización, evaluación y mantenimiento en niveles óptimos de todas aquellas características de funcionamiento que puedan ser definidas, medidas y controladas.”

El control de calidad enfocado a equipos de radiodiagnóstico medico se refiere a todo el conjunto de pruebas que conllevan a verificar el óptimo funcionamiento de los equipos de rayos x, todo ello a través de controles permanentes del estado de cada uno de los componentes que se ven involucrados en el desarrollo de estudios médicos con rayos x.

Los aspectos requeridos son:

1.3.1 Responsabilidad de ejecución

Los procedimientos de control de calidad pueden ser obligatorios o simplemente recomendaciones de un organismo profesional, en cualquiera de los casos, la responsabilidad de su ejecución dentro de un departamento de radiología recae en el titular de la institución. Según la complejidad del departamento, la tarea puede asignarse a una o varias personas, como el jefe del área para apoyo y supervisión

más directa por ejemplo, pero al menos un individuo debe asumir la responsabilidad.

1.3.2 Inicio del control de calidad

Los programas de control de calidad deben iniciarse desde las pruebas de aceptación, cuando aplique. La diferencia principal entre las pruebas de aceptación y las pruebas de control de calidad es que las primeras se hacen para comprobar las especificaciones del fabricante, utilizando la metodología y el instrumental indicado por el fabricante; mientras que, las pruebas de control de calidad deben controlar el funcionamiento del equipo en condiciones clínicas regulares.

1.3.3 Coordinación

Los procedimientos de control de calidad también necesitan estar coordinados con los programas de mantenimiento. El departamento de mantenimiento, o empresa externa si aplica, debe contactar a la persona responsable del control de calidad después de cada servicio realizado en el equipo que pueda afectar las características de formación de imágenes o de radiación. Los informes de servicio técnico siempre deben consultarse antes de iniciar cualquier prueba con el fin de evaluar adecuadamente el grado y la repercusión de los posibles cambios.

1.3.4 Evaluación

Para evaluar el éxito de cualquier programa es necesario desarrollar variables indicadoras que puedan brindar un valor cuantitativo más que una idea cualitativa sobre el desempeño del mismo. Para el programa de control de calidad, los indicadores pueden estar relacionados con la eficacia del examen, la seguridad o la economía. Para que el programa sea eficaz, los costos incurridos en su desarrollo y su ejecución han de estar compensados por los beneficios que producirá. A veces, este beneficio es difícil de medir en términos de calidad de imagen, ya que por ejemplo, puede ser difícil evaluar una mejora en el acierto de un diagnóstico debido a las mejoras en la calidad de una imagen; aunque es más que evidente en

términos de seguridad y reducción de dosis, al igual que en términos económicos, ahorro en placas, reducción de procedimientos correctivos, repuestos, interrupciones del servicio, etc.

En cualquiera de los indicadores o parámetros es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- **Llevar un registro escrito de los controles efectuados.**

En él se anotará el resultado del control (valores numéricos de los parámetros medidos, en su caso), las anomalías encontradas, si procede, las acciones correctoras propuestas y el seguimiento de las reparaciones. Dichos registros serán una fuente importante de información para evaluar la efectividad de las medidas de corrección llevadas a cabo y definir estrategias de sustitución de equipos y de futuras compras, sirviendo además para aportar criterios que permitan seleccionar los equipos más adecuados.

- **Disponer de un manual de procedimientos de los controles a realizar.**

Es esencial que en dicho manual consten las tolerancias en los parámetros a medir, en función de la consecución de los objetivos alcanzados en las primeras fases de control de calidad, que permitan inferir en qué momento deberían tomarse acciones correctoras.

- **Evaluar la eficacia del programa de garantía de calidad.**

El equipamiento y su estado en los servicios de radiodiagnóstico están sujetos a modificaciones y detrimentos, así que los programas de garantía de calidad deben ser lo suficientemente flexibles y adaptables a los cambios del propio servicio. Por ello, también, es preciso disponer de procedimientos de seguimiento y estimación de la eficacia del propio programa de garantía de calidad a través del monitoreo de variables indicadoras. Los indicadores del éxito del programa podrán ser, como

ejemplo, la reducción en el número de imágenes rechazadas o repetidas, la reducción en el número de interrupciones del servicio por avería en los equipos, la reducción en las dosis a los pacientes y personal, reducciones en la necesidad de repuestos y de suministros (como películas y pantallas).

Los aspectos y recomendaciones recién mencionadas para el adecuado desarrollo de un programa de control de calidad deben aplicarse en toda la instalación, incluyendo el cuarto oscuro, ya que la mayoría de departamentos de radiología emplean películas radiográficas para el registro de imágenes. Por lo que necesario de igual manera el definir variables indicadoras para las procesadoras de película, tanto manuales como automáticas, se requiere mantener un registro diario de las temperaturas del líquido revelador y del agua, por ejemplo, así como de la tasa de refuerzo, el flujo de agua y los procedimientos de limpieza y mantenimiento. Las pantallas requieren una inspección, limpieza regular y una comprobación periódica del contacto pantalla/película.

Un método muy eficaz para evaluar la calidad de las películas producidas es la ejecución de un programa de análisis de rechazo de películas, en el cual se expliquen periódicamente las razones por las cuales se desecharon las películas. Las películas sobreexpuestas sistemáticamente que procedan del mismo equipo pueden señalar un generador indebidamente calibrado. La colocación indebida de pacientes o las proyecciones anatómicas con secciones incompletas en películas tomadas por el mismo tecnólogo pueden descubrir deficiencias en su adiestramiento. Así, se pueden ejecutar fácilmente acciones correctivas.

Un análisis más complejo de películas incluye la medición periódica de densidades ópticas en radiografías típicas mediante cálculos porcentuales de la atenuación de la cantidad de fotones emitidos por un foco de radiación y los que son detectados tras haber atravesado un volumen de tejido, función realizada por un densitómetro; instrumento que se detallará en un apartado posterior.

Antes de comprobar los parámetros de funcionamiento y medir las características de la radiación, deben verificarse tanto la integridad como la estabilidad mecánica a demás de la integridad y seguridad eléctrica de las unidades, de conformidad con las especificaciones del fabricante.

Las pruebas iniciales deben incluir la comprobación de la exactitud de los indicadores (escalas, medidores, visualizaciones digitales) y el funcionamiento adecuado de los interruptores y enclavamientos de emergencia para finalizar la exposición. Las pruebas mecánicas y ópticas deben comprobar todas las partes móviles, como el colimador; así como los movimientos del sistema de soporte de pacientes.

De igual importancia es la comprobación de la alineación y la limitación del haz de radiación. La medición de las características de radiación incluye la comprobación de los controles del generador (potencial del tubo, corriente del tubo y tiempo de radiación). Las determinaciones de la calidad del haz incluyen la medición de la capa hemirreductora y la relación de penetración del haz a dos profundidades diferentes para aquellas de alta energía. Las determinaciones de dosis absorbida requieren que la dosis se mida con dosímetros calibrados en aire para cada calidad del haz, a la distancia, tamaño del campo y profundidades en uso clínico, con la ayuda de un atenuador o *fantoma*.

Los dosímetros con los cuales se hacen las mediciones necesitan ser calibrados periódicamente. Esta calibración debe hacerse en un laboratorio de calibración dosimétrica (LCD). Hay 73 laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LCSD) del Organismo Internacional de Energía Atómica/Organización Mundial de la Salud (OIEA/OMS) [1], en 56 países, 43 de los cuales son países en desarrollo. En la región de americana, éstos están ubicados en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Cuba, Guatemala, México, Perú y Venezuela.

Adicionalmente el control de calidad debe incluir la comprobación de todos los equipos periféricos, incluyendo los programas de computación en caso que existan.

Los parámetros básicos del tubo de rayos x que recomendablemente se debieran evaluar son: calidad del haz (potencial del tubo y filtración), tamaño del punto focal, distancia del receptor de imagen a la fuente y corriente del tubo y tiempo.

La reproducibilidad de los factores seleccionados para cada proyección radiográfica debe verificarse periódicamente para reducir al mínimo las repeticiones de exámenes debidas a inconsistencias del tubo o del generador de rayos x. Esto es particularmente importante cuando el sistema emplea controles de exposición automática; los procedimientos y parámetros a evaluar según el protocolo desarrollado por los autores se definirán en un posterior capítulo.

En los sistemas fluoroscópicos, deben evaluarse periódicamente las características de la cadena de formación de imágenes —fósforo de entrada, intensificador de imagen, espejo, cámara de televisión, fósforo de salida y monitor de televisión— así como los convertidores análogo-digitales y otros dispositivos de registro electrónico, si existieran. El circuito de control de exposiciones automáticas necesita ser revisado periódicamente para verificar el rango y la saturación; cuando la tecnología para la evaluación lo permite (métodos invasivos). Deben determinarse las tasas de dosis absorbida al nivel del fósforo de entrada y a la superficie del paciente en todas las condiciones clínicas junto con los valores correspondientes de resolución espacial. Otros parámetros de formación de imágenes a evaluar en sistemas fluoroscópicos son la distorsión de la imagen, la persistencia de la imagen, el brillo excesivo y los factores de conversión relativa de los intensificadores de imagen. De igual manera, los factores a evaluar y los procedimientos para ello se describen posteriormente; aunque cabe adelantar que no se proponen en el protocolo desarrollado pruebas de evaluación invasivas en el equipo de rayos x.

REQUISITOS PRINCIPALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Los programas de control de calidad requieren:

1. Instrumentos de prueba.
2. Protocolos a aplicar, que precisen las pruebas a realizar y los criterios de aceptación para estas, frecuencias de realización, formatos de los formularios, etc.
3. La participación de profesionales debidamente adiestrados para comprobar los parámetros técnicos

CAPITULO 2. REQUERIMIENTOS DE INSTRUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD

2.1 INTRODUCCION

Este apartado se desarrolla para aquel profesional responsable de pruebas de aceptación o pruebas de control de calidad en instalaciones radiológicas. El apartado tiene como objetivo brindar el listado de los instrumentos recomendados en forma teórica, más no como el obligatorio para la realización eficaz del control de calidad.

Parte del equipamiento incluido está destinado a ser usado solamente para pruebas de control de calidad, mientras que otros pueden ser utilizados para ambos, pruebas de control de calidad y de aceptación. Todos los resultados de cualquier medición deben ser interpretados por un profesional calificado, la decisión sobre que instrumento es requerido para cada circunstancia tendrá que ser determinada en una base caso por caso por el profesional. La decisión dependerá del tipo de prueba a realizarse, del tipo de equipo a evaluar, usuario previsto, y situación económica; es decir capacidad adquisitiva. Varios de los siguientes equipos son mucho más sensibles a errores de manipulación, y

dependen en gran medida de la geometría establecida, de la energía de haz, entre otras.

A continuación se recopila el listado de equipos recomendados con las especificaciones técnicas más comunes, como una base para cuando se adquiera equipamiento para la evaluación de unidades de rayos x radiográficas y fluoroscópicas [2].

A. Control de Calidad:

1. Medidor no invasivo de exposición
2. Instrumento de medición no invasivo de kVp
3. Medidor no invasivo de tiempo
4. Aluminios para determinación del HVL
5. Materiales atenuadores/fantomas para evaluación del Control Automático de Exposición y Control Automático de Brillo fluoroscópico.
6. Herramienta de prueba para el punto focal
7. Herramientas de prueba para evaluación de imagen
8. Sensitómetro, densitómetro, higrómetro y termómetro para evaluación de procesadora
9. Herramienta de prueba de rejilla y receptor de imagen
10. Herramientas de prueba para alineación del campo de luz/campo de radiación, limitación positiva del haz y alineación fluoroscópica

B. Equipo adicional requerido para pruebas de aceptación:

1. Equipo de prueba invasivo
 - a) Divisor de voltaje
 - b) Medidor mA/mAs
 - c) Multímetro digital
 - d) Osciloscopio
2. Cámara de hendidura, stand y magnificador para medición del punto focal
3. Generadores de patrones de pruebas de video

2.2 LISTADO GENÉRICO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

2.2.1 PROCESADORAS DE PELICULA

Para una procesadora automática de películas es importante que mantenga el químico revelador a una temperatura adecuada. También es necesario determinar la calidad de la procesadora a partir de la película revelada según la densidad generada.

A continuación se definen los instrumentos necesarios para la obtención de una medida cuantitativa de la respuesta de la película a la exposición y revelado para comprobación de la estabilidad de la procesadora automática de películas [3]:

1.1.1.1 Sensitómetro.



Este es un dispositivo que se utiliza en la película, antes de ser sometida al revelado, su función principal es marcar en la película una serie de pasos de forma gradual, a un específico y controlado aumento de intensidad de luz, que luego serán medidos con un densitómetro después del proceso de revelado.

Entre las características principales de un Sensitómetro están las siguientes:

- Exposición lateral simple y doble.
- Rango de densidad de 21 pasos
- Estabilidad
- Reproducibilidad
- Con capacidad de calibración.

1.1.1.2



Densitómetro

Es un instrumento utilizado para determinar la densidad óptica de la tira expuesta por el Sensitómetro.

Las características que se consideran para el densitómetro son las siguientes:

- Rango de densidades desde 0.00 D.O.² hasta 3.5 D.O. como mínimo
- Reproducibilidad
- Exactitud
- Apertura: 2.5 mm
- Iluminación propia
- Referenciado internamente.

1.1.1.3 Termómetro



² D.O. son las iniciales de Densidad Óptica, que es la unidad de medida del grado de ennegrecimiento o de opacidad de una película radiográfica, esta densidad determina la transmisión de la luz a través de la película.

Realiza la medición de temperatura del químico revelador contenido en la procesadora. Esta herramienta debe ser preferiblemente digital, con despliegue de temperatura en grados Celsius y/o Fahrenheit. Adicionalmente hay que tomar en cuenta su exactitud, rango de temperatura, resolución y tiempo de respuesta.

1.1.1.4 Higrómetro

Es un instrumento utilizado para la medición de la humedad relativa del ambiente. Esta herramienta es importante para verificar si las condiciones de almacenamiento de películas cumplen con las recomendaciones del fabricante.

2.2.2 MEDIDORES DE EXPOSICIÓN

Los medidores de exposición son utilizados en radiología diagnóstica, para evaluar el funcionamiento del equipo y para determinar los niveles de riesgo, tanto en pacientes como en los operadores asociados con los procedimientos que involucran exposiciones a rayos x. Algunos instrumentos pueden ser inadecuados para pruebas de aceptación, debido a la falta de flexibilidad tanto en funcionamiento como en posicionamiento. Existen pocos instrumentos disponibles adecuados para pruebas de control de calidad, los cuales poseen una cámara de ionización permanentemente unida o contenida dentro de la coraza. Este tipo de instrumentos podrían no ser apropiadas para exposiciones realizadas bajo control automático de exposición o control automático de brillo (fluoroscopia) debido a que la cámara de ionización se encuentra típicamente rodeada de circuitería atenuante y un blindaje de plomo; razón por la cuál se utiliza un material atenuante o fantoma.

La exactitud y precisión requerida de una medida específica dependerá del propósito de la medición y del tipo de equipo a ser monitoreado. Se recomienda que las incertezas debido a errores inducidos y aleatorios no excedan el $\pm 10\%$ del valor real [2].

Este es un requerimiento general de exactitud que debe incluir incertezas asociadas con precisión, calibración, linealidad, dependencia del índice de exposición, y dependencia de energía.

El tipo de instrumento de medición de exposiciones requerido para una determinada institución variará dependiendo del rango de modalidades del equipo. Para todas las instituciones, de igual forma, un medidor de exposiciones de propósito general y un instrumento medidor de exposición de área serán esenciales.

2.2.2.1 Medidor de propósito general

Este es un dispositivo con varias funciones de medición tales como salida de rayos x, calidad del haz, reproducibilidad de exposición, linealidad, índice de exposición de entrada fluoroscópica.

Puede ser utilizado en rutinas de control de calidad de todo sistema excepto tomografía computarizada y mamografía.

Las características regulares a poseer por el instrumento se citan a continuación:

- Rango
- Precisión
- Linealidad

2.2.2.2 Instrumento medidor de exposición de área

Esta es una herramienta que es capaz de captar la radiación en el ambiente. Entre los usos principales de este dispositivo están los estudios ambientales de exposición e índices de exposición dentro de la sala de procedimientos.

Las características regulares a poseer por el instrumento se citan a continuación:

- Rango
- Precisión
- Linealidad

2.2.2.3 Medidor de alta sensibilidad

Esta herramienta es utilizada para obtener el índice y exposición de entrada del receptor de imagen, y niveles de fuga y dispersión de radiación cerca (no dentro) del haz útil no atenuado.

Las características regulares a poseer por el instrumento son las mismas que los dos instrumentos anteriores.

2.3 EQUIPO DE PRUEBA INVASIVO

2.3.1 Divisor de alto voltaje³

El sistema de medición de alto voltaje es un dispositivo desarrollado para el análisis y calibración del generador de rayos x. Se conecta entre el generador de rayos x y el tubo, y provee una señal de voltaje análoga de bajo nivel que es proporcional al kilovoltaje aplicado. Esta señal se puede medir por medio de un equipo de prueba externo como un osciloscopio u otro dispositivo de lectura digital.

Este tipo de dispositivos deben proveer salidas de voltaje análogo para su lectura y medición mediante un osciloscopio y, también deben poseer una lectura digital de los valores medidos.

Existen dispositivos de prueba que, adicionalmente, proporcionan mediciones de corriente del tubo, corriente del filamento y duración de exposición.

Para este tipo de equipos es necesario tomar en cuenta ciertas especificaciones tales como:

- La exactitud
- Su capacidad para realizar mediciones de kilovoltaje entre ánodo y cátodo, ánodo y tierra, y entre cátodo y tierra. Tomando en cuenta el rango de medición entre ánodo y cátodo que el equipo posea.
- Sus rangos de corriente del ánodo y del filamento.
- El rango de tiempo de exposición.

Es necesario considerar como mínimo los aspectos anteriormente mencionados puesto que son las características más significativas de este tipo de equipos, y los valores de cada especificación variarán de acuerdo al conjunto de equipos en los cuales se pretende llevar a cabo las mediciones.

³ Más adelante, en el capítulo 4, en el protocolo propuesto no se ha de incluir el uso de herramientas de prueba invasivas.

2.3.2 Cables de alta tensión, aceites y grasas aislantes

Estos son necesarios para el uso adecuado y correcta instalación del sistema de medición de alto voltaje. En general, se utilizan los siguientes tipos de cables:

- Conductor de tres cables (para ánodo o cátodo) usado para la mayoría de sistemas radiográficos y fluoroscópicos.
- Conductor de cuatro cables y terminaciones para cátodo para aplicaciones con rejilla controlada por pulsos.

La elección entre un tipo y otro dependerá de la aplicación específica. Un detalle de gran importancia es que la longitud del cable debe ser tan corta como sea posible, esto es con el fin de disminuir la impedancia del cable durante la medición.

Se debe tomar en cuenta también que, según el equipo sometido a medición, es posible que se necesiten conectores especiales o adaptadores de acuerdo a la aplicación.

Los aceites y grasas aislantes son necesarios para proveer el aislamiento eléctrico en las terminaciones del cable de alta tensión que son insertados en los receptáculos.

2.3.3 Medidor de mA/mAs

Este es un dispositivo que se utiliza para mediciones invasivas de la corriente que fluye a través del tubo de rayos X o para medir la combinación de la corriente del tubo y el tiempo de exposición (mAs). Estos dispositivos pueden ser de varios tipos: integrado, siendo parte de un sistema de medición por divisor de voltaje; o puede ser una opción provista en un multímetro digital. La mayoría de estos equipos provee una lectura digital del mAs medido.

2.3.4 Multímetro digital

Se usa para una amplia variedad de mediciones eléctricas incluyendo voltajes DC, voltajes AC, corrientes DC, corrientes AC, resistencias, frecuencias, temperaturas y puede proveer otras características tales como prueba de diodos, de continuidad, mediciones de kV y mAs.

Para el multímetro es necesario tomar en cuenta la impedancia que este posea así como también su tiempo de respuesta.

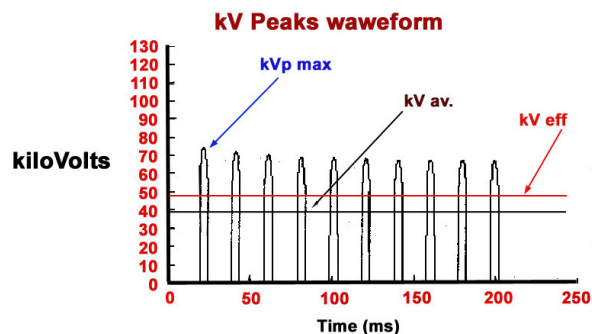
2.4 EQUIPO DE MEDICIÓN NO INVASIVO

2.4.1 Dispositivos de prueba del kilo voltaje

El voltaje aplicado a través de un tubo de rayos x determina el poder de penetración de los rayos x producidos durante una exposición. El kilovoltaje pico (kVp) es el voltaje máximo aplicado a través del tubo de rayos x y define el máximo nivel de energía de la radiación producida.

En un equipo de rayos x los valores disponibles de kVp deben estar debidamente calibrados y ser constantes dada su importancia sobre la dosis de radiación al paciente.

Figura 1. Tipos de kVp



Los tipos de kVp pueden ser: kVp máximo, kVp promedio y kVp efectivo.

- El kilovoltaje pico máximo (**kVp máx**) es el máximo pico del potencial, es decir, el máximo valor de voltaje en cualquier momento durante una exposición.
- El kilovoltaje pico promedio **kVp (ave)** es el promedio de todos los valores pico de voltaje durante una exposición.

- El kilovoltaje efectivo **kV (eff)** es el voltaje efectivo que proporciona un mismo contraste de imagen como aquel que se obtuviese con un generador de rayos x de potencial constante.
- El kilovoltaje pico efectivo **kVp (eff)** es el producto de la multiplicación del kilovoltaje efectivo por un factor (mayor que 1) que depende de la forma de onda producida por el generador de rayos x. El factor multiplicativo está relacionado a la forma de onda del voltaje y depende del rizo del generador de rayos x. En el caso de un rizo ideal el kilovoltaje pico efectivo es igual al kilovoltaje pico promedio; pero si el rizo es mayor que el ideal, entonces el kilovoltaje pico efectivo es menor que el kilovoltaje pico promedio.

Desde hace veinte a treinta años se han venido desarrollando artefactos para la medición no invasiva del alto voltaje por medio de la exposición de una sola película. Uno de estos es el casete de prueba de kilovoltaje (kV) Wisconsin, el cual expone dos tiras de una película en un casete especial de una sola pantalla para cada medición de kV. Una tira es expuesta a través de una cantidad variable de filtración de cobre y una tira adyacente es expuesta a través de un atenuador óptico uniforme bajo la pantalla intensificadora. Se encuentra la posición de coincidencia de densidades entre esas dos tiras, y esto es lo que determina la medición del kilovoltaje.

En los últimos quince años, el casete de prueba de kV ha sido reemplazado como herramienta de control de calidad por los medidores electrónicos de kVp (kilovoltaje pico). Comparado con el casete de prueba, el medidor de kVp electrónico provee una mayor exactitud, facilidad de uso y rapidez.

En su forma más simple, el medidor de kVp consiste en un par de detectores (diodos) levemente separados, y posee filtración por materiales atenuantes de diferentes espesores. La relación de las señales de los diodos en cualquier instante en el tiempo es una función del potencial (kV) del tubo de rayos x en ese instante. Para la medición directa del kilovoltaje el medidor se basa en su sensibilidad al pico del potencial del tubo, producido durante la exposición.

El kilovoltaje se muestra digitalmente y consiste en un promedio de los picos relativos del potencial del tubo a través del tiempo de exposición⁴.

La señal de cada detector puede ser de igual manera integrada a lo largo del tiempo de exposición y entonces se obtiene la relación de las señales integradas. Esto provee una medida diferente del potencial del tubo, kV_{eff} , que es siempre menor que el kV_p . Conociendo el tipo de generador (por ejemplo, 3 fases - 12 pulsos, 1 fase - rectificado de onda completa), y así el tipo de rizo del kV , después se puede aplicar una razonable corrección de exactitud a la medida de kV_{eff} para producir un valor de kV_p (o kV_{peff}) valor derivado de la medida del kV_{eff} . Típicamente los medidores de kV_p que brindan tal medida hacen una determinación interna del tipo de generador o bien requieren que el operador seleccione en un switch el indicador del tipo de generador. El cambio desde kV_{eff} a kV_{peff} es entonces realizado internamente en el medidor de kV_p .

En la mayoría de medidores de kV_p se puede obtener fácilmente mediciones a través de un amplio rango de kV_p , mA , y tiempo, desde exposiciones fluoroscópicas hasta exposiciones radiográficas de alto kV_p .

Se debe considerar que el tiempo en el cual el medidor de kV_p adquiere la información para la medición, no necesariamente coincide con el tiempo de exposición. En algunos medidores la medición del kV_p puede finalizar antes de que el tiempo de exposición termine; otros medidores de kV_p no responden a los primeros 10-50 milisegundos de la exposición.

Además de proporcionar mediciones del kV_p , ciertos modelos de instrumentos de prueba del kV_p también proveen información útil como: el tiempo de exposición, índice de exposición, miliamperaje (mA) relativo y mAs , forma de onda de la

⁴ Existen otros medidores de kV_p en los cuales se debe modificar la distancia determinada para la exposición y/o el tiempo de exposición cada vez que se cambia el ajuste de kV o mA .

radiación y forma de onda del kV. Algunos poseen una interfase para comunicación con computadoras para la impresión de reportes de medición.



Algunos medidores de kVp son más sensibles a las variaciones en posicionamiento e inclinación relativa al haz central y a la orientación de los detectores relativa a la dirección ánodo-cátodo. Estos pueden ser igual de sensibles a cambios en la distancia, colimación y filtración. Otros medidores muestran menor dependencia de estos parámetros y pueden proveer lecturas más exactas.

Los medidores no invasivos de kVp son exactos si se utilizan correctamente. Sin embargo, es importante entender cómo funciona este medidor y qué variables de medición pueden afectar la exactitud de los resultados. Estas consideraciones pueden variar de un tipo de medidor a otro y de un generador a otro.

Entre las especificaciones básicas de estos equipos se pueden mencionar:

1. Rango
2. Exactitud
3. Resolución
4. Reproducibilidad

Es importante mencionar que en este tipo de equipos es preferible que posea una mínima dependencia a la variación de los siguientes aspectos: posicionamiento, orientación del detector, colimación, distancia y filtración. Así como también que sea capaz de realizar mediciones dentro del rango clínico de ajustes de kVp y mA a tiempos de exposición cortos.

2.4.2 Medidores de tiempo de exposiciones

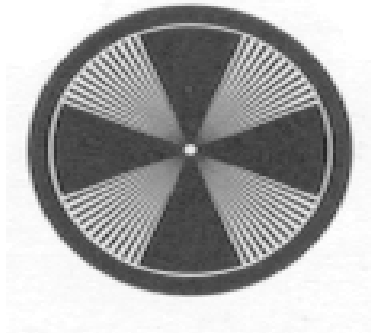
Estos pueden ser dispositivos dedicados únicamente a la medición de tiempo, o pueden estar integrados en medidores de kVp, medidores de exposición, o algún otro sistema de medición múltiple. Algunos aparatos poseen la capacidad de conteo de pulsos (de equipos de una sola fase) así como la medición del tiempo de exposición en unidades de segundos y milisegundos.

Entre las especificaciones básicas para estos dispositivos podemos mencionar:

1. Rango
2. Exactitud
3. Resolución mínima

2.5 HERRAMIENTAS PARA EVALUACIÓN DEL PUNTO FOCAL

2.5.1 Patrón de estrella



Esta herramienta consiste en una hoja de plomo circular con 50 micrones de grosor, un diámetro de 45mm, dividido en 180 rayos, 90 de los cuales son de plomo y 90 no lo son. Cada rayo tiene un ángulo cierto ángulo de separación, el cual dependerá del patrón utilizado. Para medir el punto focal, el patrón de estrella se ubica entre el punto focal y una película sin pantalla, de forma paralela a la película, y en el eje central del haz de rayos x.

2.5.2 Cámara Pinhole⁵

Esta herramienta demuestra la distribución de la intensidad de la radiación. Consiste en una hoja de plomo con un pequeño agujero.

La cámara pinhole se ubica entre el tubo de rayos X y una película de rayos X (sin pantalla intensificadora). Se hace una exposición y esta produce una densidad de 0.6 a 1 en la película. Si se ubica exactamente a la mitad de la distancia entre el punto focal y la película, entonces la imagen del punto focal tendrá el mismo tamaño que las dimensiones reales del punto focal.

2.5.3 Cámara de hendidura



Es una herramienta similar a la cámara pinhole, la diferencia consiste en el tamaño y forma del agujero. La cámara de hendidura tiene la misma aplicación que la cámara pinhole y la determinación del punto focal se lleva a cabo mediante parámetros geométricos.

2.5.4 Patrones de barra para resolución

⁵ La cámara pinhole todavía se encuentra disponible, aunque no es una herramienta recomendada basándose en los nuevos estándares de NEMA (National Electrical Manufacturer Association).



Esta herramienta consiste en un blanco metálico con doce grupos de patrones de barra, cada grupo consiste en seis ranuras en donde tres de ellas son paralelas con las otras tres. El tamaño de las ranuras y su espaciamiento en los doce grupos disminuye en pasos de un porcentaje definido, a partir de un valor mínimo determinado de pares de líneas por milímetro hasta un valor máximo de pares de líneas por mm. El patrón de barra está montado en el centro de un disco de acrílico de cierto diámetro que contiene protección de plomo.

Las características principales en esta herramienta son:

- Grupo de patrones de prueba.
- Resolución (medida en pares de líneas por mm.)

2.5.5 Stand de alineación

Esta herramienta consiste en una estructura en donde se puede montar en su parte superior un patrón de estrella o una cámara de hendidura. Incluye cierto número de ranuras utilizadas para determinar diferentes magnificaciones y permite la simplificación de alineamiento con el sistema de rayos x. Es posible utilizarlo también para medir el HVL⁶ puesto que en el stand de alineación también se puede ubicar el atenuador de aluminio.

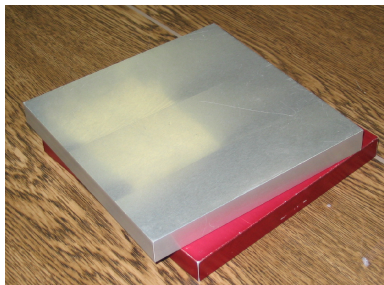
⁶ HVL: Half Value Layer o Capa Hemirreductora. Es el grosor de material absorbente necesario para reducir la intensidad del haz a la mitad de su valor original.



Entre las características deseables para esta herramienta se pueden mencionar:

- Altura ajustable
- Base de pantalla fluorescente con marcas para centrado.

2.6 FANTOMAS Y MATERIALES ATENUANTES



Los materiales atenuantes son aquellos utilizados para disminuir o absorber los rayos X, y el fantoma es un conjunto de materiales atenuantes posicionados y combinados de acuerdo a la necesidad. Entre estos materiales están:

1. Aluminio
2. Cobre
3. Plomo
4. Acrílico

2.6.1 Fantomas para aplicaciones clínicas

El fantoma para aplicaciones clínicas es un conjunto de materiales atenuantes que pretende sustituir el volumen de tejido de interés, así por ejemplo se tienen fantomas para abdomen, pecho, extremidades, cráneo, entre otras estructuras anatómicas. La absorción de rayos x del fantoma es la equivalente a la de la estructura anatómica.

2.6.1.1 Abdomen/Columna lumbar

Este fantoma consiste de siete piezas de acrílico claro con medidas 30.5 x 30.5 x 2.54 cm para un espesor total de 17.78 cm (Figura 1). El fantoma ha sido modificado para incluir una pieza de aluminio de 7.0 x 30.5 cm (aleación tipo 1100)⁷ con un espesor de 4.5 mm con el fin de proveer atenuación adicional simulando la región espinal.

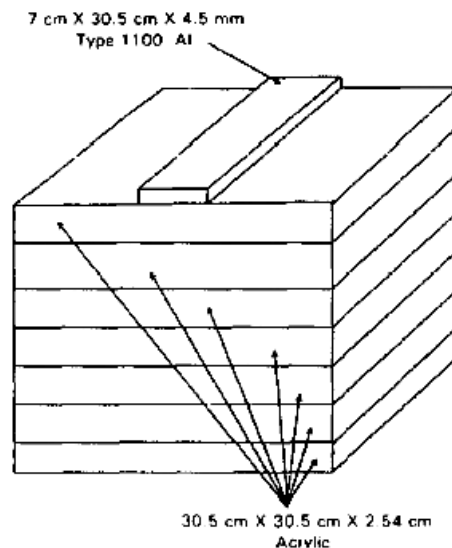


Figura 1

2.6.1.2 Cráneo

Este fantoma consiste de cuatro piezas de acrílico claro con medidas 30.5 x 30.5 x 2.54 cm, una hoja de aluminio de 30.5 cm x 30.5 cm x 1.0 mm, una hoja de aluminio de 30.5 cm x 30.5 cm x 2.0 mm, y una pieza de acrílico de dimensiones 30.5 x 30.5 x 5.08 cm (Figura 2).

⁷ Para los fantomas que incluyen aluminio aquí especificados, se asumirá que se trata de aleación tipo 1100.

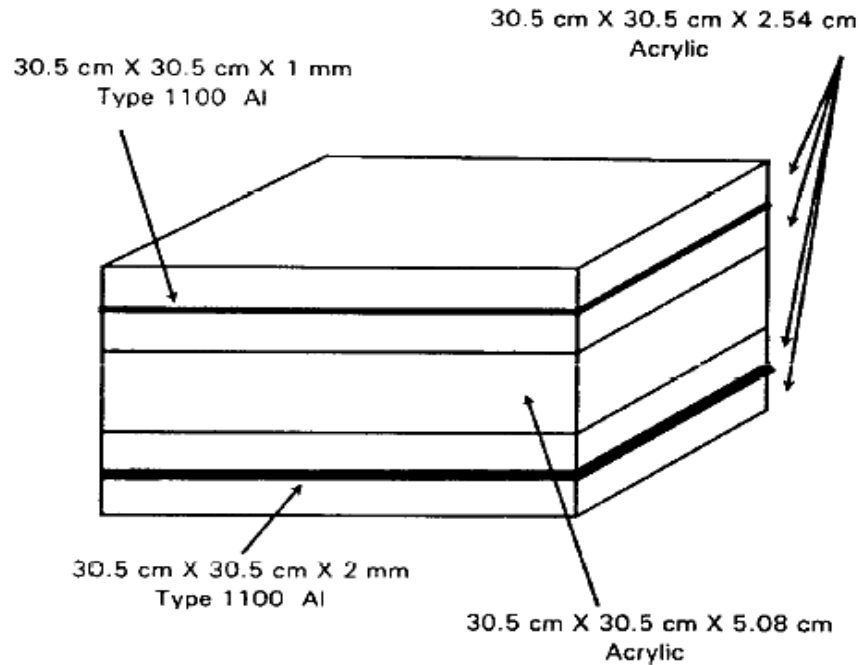


Figura 2

2.6.1.3 Extremidad

Este fantoma consiste de una hoja de aluminio de 30.5 cm x 30.5 cm x 2.0 mm colocada entre dos piezas de acrílico claro de 30.5 x 30.5 x 2.54 cm (Figura 3).

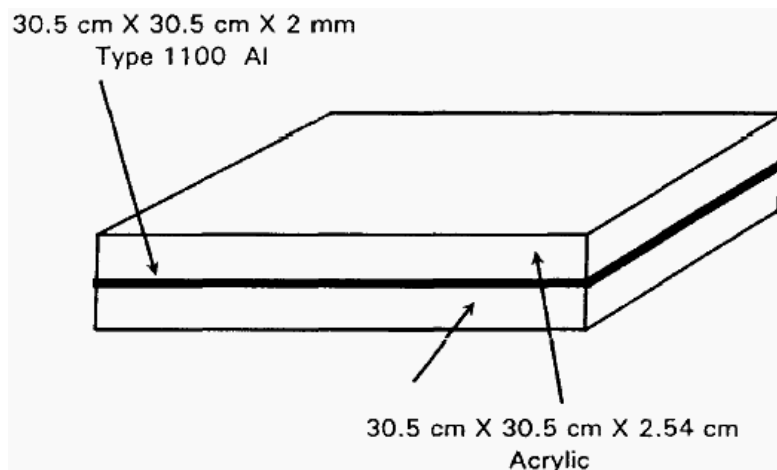


Figura 3

2.6.1.4 Pecho

Este fantoma consiste de cuatro piezas de acrílico claro de 30.5 x 30.5 x 2.54 cm, una hoja de aluminio de 30.5 cm x 30.5 cm x 1.0 mm, una hoja de aluminio de 30.5 cm x 30.5 cm x 2.0 mm, y 5.08 cm de espacio libre (Figura 4).

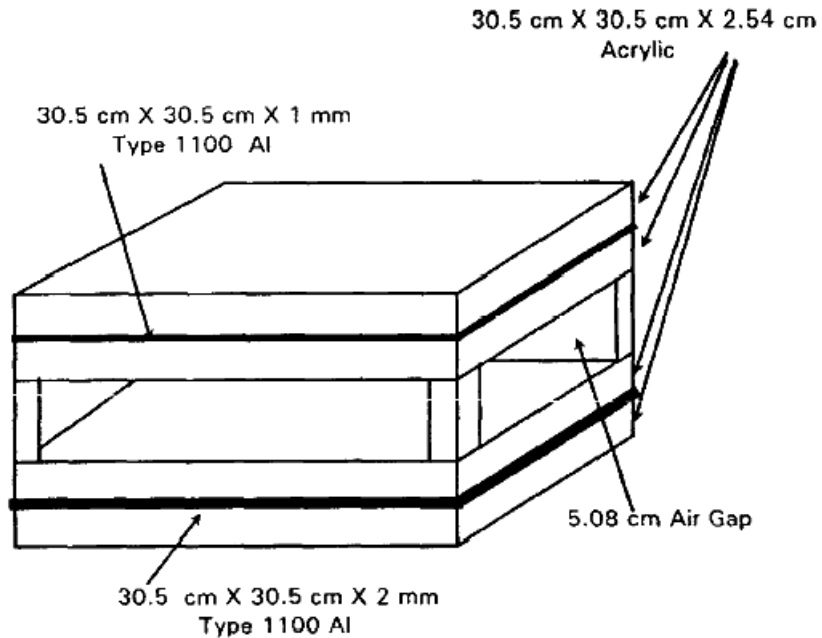
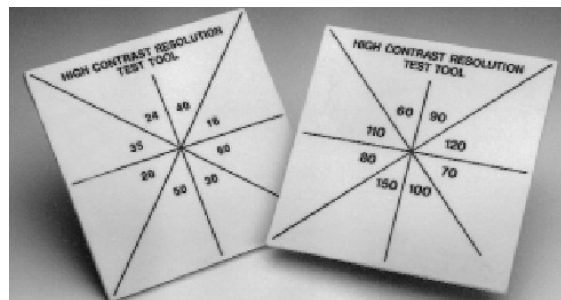


Figura 4

2.7 INSTRUMENTACIÓN PARA EVALUACIONES FLUOROSCOPICAS

2.7.1 Malla para resolución de alto contraste



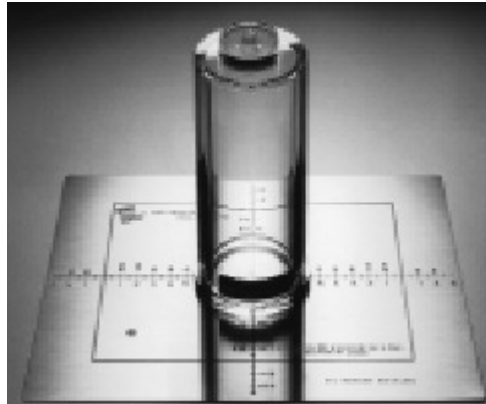
Consiste en una placa plástica que contiene 8 grupos de mallas de alambre. La malla de alambre debe estar hecha de cobre o bronce en un rango de medida desde 9 hasta 23 líneas/cm (16 a 60 líneas/pulg) para unidades convencionales de fluoroscopia y desde 12 hasta 39 líneas/cm (30 a 100 líneas/pulg) para la evaluación de unidades cinefluoroscópicas.

2.7.2 Herramienta de prueba del umbral de contraste fluoroscópico

Consiste en dos placas de aluminio, cada una contiene un arreglo de blancos de diferentes contrastes en tres columnas. También utilizan tres hojas atenuadoras de

cobre. Luego por medio de tablas, que contiene los valores de los contraste de los blancos contra el kVp, se determina el contraste del blanco a los valores de kVp examinados.

2.7.3 Herramienta para centrado y alineado



Esta se utiliza para determinar la perpendicularidad del haz central de rayos x. El aparato debe ser una caja o un cilindro cuyos lados sean perpendiculares con su base para que coincidan dentro de 1° con un alambre vertical centrado. Adicionalmente, se necesita un nivel de burbuja para confirmar el nivel del tubo, el nivel de la mesa o película y el del fantoma.

2.7.4 Herramienta para la evaluación del tamaño y restricción del haz

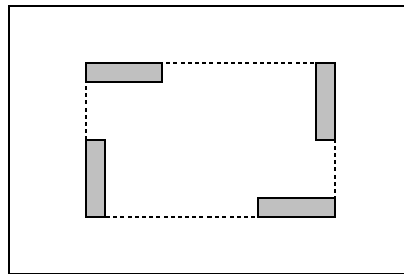
Consiste en una placa de aluminio con cuatro tiras de bronce deslizantes que dividen la placa en cuatro partes. Bajo estas tiras de bronce hay unos agujeros con medida y distribución específica.

2.8 HERRAMIENTAS PARA EVALUACIÓN DE CAMPO LUMINOSO Y RAYOS X

2.8.1 Herramienta de alineación del colimador

La herramienta de prueba de la alineación del colimador debe ser capaz de registrar la posición del campo luminoso con marcadores radiopacos para distintos tamaños de campos. Se debe poseer marcadores opacos para marcar la

localización del campo luminoso coincidente con la sombra, y para registrar la orientación de la película.



2.8.2 Tiras de pantalla fluorescente

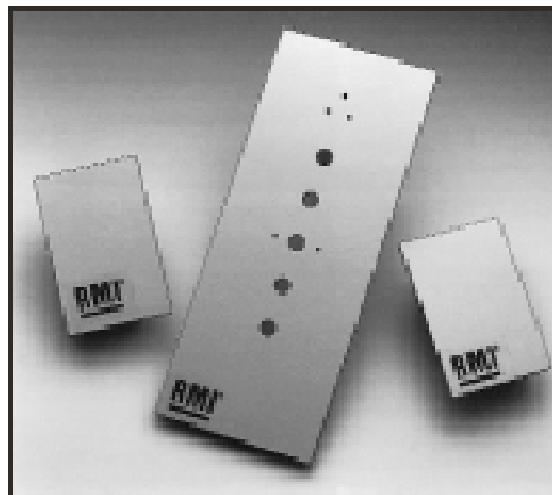
Estas deben poseer una longitud mínima de 50 cm (20 pulg) para permitir la evaluación del campo de radiación de mayor tamaño.

2.9 CONTACTO PANTALLA/PELICULA

Para esto se requiere de una malla de alambre de bronce calibrado encapsulado en acrílico y su espesor total no debe exceder los 3mm (1/8 pulg).

2.10 ALINEACIÓN DE LA REJILLA

2.10.1 Herramienta de prueba de alineación de rejilla



Se tienen dos opciones de herramientas para medir la alineación de la rejilla, las cuales se mencionan a continuación:

A. Placa de plomo con cinco a siete agujeros de 9.5 mm (3/8 pulg) en una línea en 2.54 cm (1 pulg) centrados entre dos piezas de formica. Espesor de plomo de 1.6 mm (1/16 pulg). Dimensiones de 9 x 23 cm (3.5 x 9 pulg).

B. Dos placas de plomo entre dos piezas de formica. Con dimensiones de 6 x 9 cm (2.5 x 3.5 pulg).

CAPITULO 3. PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA RADIOGIAGNÓSTICO MÉDICO

3.1 PROTOCOLO ESPAÑOL DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO

La información técnica en esta sección se presenta en dos formas. Cada apartado se inicia detallando la relación de parámetros y su clasificación en esencial o complementario, las tolerancias admisibles dentro de un programa de garantía de calidad y la frecuencia recomendada para su medida.

Cada parámetro técnico se presenta con un código, en donde además de la información suministrada en las tablas se detalla lo siguiente:

Tiempo estimado para la realización del control. El tiempo indicado se refiere, salvo que se indique expresamente lo contrario, a una unidad (monitor, chasis,

etc.). Esta información sirve como referencia al usuario sobre la duración de la prueba en condiciones normales. Los tiempos indicados se estiman incluyendo el tiempo de preparación del control, la realización de las medidas y del informe correspondiente.

Junto con el punto siguiente, debería servir para objetivar las necesidades de personal imprescindibles para aplicar el protocolo.

Personal capacitado para realizar el control. Establece, desde un punto de vista general, la persona que debería realizar el control, con independencia de que todo el proceso deberá estar siempre supervisado por un experto en control de calidad. Se establecen dos categorías: técnico especialista y experto.

Observaciones. Se hacen precisiones sobre el procedimiento de medida o sobre otros aspectos de interés del parámetro.

3.1.1 TECNOLOGÍAS

3.1.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES

En este área se incluyen controles del generador de rayos X, tubo, dispositivos de colimación y alineación, dispositivos de control automático de exposición y el movimiento tomográfico, aplicables a equipos convencionales de rayos X.

En lo referente al control automático de exposición todas las pruebas y tolerancias indicadas están basadas en la medida de la densidad óptica. En aquellas instalaciones donde no se disponga de sistemas de registro con cartulina-película sino equipos de radiografía computarizada basados en fósforos fotoestimulables se podrán basar los parámetros en medidas de dosis a la entrada del sistema de registro (especialmente en la prueba referente a reproducibilidad) y establecer las tolerancias en base a la información que suministre el fabricante o a referencias iniciales.

3.1.1.1.1 Radiación de fuga

DG001.- Detección y medida de la radiación de fuga.

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias < 1 mGy en 1 h a 1 m del foco, a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora, y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm².

Frecuencia Inicial, cambios.

T. estimado 30 min.

Personal Experto

Material Láminas de plomo. Películas radiográficas en sobres para exposición directa. Cámara de ionización adecuada para su medida.

Observaciones Se considera complementario en el contexto del control de calidad si bien es esencial en protección radiológica.

3.1.1.1.2 Parámetros geométricos

DG002.- Tamaño del foco

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Cámara de rendija, cámara de micro orificio. Alternativamente, patrón de estrella o de resolución, con película directa o chasis cargado, densitómetro y lupa con retícula.

Frecuencia Inicial, tras cambios

T. estimado 60 min

Personal Experto

Observaciones El tamaño de foco es un parámetro esencial en la caracterización inicial de un tubo de rayos X, puesto que establece un límite para la resolución espacial global del sistema. Sin embargo, su medida precisa en una instalación concreta es

problemática puesto que necesita de una instrumentación costosa (cámara de rendija o de micro orificio) y no siempre disponible. Se entiende que normalmente será suficiente basar esa caracterización inicial en el certificado que los fabricantes facilitan con cada tubo de rayos X. Dicha caracterización inicial puede asociarse, en condiciones especificadas, a un determinado valor de resolución en película (obtenido a partir de una medida con patrón de estrella o de barras), que puede servir en lo sucesivo para llevar a cabo pruebas de constancia destinadas a detectar una eventual degradación del tamaño de foco.

DG003.- Tamaño mínimo del campo

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias A título indicativo: Longitud ≤ 5 cm, anchura ≤ 5 cm a 100 cm de la distancia foco-película

Material Regla

Frecuencia Anual/Inicial, tras cambios

T. estimado 5 min

Personal Técnico

Observaciones Puede llevarse a cabo mediante una doble exposición sobre un chasis cargado con película convencional, la primera con uno de los diafragmas completamente abierto y el perpendicular completamente cerrado, y la segunda, invirtiendo el estado de los diafragmas. La comprobación de este parámetro asegura la posibilidad de reducir el campo al tamaño mínimo imprescindible compatible con las necesidades de la exploración.

DG004.- Indicador de la distancia foco-película

Calificación ESENCIAL

Tolerancias La diferencia entre la distancia medida y la indicada será $< 4\%$ de la indicada en la escala.

Material Metro o lámina de plomo con círculo interior hueco de diámetro conocido, chasis cargado.

Frecuencia Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones Si la posición del foco no es visible, se determinará conjuntamente con la exactitud del indicador de distancia foco-película. Para ello se utiliza un colimador circular formado por una lámina de plomo de espesor adecuado con un orificio circular central de diámetro conocido y dos chasis cargados.

La lámina se fija al colimador del equipo y los chasis se sitúan uno (a ser posible con parrilla incorporada) sobre la mesa radiológica y otro en el portachasis. Se efectúa una exposición con la técnica adecuada para conseguir una buena delimitación del borde del círculo y se miden la distancia entre la lámina y el chasis situado sobre la mesa y los diámetros de las imágenes del círculo interior de la lámina en las dos películas. Con ello se pueden determinar geoméricamente ambos parámetros.

DG005.- Definición del campo luminoso

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias Simetría: no más de 1 cm de diferencia entre la distancia de un borde al centro y del opuesto, verificando ambas direcciones.
Iluminación: por encima de la iluminación ambiente.

Penumbra en los bordes del campo: < 1 cm, en estimación visual.

Material Regla, fotómetro.

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Técnico

Observaciones La iluminación producida por el campo luminoso puede comprobarse visualmente dado que en definitiva lo que se pretende es verificar que el campo luminoso es claramente distinguible desde la posición del operador y con la luz ambiente habitual. No obstante, a título indicativo, y salvo casos especiales, no suelen considerarse satisfactorios valores de iluminación inferiores a 50 lux, medidos en la posición del campo de entrada y con la luz ambiental apagada.

DG006.- Coincidencia y centrado campo de luz-campo de radiación

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Coincidencia: $< \pm 2 \%$ de la distancia entre el foco y el maniquí de colimación en cada dirección principal. La suma total de las desviaciones no excederá, por otra parte, el 3% de la distancia entre el foco y maniquí de colimación.

Centrado: La cruceta del diafragma del haz luminoso o su centro aproximado no deben desviarse del centro del haz de radiación más de $\pm 1 \%$ de la distancia entre el foco y el maniquí de colimación.

Material Maniquí de colimación o marcadores radio-opacos. Chasis, película.

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones Se pretende evitar que el paciente reciba dosis innecesarias en zonas sin interés clínico. Deberá colocarse el tubo de rayos X perpendicular y centrado al tablero de la mesa o estativo mural, utilizando una distancia foco-mesa de 1 m (o la distancia habitual al estativo mural). Se ajustarán los colimadores con el contorno rectangular de la lámina metálica o con los marcadores utilizados. El plano del campo visual no deberá separarse de la normal al eje del haz de radiación en más de 3°.

Es conveniente realizar esta prueba para campos grandes cercanos a la máxima apertura de los colimadores.

DG007.- Coincidencia campo de radiación- campo de registro en sistemas automáticos

Calificación ESENCIAL

Tolerancias $< \pm 2 \%$ de la distancia entre el foco y el receptor de imagen en cada dirección principal. La suma total no excederá el 3 % de la distancia entre el foco y el receptor.

Material Lámina metálica. Chasis, película.

Frecuencia Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones En este contexto se entiende por campo de registro la superficie física del receptor de imagen. Los sistemas a los que se aplica este tipo de control son aquellos en los que el ajuste del campo de radiación al campo de registro se hace de forma automática. Casos típicos son los equipos de radiografía general dotados de colimación automática y los seriógrafos de cualquier equipo telecomandado.

DG008.- Coincidencia indicadores de colimación-campo de radiación

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Lámina metálica. Chasis, película.

Frecuencia Anual /Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones Se pretende con este parámetro asegurar que los límites del campo de radiación puedan ser alineados correctamente. Puede

verificarse este parámetro simultáneamente con la coincidencia del campo de luz con el campo de radiación (DG003). Aunque poco utilizados en la práctica común, los indicadores de colimación constituyen el método más eficiente de garantizar el ajuste manual del campo de radiación al de registro en el plano de éste.

DG009.- Ortogonalidad del haz de rayos X y del receptor de imagen

Calificación ESENCIAL

Tolerancias El ángulo que forma el eje central del haz de rayos X y el plano del receptor de imagen no deberá desviarse de 90° más de 1,5°

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Experto /Técnico

Material Cilindro de comprobación

Observaciones Este parámetro incluye tanto las posibles desviaciones en angulación (entre el eje central del haz de radiación y la perpendicular al plano de entrada del receptor de imagen) como en desplazamiento.

3.1.1.1.3 Calidad del haz

DG010.- Exactitud y reproducibilidad de la tensión

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Exactitud < ± 10 % Reproducibilidad < 5 %

Material Kilovoltímetro

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones -----

DG011.- Filtración. Capa hemirreductora.

Calificación ESENCIAL

Tolerancias > 2,5 mm equivalentes de aluminio para equipos que funcionen con tensiones pico > 70 kV

Material Detector de radiación. Filtros de aluminio de pureza superior a 99,5%.

Frecuencia Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones La mayor parte de las normas Europeas establecen tolerancias en filtración total, usualmente expresada como "espesor equivalente de aluminio". Este parámetro no es medible directamente pero su utilidad estriba en ser una magnitud aditiva y por tanto útil para diseñar y fabricar los distintos componentes interpuestos en el haz. En diferentes grupos de expertos se considera que la calidad espectral debería especificarse en términos de capa hemirreductora (CHR) a un cierto kVp. Este parámetro es medible en pruebas de aceptación o constancia. A 70 kVp una CHR superior a 2,5 mm aluminio garantiza el cumplimiento de la tolerancia señalada para la filtración.

DG012.- Visualización de la forma de onda

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias Porcentaje de rizado según especificaciones del fabricante

Material Cámara de ionización y oscilógrafo o equipo integrado que permita grabar y visualizar en un ordenador personal la forma de onda.

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones Se comprobará que el tipo de rectificación es el especificado y se analizará el porcentaje de rizado.

3.1.1.1.4 Tiempo de exposición

DG013.- Exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposición

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Exactitud $< \pm 10\%$ para tiempos >20 ms o lo especificado por el fabricante para tiempos >20 ms Reproducibilidad $< 10\%$

Material Medidor de tiempos de exposición

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones Su ajuste correcto tiene influencia en la calidad de la imagen tanto en lo que respecta a la densidad óptica obtenida como para prevenir la borrosidad cinética. Las medidas se realizarán con diferentes tiempos de exposición.

3.1.1.1.5 Rendimiento

DG014.- Reproducibilidad

Calificación ESENCIAL

Tolerancias $< 10\%$

Material Cámara de ionización

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones Dosis (o kerma) en aire, sin retrodispersión y por unidad de carga nominal, a 80 kVp y a 1 m de distancia del foco.

DG015.- Valor del rendimiento

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Según especificaciones del fabricante. De modo orientativo, a 1m del foco y a una tensión pico de 80 kV, entre 30 y 65 $\mu\text{Gy/mAs}$.

Material Detector de radiación y electrómetro

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones Se define el rendimiento como el valor de la dosis en aire sin retrodispersión y por unidad de carga a 80 kVp y expresada a 1 m de distancia del foco. Este parámetro junto con los correspondientes al tiempo de exposición y a la calidad del haz permite tener un indicador del ajuste de la corriente y, si ésta fuera correcta, del estado del tubo. Equipos con poco rendimiento requieren tiempos de exposición más largos con el consiguiente riesgo de degradación de la calidad de la imagen.

Si las dosis se miden a otras tensiones puede utilizarse este parámetro para estimar dosis a pacientes en condiciones reales de trabajo. Es útil también para cuantificar las diferencias entre los diversos equipos que realizan las mismas operaciones.

El rendimiento se ve afectado de manera importante por la filtración total del haz. Debido a ello, se recomienda su valoración en conjunto con la de otro parámetro, kerma de transmisión, descrito en DG017.

DG016.- Variación del rendimiento con la corriente

Calificación ESENCIAL

Tolerancias	Coefficiente de linealidad $\leq 0,1$
Material	Detector de radiación
Frecuencia	Anual/ Inicial, tras cambios
T. estimado	40 min
Personal	Experto
Observaciones	Para medidas de dosis en exposiciones consecutivas por mAs nominales (para mAs < 200). Las medidas se realizarán con diferentes corrientes.

DG017.- Kerma de transmisión

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias	Según especificaciones del fabricante
Material	Detector de radiación y electrómetro. Láminas de cobre o aluminio
Frecuencia	Anual/ Inicial, tras cambios
Tiempo	15 min
Personal	Experto/Técnico
Observaciones	Se entiende en este contexto por kerma de transmisión el valor de kerma en aire, sin retrodispersión, medido a 80 kVp y a 1 m del foco, cuando entre éste y el detector se interpone un atenuador de determinado espesor. Se medirá con atenuadores constituidos por 2 mm de cobre o por 25 mm de aluminio. El kerma de transmisión es mucho menos sensible a las variaciones en la filtración del haz que el rendimiento medido conforme a DG015 y puede complementar la evaluación de dicho rendimiento.

3.1.1.1.6Rejilla

DG018.- Factor de exposición de la rejilla o del sistema de rejilla

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias ---

Material Cámara de exposición. Alternativamente puede utilizarse un maniquí de metacrilato, chasis, películas y densitómetro.

Frecuencia Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones El factor de exposición de la rejilla se calcula como D_1/D_2 donde D_1 y D_2 son los valores de dosis aire medidos en el haz y en el mismo punto del plano de la imagen sin y con rejilla respectivamente.

Si no se dispone de portachasis sin rejilla (o si el “bucky” no se puede quitar) puede calcularse el factor del sistema de rejilla o del “bucky” mediante la expresión: $D_1 f_1^2 / D_2 f_2^2$ donde D_1 y D_2 son los valores de dosis aire medidos en el mismo eje del haz en dos puntos situados sobre el tablero y debajo del sistema de rejilla respectivamente. f_1 y f_2 son las correspondientes distancias desde el foco a esos puntos. Alternativamente, si hubiese dificultades prácticas para colocar el dosímetro en el plano de la imagen, el factor de rejilla puede calcularse como el cociente entre los mAs necesarios para obtener dos imágenes del maniquí sobre el tablero dentro del haz con la misma densidad óptica (próxima a 1,0) con y sin rejilla respectivamente. De la misma manera el factor del sistema de rejilla se obtendría a partir de los mAs necesarios para obtener las imágenes con el chasis en su posición habitual o sobre el tablero respectivamente.

DG019.- Estado de la rejilla

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias $\frac{3}{4}$

Material Chasis cargado

Frecuencia Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Técnico

Observaciones Detectar las posibles alteraciones (visualización de las láminas de la rejilla, etc.) mediante la exposición a 50 kV, sin atenuación adicional interpuesta, de un chasis cargado sin seleccionar la rejilla. Comprobar su funcionamiento cuando se selecciona.

DG020.- Posicionamiento correcto de la rejilla

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias ---

Material Chasis y película

Frecuencia Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones Se valorará visualmente el correcto centrado, focalización y alineación de la rejilla. Las posibles variaciones de densidad en la película podrán documentarse mediante un densitómetro.

3.1.1.1.7 Control automático de la exposición (CAE)

DG021.- Homogeneidad entre las cámaras

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias Según especificaciones del fabricante. A falta de las mismas y a título indicativo, las tres cámaras deberían estar ajustadas de modo que la densidad obtenida al seleccionar cualquier combinación habitual de ellas sea estable y no varíe en $\pm 0,2$ DO del nivel medio de las tres cámaras.

Material Espesor equivalente paciente, película, chasis y máscaras de plomo.

Frecuencia Anual /Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones La función del exposímetro automático es producir ennegrecimientos constantes al interponer diferentes atenuadores (paciente, maniquí).

DG022.- Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades. Reproducibilidad del CAE

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Ajuste del CAE: 1.1-1.4 DO, con 80 kV y un espesor equivalente al abdomen de un adulto.

Reproducibilidad < 10 % tanto para el intervalo de densidades ópticas como de exposiciones.

Material Espesor equivalente paciente, película, chasis y máscaras de plomo.

Frecuencia Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones La medida de la reproducibilidad se realizará con la cámara central.

DG023.- Incremento de DO por paso del selector de densidades

Calificación ESENCIAL

Tolerancias La diferencia entre pasos consecutivos será < 0.3 DO, salvo que el fabricante indique otro valor

Frecuencia Anual /Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Material Espesor equivalente paciente, película y chasis

Observaciones Esta medida se realizará con la cámara central.

DG024.- Compensación del CAE para distintos espesores

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Desviación $\leq \pm 0,2$ DO

Material Espesor equivalente paciente, película y chasis.

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones La densidad de la película no deberá variar en más de $\pm 0,2$ DO, respecto del valor obtenido en la evaluación del ajuste del exposímetro (DG022), cuando, a 80 kVp y con una corriente fija, se hace variar el espesor del atenuador entre el equivalente a 10 cm y a 30 cm de agua.

DG025.- Compensación del CAE para distintas tensiones

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Desviación $\leq \pm 0,2$ DO

Material Espesor equivalente paciente/ Película y chasis.

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones La densidad de la película no deberá variar en más de $\pm 0,2$ DO, respecto del valor obtenido en la evaluación del ajuste del exposímetro (DG022), cuando, manteniendo constantes todos los demás parámetros, se hace variar la tensión entre 60 kV y 120 kV.

DG026.- Compensación del CAE para distintas corrientes

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	Desviación $\leq \pm 0,2$ DO
Material	Espesor equivalente paciente. Película y chasis.
Frecuencia	Anual/ Inicial, tras cambios
T. estimado	20 min
Personal	Experto

Observaciones La densidad de la película no deberá variar en más de $\pm 0,2$ DO, respecto del valor obtenido en la evaluación del ajuste del exposímetro (DG022), cuando, manteniendo constantes todos los demás parámetros, se hace variar la corriente en el tubo dentro de los límites utilizados en el uso normal del equipo.

3.1.1.1.8Mesa radiográfica

DG027.- Factor de atenuación

Calificación	COMPLEMENTARIA
Tolerancias	Según especificaciones del fabricante
Material	Cámara de ionización
Frecuencia	Inicial
T. estimado	45 min
Personal	Experto

Observaciones Esta medida que se debería realizar a varias tensiones es importante al identificar un parámetro fundamental para la protección del paciente y que repercute de forma importante en el coste de la mesa. Si la mesa está situada entre el paciente y el dispositivo de imagen su mayor atenuación significa irradiar más al paciente. Si el equipo dispone de modos de escopia o de adquisición de imagen que supongan la introducción de filtros adicionales en el

haz, puede convenir medir también el factor de atenuación en esas condiciones indicando la capa hemirreductora para los diferentes modos.

3.1.1.1.9 Movimiento tomográfico

DG028.- Estabilidad del movimiento tomográfico y uniformidad de la exposición

Calificación **COMPLEMENTARIA**

Tolerancias El movimiento tomográfico será estable y uniforme en su recorrido geométrico y corresponderá al movimiento especificado por el fabricante para la unidad.

Material Ninguno

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Técnico/Experto

Observaciones Podrá realizarse una inspección visual, para detectar movimientos irregulares observando el tubo y el “bucky”. El observador se colocará a menos de 2 metros de la mesa. En el caso de ser necesario realizar exposiciones para obtener el movimiento tomográfico, se cerrarán los diafragmas y se utilizarán delantales plomados.

DG029.- Resolución

Calificación **COMPLEMENTARIA**

Tolerancias La resolución tomográfica estará de acuerdo con la especificada por el fabricante

Material Objeto de ensayo de resolución. Cartulina y película

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones ---

DG030.- Posición del corte

Calificación **COMPLEMENTARIA**

Tolerancias El plano focal medido no diferirá del indicado en más de \pm 0,25 cm

Material Objeto de ensayo

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones ---

DG031.- Espesor del corte

Calificación **COMPLEMENTARIA**

Tolerancias El espesor de corte medido no diferirá en más de \pm 50 % del especificado por el fabricante

Material Objeto de ensayo

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones ---

DG032.- Ángulo tomográfico

Calificación **COMPLEMENTARIA**

Tolerancias El ángulo de exposición medido no diferirá del indicado (si existe), en más de \pm 3°

Material Objeto de ensayo

Frecuencia Anual /Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones ---

DG033.- Planitud

Calificación **COMPLEMENTARIA**

Tolerancias La planitud del plano focal estará de acuerdo con la tolerancia especificada por el fabricante

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Material Objeto de ensayo

Observaciones ---

3.1.1.2 EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS Y FLUOROGRÁFICOS

En este apartado se trata de, sin perder generalidad, aportar el mayor número de datos que posibiliten la realización de un control de calidad de los parámetros más relevantes de cada una de las modalidades fluoroscópicas.

Los parámetros relativos al funcionamiento del generador y tubo de rayos X (tensión, corriente, tiempos de exposición, capa hemirreductora, tamaño del foco, etc.) no se incluyen en este apartado, ya que tanto la metodología de medida como las tolerancias establecidas coinciden con las indicadas para los equipos de radiología convencional.

En este apartado no se han incluido aquellos parámetros relacionados con el intensificador de imagen cuya evaluación exige la realización de medidas invasivas.

3.1.1.2.1 Parámetros geométricos

DE001.- Mínima distancia foco-piel

Calificación ESENCIAL

Tolerancias ≥ 20 cm para equipos específicos de radioscopia quirúrgicos ≥ 30 cm para cualquier otro equipo

Material Objeto de tamaño conocido y película radiográfica

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto/ Técnico

Observaciones ---

DE002.- Perpendicularidad y centrado del haz de rayos X

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias $\leq 1,5$ E

Material Maniquí de colimación y cilindro de comprobación

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto, técnico

Observaciones Se coloca el cilindro de comprobación situando el maniquí de colimación a 1 m del foco de forma que éste aparezca centrado en el monitor de TV. Verificar, mediante escopia, las desviaciones en angulación entre el eje central del haz de radiación y la perpendicular al plano de entrada del intensificador de imagen. La tolerancia se ha definido sobre la base de la utilización de los objetos de ensayo de colimación y alineación de Nuclear Associates.

DE003.- Tamaño del campo de entrada del intensificador de imagen

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Diámetro medido / Diámetro nominal $\geq 0,85$

Material Retícula metálica de espaciado conocido o regla de plomo

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones Deben verificarse todos los tamaños del campo de entrada del intensificador de imagen, manteniendo el colimador abierto al máximo y colocando la retícula tan próxima como sea posible a dicho plano. El tamaño medido es usualmente menor que el tamaño nominal debido a factores geométricos (divergencia del haz de rayos X, distancia foco-imagen, forma convexa de la pantalla de entrada del intensificador de imagen, etc.). Cuando la distancia entre el foco del tubo de rayos X y el plano de entrada del intensificador de imagen es 1 m se obtiene el *diámetro útil* del campo de entrada que es siempre menor que el nominal. En aquellos casos en los que el intensificador tenga campos de entrada con tamaños superiores a la retícula, ésta se alejará del intensificador hasta cubrir el plano de entrada en su totalidad. El resultado de la medida se corregirá teniendo en cuenta el factor de aumento.

DE004.- Distorsión geométrica. Comprobación visual de la existencia de distorsiones del tipo "S" y de cojinete

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Distorsión integral $\leq 10\%$

Material Retícula metálica de espaciado conocido

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones Es necesario hacer las verificaciones para cada tamaño de campo. La distorsión integral se determina de forma aproximada situando una retícula cuadrada en el plano de entrada del intensificador. El valor de la distorsión se calcula de acuerdo con la expresión:

$$\left(\frac{\text{Diagonal media del cuadrado mayor inscrito en la imagen}}{\text{Imagen}} \right) - 1$$

n * diagonal media del cuadrado central

donde n es el número de veces que el cuadrado mayor contiene al cuadro central. Las diagonales medias del cuadrado mayor y del cuadro central se obtienen, en ambos casos, midiendo las dos diagonales y dividiendo su suma por dos. Si las dimensiones horizontal y vertical de la imagen difieren, la distorsión integral se determinará en ambas direcciones tomando n como el número de veces que el cuadrado mayor contiene al central en cada una de ellas.

Haciendo uso de la misma retícula, situada en la misma posición, puede comprobarse visualmente la existencia de las distorsiones del tipo "S" y de cojinete. Cuando existe distorsión tipo 'S' la mitad superior de la imagen de la retícula está desplazada con respecto a la inferior. En la distorsión de cojinete, las líneas de la retícula próximas al borde del campo aparecen curvadas hacia el centro del campo. Mientras que la primera está originada por campos magnéticos que influyen sobre la trayectoria de los electrones en el intensificador de imagen de imagen, la segunda es una consecuencia de la curvatura de la pantalla de entrada de dicho dispositivo o de problemas de barrido del monitor de TV. En el caso de la fluoroscopia, la distorsión se evaluará sobre el monitor de TV. En el caso de la fluorografía, dicha evaluación se hará sobre la película. En este último caso, la presencia de distorsión tipo 'S' puede ocasionar problemas importantes de interpretación de la imagen.

DE005.- Linealidad del monitor de TV del equipo

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias No se establecen

Material Maniquí de colimación o retícula metálica de espaciado conocido u objeto de ensayo consistente en un círculo de alto contraste

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones

El objetivo de esta prueba es comprobar si existen distorsiones en la imagen originadas por el tubo de rayos catódicos del monitor de TV. Para determinar si existe falta de linealidad, se observará sobre el monitor de TV si son distintos los diámetros medidos en diferentes direcciones utilizando la retícula incluida en el maniquí de colimación o una retícula metálica. Hay que asegurar el correcto centrado de las retículas. Cuando se utiliza el objeto de ensayo con el círculo de alto contraste, simplemente se comprueba si está deformado (óvalo, etc.).

DE006.- Coincidencia del campo de radiación con el intensificador de imagen

Calificación ESENCIAL

Tolerancias

El cociente entre el área del campo de radiación y el área física del intensificador de imagen estará comprendido entre 1 y 1,1

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto, técnico

Material Chasis cargado con película de rayos X.

Observaciones

Se coloca el chasis cargado lo más cerca posible del plano de entrada del intensificador de imagen. Se abren al máximo los colimadores y se expone la película. A partir del área expuesta se calcula el área sobre el intensificador. Se realizará para el tamaño de campo mayor. Comprobar si se ven los bordes de los colimadores en la imagen del monitor. Esta situación es considerada la más adecuada.

Por un lado ha de cumplirse que al menos el 80% del campo de rayos X deberá cubrir la superficie efectiva del receptor de la imagen. Por otro lado se establece que el campo de rayos X no deberá exceder en más de 2 cm los límites de la superficie efectiva del receptor de la imagen cuando la diferencia se determina según el diámetro correspondiente a la dirección de mayor desajuste entre el campo de rayos X y la superficie del receptor de la imagen.

3.1.1.2.2 Fluoroscopia pulsada

DE007.- Duración y frecuencia del pulso

Calificación	COMPLEMENTARIA
Tolerancias	Según especificaciones del fabricante
Material	Kilovoltímetro o dosímetro, osciloscopio, filtros de cobre.
Periodicidad	Inicial, tras cambios
T. estimado	45 min
Personal	Experto

Observaciones

En los equipos en los que no es posible trabajar con control manual, hay que tener en cuenta que la fuerte atenuación de los dispositivos de medida altera el control automático de intensidad de forma que éste tiende a establecer valores muy altos de la tensión. En consecuencia resulta difícil relacionar la intensidad de los pulsos con cada valor concreto de la tensión. También es importante tener en cuenta que la tasa de los pulsos puede ser cambiada muy fácilmente por los técnicos de las casas comerciales en función de los requisitos particulares del servicio. Ello conduce a diferencias en la duración del pulso entre equipos iguales (mismo modelo).

3.1.1.2.3 Rendimiento

DE008.- Constancia

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	Con respecto a los valores de referencia deberá verificarse: a) En modo manual $\leq \pm 20 \%$ b) En modo automático: I. $\leq + 25 \%$ / $- 20 \%$ si el maniquí de atenuación utilizado es de número atómico bajo ($Z \leq 14$: agua, polimetil-metacrilato (PMMA), aluminio) II. $\leq \pm 25 \%$ si el maniquí de atenuación utilizado es de Z alto (cobre o plomo)

Material Detector de radiación y electrómetro, maniquí de atenuación equivalente a paciente (agua, PMMA, aluminio, cobre, plomo)

Periodicidad Inicial/tras cambios, Anual

T. estimado 45 min

Personal Experto

Observaciones

Siempre que sea posible, el rendimiento debería medirse en modo manual y en modo automático. El valor de referencia del rendimiento deberá ser establecido inicialmente durante las pruebas de aceptación. El valor de referencia será el valor medio de aproximadamente 10 medidas. Las pruebas de constancia se realizarán de acuerdo con la periodicidad indicada por el fabricante en las normas de utilización del equipo o anualmente si estas últimas no lo indicasen. El dosímetro utilizado para la medida de los rendimientos deberá ser estable y tener una precisión de $\pm 5\%$. El maniquí de atenuación deberá simular un paciente en lo relativo a las propiedades de atenuación y endurecimiento del haz de rayos X (por ejemplo, 40 mm de espesor de PMMA más una lámina de cobre de 1 mm). El dosímetro ha de colocarse entre el foco del tubo de rayos X y el maniquí. La geometría de medida (posición del detector dentro del haz y distancia del dosímetro al foco del tubo) ha de poder reproducirse con un error no superior al 1% de la distancia foco - detector de radiación utilizada en las pruebas de constancia iniciales. Cuando la prueba se realice con control automático de intensidad, el maniquí de atenuación ha de colocarse entre el detector de radiación y los detectores del sistema de control automático. El detector de radiación ha de situarse de forma que no afecte al funcionamiento del control automático de intensidad.

3.1.1.2.4 Control automático de intensidad

La lógica de funcionamiento del control automático de intensidad (CAI) difiere mucho entre los equipo fluoroscópicos convencionales y los digitales. En los sistemas convencionales, este dispositivo (denominado control automático de

brillo) actúa manteniendo constante la tasa de dosis en la entrada del intensificador de imagen (II) independientemente de las características del paciente.

Los valores de este parámetro dependen del tamaño de campo seleccionado y del modo de operación (fluoroscopia o fluorografía).

En los equipos digitales, la filosofía de trabajo del CAI difiere en función del tipo de aplicación específica (cardiología, digestivo, neurorradiología, etc.). Por ejemplo, en ciertas aplicaciones el CAI trabaja manteniendo la tensión dentro de un intervalo concreto independientemente de las características del paciente, favoreciendo el obtener una mayor calidad de imagen. A continuación puede fijar otros parámetros tales como la corriente del tubo, la frecuencia del pulso, el tipo de filtro, etc. para disminuir la dosis al paciente. Los parámetros esenciales que determinan el funcionamiento del CAI son la tasa de entrada al II (dosis por imagen) y la tasa de dosis al paciente. La metodología para medir estos dos parámetros es la misma para todas las modalidades y, de cara a una correcta interpretación de los resultados, es conveniente tener en cuenta que dentro de la misma modalidad pueden existir diferentes condiciones de trabajo. Así en fluoroscopia es posible seleccionar como ya hemos indicado fluoroscopia continua o pulsada, con filtración estándar o con filtros añadidos y normal o de alta tasa de dosis. En el caso de la fluorografía, existe la posibilidad de que el equipo opere en el modo de no-sustracción o en el modo de sustracción digital. En el caso de la cinefluorografía pueden existir diferentes valores para parámetros tales como el número de imágenes por segundo (12,5 y 25 imágenes/s), la anchura del pulso (3, 5, 8 y 10 ms u otros) e incluso, puede variar la respuesta del CAI en función del tipo de examen.

DE009.- Tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del intensificador de imagen

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Valor de referencia: Según especificaciones del fabricante.
Constancia $\leq 20 \%$

Material Detector de radiación y electrómetro, láminas de PMMA u otro maniquí adecuado.

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 45 min

Personal Experto

Observaciones

El valor de referencia se determinará en las pruebas de estado y será el valor medio de 10 medidas.

De acuerdo con el Real Decreto 1976/1999, la tasa de dosis impartida en fluoroscopia continua, medida sin rejilla, no deberá superar $0,8 \mu\text{Gy/s}$ para un tamaño de campo de 25 cm, cuando se expone un maniquí de 20 cm de PMMA⁸. En aplicaciones especiales con altas tasas de dosis no deberá superar $1 \mu\text{Gy/s}$.

Las medidas que se realicen en las pruebas iniciales tienen como objetivo comparar con los valores especificados por el fabricante para cada una de las condiciones de operación programadas en la instalación del equipo.

En los equipos de fluoroscopia convencionales, este parámetro es relativamente independiente de las condiciones de medida y es un buen indicador del ajuste global del equipo. Por el contrario, la tasa de dosis al paciente varía enormemente con la tensión, espesor del paciente, etc. En las pruebas iniciales, se mide la tasa de dosis en el plano de entrada del intensificador de imagen para cada tamaño de campo y para todas las condiciones de operación establecidas en la instalación del equipo. En los equipos fluorográficos que dispongan de varias opciones para la densidad óptica (DO) preprogramadas, se deberá medir la tasa de dosis/imagen para cada una de las opciones y para el tamaño de campo mayor. En los equipos de radiología intervencionista, se definen condiciones de medida del kerma en aire (tasa) estándar. Para ello, se establece la posición del punto de referencia en intervencionista de forma que las medidas realizadas en dicha posición determinan los valores del kerma en aire (tasa) de referencia. También se establece que los

⁸ PMMA: Polimetilmetacrilato

modos de operación del equipo en uso normal son dos, denominados modos normal y bajo. La tasa de kerma en aire en el modo bajo no deberá exceder el 50 % del valor para el modo normal. Para comparar con los valores nominales dados por el fabricante hay que reproducir las mismas condiciones de medida. Un aspecto a considerar cuando existen divergencias entre los valores medidos y los nominales es la posibilidad de que las tasas de exposición hayan sido modificadas en función de la aplicación clínica o de las exigencias del radiólogo. En las pruebas posteriores, este parámetro se mide al menos para el tamaño de campo mayor y para las condiciones de operación más habituales. En el caso en que la rejilla del equipo solo pueda ser retirada por los técnicos de la casa comercial, la tasa de dosis o la dosis/campo se medirán sin rejilla y en presencia del técnico durante las pruebas de aceptación. En pruebas posteriores se medirá con la rejilla y los valores obtenidos se dividirán por el factor de rejilla que tendrá que haber sido proporcionado por el fabricante (para cada tensión). Durante las pruebas de aceptación se pueden comprobar los valores del factor de rejilla.

En los controles periódicos, se verifica el mantenimiento de las condiciones de funcionamiento del sistema, analizando posibles desviaciones y pérdidas de ganancia por envejecimiento, deterioro u otras causas. En los equipos de radiología intervencionista la rejilla debe poder retirarse sin necesidad de utilizar ningún tipo de herramienta. Resultados obtenidos con diversos equipos determinan que la tasa de dosis a la entrada del intensificador para campos de 22-25 cm oscila entre 0,1 y 1,1 $\mu\text{Gy s}^{-1}$. Otros valores típicos para un campo de 20 cm, 0,3-0,5 $\mu\text{Gy s}^{-1}$ para fluoroscopia y 0,09-0,13 $\mu\text{Gy/imagen}$ en cinefluorografía.

En los equipos modernos se recomienda medir tasa de dosis a la entrada del Intensificador de Imagen interponiendo en el haz de rayos X o bien 20 cm de PMMA, que representa un paciente estándar, o bien 1,5 o 2 mm de cobre para cada uno de los modos de operación del equipo y dentro de cada modalidad, para cada una de las condiciones predefinidas. Otros autores indican, como metodología de medida al instalar el equipo, interponer espesores crecientes de PMMA (entre 0 y 30 cm) y anotar los valores de la tensión, corriente, duración del pulso y tasa del

pulso que son automáticamente seleccionados, midiendo la tasa de dosis a la entrada del II en cada caso. Este método da una indicación de como está calibrado el CAI. En varias de las publicaciones indicadas en la bibliografía aparecen valores de la tasa de dosis a la entrada del II medidos en diversos equipos. En el caso de los equipos fluorográficos se recomienda que la tasa de dosis se integre para varias imágenes, dado que los valores de la tasa de dosis son muy bajos en esta modalidad.

DE010.- Reproducibilidad de la tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del intensificador de imagen

Calificación ESENCIAL

Tolerancias $\leq 5 \%$

Material Detector de radiación y electrómetro, filtro de cobre, láminas de PMMA u otro maniquí adecuado.

Periodicidad Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones ---

DE011.- Compensación del CAI para distintos espesores y tensiones (equipos fluoroscópicos convencionales)

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Máxima desviación con respecto al valor determinado en DE009 $\leq \pm 5 \%$

Material Detector de radiación y electrómetro. Distintos espesores de PMMA u otro material equivalente.

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 45 min

Personal Experto

Observaciones Se medirá la tasa de dosis a la entrada del intensificador de imagen para cada tamaño de campo, variando la tensión y seleccionando distintos espesores de PMMA.

DE012.- Reproducibilidad del CAE (*equipos fluorográficos convencionales*)

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Exposición $\leq 10\%$ con respecto al valor medio obtenido en una serie de aproximadamente 10 exposiciones.
Densidad $\leq 0,2$ DO con respecto al valor medio obtenido en una serie de aproximadamente 10 exposiciones.

Material Detector de radiación y electrómetro, 1 mm de cobre o maniquí homogéneo equivalente a paciente y densitómetro

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones El valor medio de la DO en una posición estándar del selector de densidades del equipo suele estar ente 1 y 1,2 (base+velo incluida). El valor de la DO de la base+velo suele ser 0,15 para película de 105 mm, ligeramente superior a este valor para película de 100 mm y ligeramente más baja para cine.

DE013.- Compensación del CAE para distintos espesores y tensiones (*equipos fluorográficos convencionales*)

Calificación ESENCIAL

Tolerancias La máxima desviación de DO con respecto al valor medio obtenido en DE012 $\leq \pm 0,2$ DO

Material Distintos espesores de cobre o de otro material adecuado y densitómetro

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 60 min

Personal Experto

Observaciones ---

3.1.1.2.5 Tasa de dosis al paciente

DE014.- Tasa de dosis máxima al paciente estándar

Calificación ESENCIAL

Tolerancias De acuerdo con las normas publicadas por el Food and Drug Administration (1995), los valores máximos de tasa de dosis medidos con un maniquí de 20 cm de agua o equivalente deben ser:

- Fluoroscopia en modo normal ≤ 100 mGy/min
- Fluoroscopia de alta tasa de dosis ≤ 200 mGy/min
- Fluorografía no pulsada, la tasa deberá ser ≤ 100 mGy/min

En adquisición digital de imágenes no hay tolerancias establecidas.

Material Detector de radiación y electrómetro. Maniquí de atenuación equivalente a paciente.

Periodicidad Trimestral / Inicial, tras cambios

T. estimado 45 min

Personal Experto, técnico

Observaciones

De acuerdo con el Real Decreto 1976/1999, la tasa de dosis máxima para fluoroscopia convencional, incluida la retrodispersión, medida con un maniquí de 20 cm de PMMA no deberá ser superior a 100 mGy/min.

En los equipos fluoroscópicos de arco, la tasa de dosis deberá medirse a 30 cm de la pantalla de entrada del intensificador de imagen, con el tubo de rayos X colocado a una distancia del intensificador superior a 30 cm.

La norma americana exige que las medidas sean realizadas en las siguientes condiciones:

- Tubo de rayos X debajo de la mesa: a 1 cm por encima de la mesa.
- Tubo de rayos X encima de la mesa: a 30 cm por encima de la mesa.

Los niveles de referencia de tasa de dosis establecidos por diversas organizaciones (OIEA,

FAO, etc.) en el documento International Basic Safety Standards son:

≤ 25 mGy/min (en aire con retrodispersión)

≤ 100 mGy/min en equipos en modo de alta tasa de dosis

En diversos estudios se pone de manifiesto que la utilización de la fluoroscopia pulsada implica reducciones en la tasa de dosis al paciente que oscilan entre un 25% a un 40%.

DE015.- Reproducibilidad de la tasa de dosis de entrada al paciente con CAE

Calificación ESENCIAL

Tolerancias ≤ 10 %

Material Detector de radiación y electrómetro. Maniquí de atenuación equivalente a paciente.

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 45 min

Personal Experto, técnico

Observaciones ---

3.1.1.2.6 Señal de video

DE016.- Pulso de sincronismo

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Osciloscopio. 1 mm de cobre. Impedancia terminal de 75 ohm.
Semicírculo de plomo

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Experto

Observaciones Valores típicos: 300-400 mV medidos desde el nivel de supresión o extinción.

DE017.- Nivel de negro

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Osciloscopio, 1 mm de cobre, impedancia terminal de 75 ohm y semicírculo de plomo

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Experto

Observaciones Valores típicos: 50-150 mV medidos desde el nivel de supresión o extinción.

DE018.- Amplitud de la señal de vídeo (Vo)

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias Valor: Según especificaciones del fabricante.

Constancia $\leq \pm 10\%$ del valor de referencia estimado en las pruebas de estado.

Material Osciloscopio, 1 mm de cobre, impedancia terminal de 75 ohm y semicírculo de plomo

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Experto

Observaciones Valores típicos: 600-1000 mV medidos desde el nivel de negro.

DE019.- Amplitud del ruido de la señal de vídeo

Calificación COMPLEMENTARIO
Tolerancias Según especificaciones del fabricante
Material Osciloscopio, 1 mm de cobre, impedancia terminal de 75 ohm y semicírculo de plomo
Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios
T. estimado 10 min
Personal Experto
Observaciones Valores típicos: <150 mV

DE020.- Viñeteo

Calificación COMPLEMENTARIO
Tolerancias $\leq 0,5 V_0$
Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios
T. estimado 5 min
Personal Experto
Material Osciloscopio y 1 mm de cobre

Observaciones El viñeteo se puede determinar de forma aproximada midiendo la reducción de la amplitud de la señal de vídeo que tiene lugar en el extremo correspondiente al borde del campo.

3.1.1.2.7 Calidad de imagen en equipos convencionales

Equipos de fluoroscopia

DE021.- Escala de grises

Calificación ESENCIAL
Tolerancias Las imágenes de los detalles contenidos en el maniquí deben visualizarse por igual. Los valores de la tensión y de la corriente indicados en el equipo deben estar respectivamente dentro del $\pm 5\%$ y $\pm 20\%$ de los valores de referencia.

Material Maniquí de atenuación y maniquí de escala de grises

Periodicidad Trimestral/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto/ Técnico

Observaciones

El maniquí de escala de grises contiene dos objetos con diámetros de al menos 1cm inscritos en dos cuadrados de al menos 2x2 cm. Las imágenes de estos dos objetos obtenidas bajo condiciones adecuadas consisten en un disco blanco (95 % de transmisión) rodeado por un fondo aún más blanco (100 %) y un disco oscuro (5 % de transmisión) rodeado por un fondo aún más oscuro (0 % de transmisión).

Las imágenes del maniquí han de visualizarse con control manual y con control automático de intensidad, seleccionando el tamaño de campo mayor y colimando el campo de radiación al tamaño de la dimensión mayor del objeto de ensayo. Los valores de la tensión y de la corriente automáticamente seleccionados por el equipo deben compararse con los valores de referencia determinados en las pruebas de constancia realizadas inicialmente.

La obtención de imágenes del maniquí de escala de grises posibilita verificar la constancia en el funcionamiento del control automático de intensidad.

DE022.- Límite de resolución a alto contraste

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Intensificador de imagen de ICs: Na; monitor de TV de 512 líneas.

Tamaño de campo de 36 cm \geq 0,9-1 pl/mm; de 30 cm \geq 1,12 pl/mm; de 23 cm \geq 1,2 pl/mm; de 15 cm \geq 1,6 pl/mm

Material Patrón de barras de plomo con espesor comprendido entre 50 y 100 μ m, conteniendo grupos de pares de línea (pl), con 5 pares de línea en cada grupo y resoluciones comprendidas entre 0,5 y 5 pl/mm.

El número de grupos de resolución visualizados no debería disminuir en dos grupos y no deberá disminuir en tres con respecto al número

de grupos de resolución visualizados en las pruebas de estado (valor de referencia).

Periodicidad Trimestral / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto/ Técnico

Observaciones

La observación se deberá realizar en las condiciones óptimas de visualización. Cuando el monitor de TV es de 1.024 líneas, la resolución es 2 - 2,2 pl/mm para un tamaño de campo de 23 cm. Hay que estimar la resolución para cada tamaño de campo y para cada monitor de TV situado en la sala. El patrón de barras deberá colocarse en el centro del campo de entrada del intensificador de imagen y formando un ángulo de aproximadamente 45º con el eje ánodo cátodo con el fin de que no se produzcan interferencias con las líneas de barrido del monitor de TV.

Los valores consignados en las tolerancias corresponden al límite de resolución del intensificador de imagen más la cámara de TV más el monitor de TV y son siempre inferiores al límite de resolución que proporciona el intensificador de imagen.

En este caso, los valores típicos de los modernos intensificadores oscilan entre 3,5 y 5,5 pl/mm en el modo normal de operación y pueden superar las 7 pl/mm cuando se seleccionan tamaños de campo más pequeños.

DE023.- Uniformidad de la resolución en todo el campo

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias ----

Material Patrón de barras de plomo y retícula metálica de resolución conocida

Periodicidad Anual/ Inicial tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones Comprobar la uniformidad para cada tamaño de campo.

DE024.- Umbral de sensibilidad a bajo contraste

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Tamaño de campo de 36 cm \leq 4%; de 30 cm \leq 3,5%; de 23 cm \leq 2,7%; de 15 cm \leq 1,9%. El número de discos visualizados no deberá diferir en más de uno con respecto al número determinado en las pruebas de estado.

Material Objeto de ensayo conteniendo discos de al menos 1 cm de diámetro y bajo contraste con contrastes calibrados comprendidos entre 1 y 20 %. Maniquí de atenuación.

Periodicidad Trimestral / Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto/Técnico

Observaciones El procedimiento consiste en contar el número de discos visibles en el monitor de TV utilizado en radioscopia y en el utilizado para observar las imágenes almacenadas.

DE025.- Umbral de sensibilidad para objetos de distinto tamaño en función del contraste

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias ----

Material Objeto de ensayo conteniendo objetos de bajo contraste de diferentes tamaños y contrastes calibrados, filtro de cobre y papel log-log

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones

Estimar el umbral de sensibilidad sobre el monitor de TV y para el tamaño de campo normalmente utilizado con los valores de tasa de exposición que se utilizan en las condiciones clínicas.

La utilización de los objetos de ensayo que combinan el contraste con el tamaño de los objetos requiere una definición cuidadosa de las condiciones de visualización para que los resultados obtenidos en distintos controles sean consistentes. El parámetro que más influye en los resultados es la distancia entre el observador y el monitor de TV. Por ello, se recomienda que en los controles periódicos se mantenga una distancia fija, mientras que en las pruebas de aceptación o de comparación del funcionamiento de diversos equipos la distancia sea variable para minimizar sesgos asociados al comportamiento del sistema visual humano.

3.1.1.2.8 Equipos fluorográficos

DE026.- Límite de resolución a alto contraste

Calificación ESENCIAL

Tolerancias ---

Material Patrón de barras de plomo de 100 μ m de espesor, lupa (8x) y densitómetro

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto/ Técnico

Observaciones Se deberá determinar para todos los tamaños de campo. Valores típicos: Tamaño de campo de 36 cm: 2,0 pl/mm; de 23 cm: 3 pl/mm; de 15 cm: 3,5 pl/mm

DE027.- Umbral de sensibilidad a bajo contraste

Calificación ESENCIAL

Tolerancias ---

Material Objeto de ensayo conteniendo objetos de bajo contraste con contrastes calibrados, maniquí de atenuación y densitómetro

Periodicidad Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto/ Técnico

Observaciones ---

DE028.- Umbral de sensibilidad para objetos de distinto tamaño en función del contraste

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias ---

Material Objeto de ensayo conteniendo objetos de bajo contraste de diferentes tamaños y contrastes calibrados y de diámetro conocido, filtro de cobre, papel log-log, lupa (4x) y densitómetro

Periodicidad Anual/ Inicial tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones ---

3.1.1.2.9 Calidad de imagen en sistemas digitales

En esta sección se presentan los parámetros de control de calidad de los sistemas digitales: fluoroscopia digital de escala de grises y angiografía con sustracción digital de la imagen. Los elementos comunes con otros equipos de fluoroscopia convencional, generador, tubo y lógica de control se tratan en los apartados correspondientes. Otros controles de imagen también son comunes a la fluoroscopia analógica, por ejemplo: coincidencia del campo de radiación, tamaño y distorsión de la imagen, uniformidad de la imagen, señal de vídeo, etc.

Normalmente los equipos de fluoroscopia digital admiten múltiples modos de dosis y calidad de imagen, por ello se recomienda realizar los controles en diversos modos, especialmente los de relevancia y uso clínico.

La fluoroscopia digital suele llevar incluida diversas funciones no incluidas en la fluoroscopia analógica orientadas a mejorar la calidad de la imagen y reducir las dosis a los pacientes. Entre ellas pueden mencionarse: las técnicas de reducción de

ruido, las técnicas de resalte de bordes, las técnicas automáticas de mejora del contraste, la última imagen memorizada , los modos de reducción de dosis y la sustracción digital de la imagen. Aún cuando los controles que se realicen sean los mismos que los de fluoroscopia analógica, es importante conocer si dichas funciones están activadas y repetir los controles con y sin su activación.

Fluoroscopia digital de escala de grises

DE029.- Límite de resolución espacial

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Objeto de prueba FAXIL TOR o similar conteniendo una rejilla de resolución

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min por modo de adquisición

Personal Experto

Observaciones El ensayo puede realizarse con cualquier rejilla de resolución que permita visualizar hasta 5,0 pl/mm

DE030.- Umbral de sensibilidad a bajo contraste

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Objeto de prueba FAXIL TOR, objeto de prueba FAXIL TO.12 o equivalente con detalles de bajo contraste

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones La apreciación visual para ensayos rutinarios puede realizarse con los discos contenidos en el maniquí TOR, para la obtención de curvas de detalles de

contraste o curvas de umbral de detectabilidad de detalles deberá utilizarse el TO.12 o equivalente con detalles de distinto contraste y tamaño. Esta prueba deberá realizarse con el haz de rayos X calibrado.

DE031.- Rango dinámico

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Objeto de prueba FAXIL TOR [DR] o equivalente

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones El rango dinámico es la razón entre la máxima y la mínima exposición al intensificador de imagen para que una imagen sustraída tenga una calidad de imagen suficiente.

DE032.- Límite de resolución espacial para la última imagen memorizada

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias Según especificaciones del fabricante

Material Objeto de prueba FAXIL TOR o similar conteniendo una rejilla de resolución

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Experto

Observaciones La resolución espacial evaluada en la última imagen memorizada es similar a la de la fluoroscopia en vivo si se realiza con objetos estáticos pero puede ser inferior hasta un 30%, dependiendo del equipo, si se realiza la prueba con objetos en movimiento

DE033.- Umbral de sensibilidad a bajo contraste para la última imagen memorizada

Calificación	COMPLEMENTARIO
Tolerancias	Según especificaciones del fabricante
Material	Objeto de prueba FAXIL TOR, objeto de prueba FAXIL TO.12 o equivalente con detalles de bajo contraste
Frecuencia	Anual/ Inicial, tras cambios
T. estimado	30 min
Personal	Experto
Observaciones	La visualización de bajos contrastes evaluados en la última imagen memorizada es similar a la de la fluoroscopia en vivo si se realiza con objetos estáticos pero puede ser inferior hasta un 30%, dependiendo del equipo, si se realiza la prueba con objetos en movimiento

3.1.1.3 PROCESADORAS PARA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL

RV019.- Temperatura de procesado

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias	Desviación $< \pm 0,5$ °C respecto al valor señalado por el fabricante
Material	Termómetro digital o de alcohol
Frecuencia	Inicial, tras cambios y cuando los parámetros sensitométricos estén fuera de tolerancia
T. estimado	10 min
Personal	Técnico

Observaciones También puede controlarse la temperatura del fijador (la tolerancia es de ± 2 °C) y la temperatura del agua. Deberán realizarse ajustes iniciales de temperatura cuando se produzcan cambios en el tipo de película.

RV020.- Sensitometría: índice de velocidad, índice de contraste y base + velo

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Para la base más el velo, la densidad óptica deberá ser $\leq 0,3$ DO.
Para los índices de velocidad y de contraste, la desviación con respecto a los valores de referencia deberá ser $\leq \pm 0,15$ DO.

Material Sensitómetro, densitómetro y películas radiográficas

Frecuencia Diaria / Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Técnico

Observaciones

Para la base más el velo, se recomienda un valor $\leq 0,2$ DO. Para la realización de esta prueba es fundamental el establecimiento de los valores de referencia. Estas referencias serán independientes para cada sistema reveladora -película. Las referencias se tomarán en condiciones óptimas de procesado: reveladora limpia, temperatura de químicos y pH controlados, opinión favorable del radiólogo con respecto a la calidad de las imágenes obtenidas, etc. En esta situación se revelarán un total de cuatro tiras sensitométricas. Para cada una de ellas se determinarán los dos escalones cuyas densidades ópticas sean más cercanas a 1 y 2. Serán, respectivamente, los escalones n y m y sus densidades ópticas serán DO_n y DO_m .

Con estos datos se medirá:

- a) la base + velo, esto es, la densidad óptica en el primer escalón (exposición cero)
- b) el índice de velocidad = DO_n
- c) el índice de contraste = $DO_m - DO_n$

El valor medio de los índices de velocidad, contraste y base + velo obtenidos para cada una de las cuatro tiras sensitométricas constituirán las referencias de aplicación a partir de ese momento. Los índices de velocidad y de contraste deberán medirse siempre en los escalones m y n.

Los valores de referencia deberán modificarse tras cambios importantes como: sustitución de modelo de película o de químicos, variaciones de temperatura de químicos, tiempo total de procesado, etc. Conviene usar películas de la misma caja o lote.

RV021.- Actividad de procesado

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias Las desviaciones del pH del revelador y del fijador deberán ser $\leq \pm 0,5$ respecto a los valores señalados por el fabricante

Material pH-metro

Frecuencia Inicial, tras cambios y en función de los resultados de la prueba RV020

T. estimado 15 min

Personal Técnico

Observaciones ---

RV022.- Tiempo total de procesado

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias Desviación $< \pm 3\%$ respecto valor señalado por el fabricante

Material Cronómetro, película

Frecuencia Anual / inicial, tras cambios y en función de los resultados de la prueba RV020

T. estimado 10 min

Personal Técnico

Observaciones ---

RV023.- Artefactos debidos a la procesadora

Calificación ESENCIAL

Tolerancias La procesadora no deberá ocasionar artefactos en la imagen

Frecuencia Diaria/Inicial, tras cambios

T. estimado 5 min

Personal Técnico/ Experto

Material Película previamente impresionada

Observaciones

En el trabajo de rutina clínico, la presencia continuada de marcas y manchas en las películas deberá ser notificada al experto en control de calidad para establecer la causa de la anomalía. Se puede realizar, también, de forma simultánea con la prueba RV020.

3.1.1.4 CÁMARAS LASER

Para el control de calidad rutinario de las cámaras láser se aconseja, como herramienta fundamental, la utilización de una cuña sensitométrica generada por la propia cámara láser y el generador de señal SMPTE, estándar de la "Society of Motion Picture and Television Engineers", en formato digital. En estas condiciones y con una pequeña experiencia práctica pueden verificarse los parámetros propuestos en 1h - 1h 30m aproximadamente.

RV046.- Distorsión geométrica

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	Distorsión integral $\leq 5 \%$
Material	Objeto de ensayo SMPTE o equivalente y regla
Frecuencia	Anual / Inicial, tras cambios
T. estimado	15 min
Personal	Experto
Observaciones	---

RV047.- Relación de aspecto

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	$\leq 1 \%$
Material	Objeto de ensayo SMPTE o equivalente y regla

Frecuencia Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Experto

Observaciones ---

RV048.- Uniformidad de la imagen

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Desviación con respecto al valor medio $\leq \pm 0,05$ DO

Material Objeto de ensayo SMPTE o equivalente y densitómetro

Frecuencia Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones

El tono de gris del fondo del objeto de ensayo SMPTE (aproximadamente al 50 % del nivel medio del brillo y con una densidad óptica aproximada de 1,1-1,2 DO) deberá presentar una densidad uniforme.

RV049.- Resolución de alto y bajo contraste

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Visualización nítida de los patrones de alto y bajo contraste del centro y las esquinas de la imagen.

Material Objeto de ensayo SMPTE o equivalente y lupa

Frecuencia Semestral / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones El objeto de ensayo SMPTE presenta en el centro y en las esquinas de la imagen un patrón de modulación total (100 %) con una variación de la frecuencia en incrementos de 1, 2 y 3 pixel.

El patrón de bajo contraste mantiene la frecuencia pero varía el contraste al 1 %, 3 % y 5 % de la modulación total.

RV050.- Sensibilidad de contraste

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	Apreciar diferencias visualmente
Material	Objeto de ensayo SMPTE o equivalente y lupa
Frecuencia	Semestral / Inicial, tras cambios
T. estimado	10 min
Personal	Experto

Observaciones En la escala de grises del objeto de ensayo deberían observarse diferencias extremas (5 % de diferencia sobre el nivel de señal mínima, entre 0 - 5 %, y máxima, entre 95 - 100 %). Ello será un indicativo de que los niveles de brillo y contraste están ajustados correctamente.

RV051.- Escala de grises

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	$\pm 0,1 - 0,15$ DO
Material	Objeto de ensayo SMPTE o equivalente y densitómetro
Frecuencia	Semestral / Inicial, tras cambios
T. estimado	20 min
Personal	Experto

Observaciones Debería hacerse una curva similar a la del control del revelado sobre una base semanal, respecto a unos valores de referencia. Se elige un nivel de baja densidad (90 % con densidad 0,25 DO aproximadamente), un nivel de densidad media (40 % con densidad 1,1-1,2 DO aproximadamente) y dos niveles con una diferencia en densidad aproximada de 1,2 DO (10 % y 70 % aproximadamente).

3.1.1.5 DIGITALIZADORES DE PELÍCULAS

El objetivo del control de calidad de un digitalizador de películas es verificar el grado de exactitud con que el digitalizador captura la información contenida en una película radiográfica analógica y la convierte en señal digital.

Muchas de las medidas que se proponen para el control de calidad periódico del digitalizador se simplificarán de forma notable si se dispone de un programa de ordenador que permita el análisis cuantitativo de los diferentes parámetros a valorar. Algunos fabricantes de digitalizadores han desarrollado “software” específico para permitir la automatización de las verificaciones, por lo que es recomendable tenerlo presente en el proceso de adquisición del equipo.

Si además se dispone de películas de referencia estándar, todo el proceso podrá completarse en menos de una hora. La frecuencia podrá variar en función del grado de utilización del digitalizador.

RV052.- Rendimiento densitométrico (escala de grises)

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Exactitud $\leq \pm 5 \%$. Reproducibilidad $\leq 5 \%$

Material Cuña sensitométrica calibrada y programa de ordenador para análisis

Frecuencia Semestral / Inicial, tras cambios

T. estimado 20 min

Personal Experto

Observaciones

Para realizar el análisis cuantitativo se necesita disponer de una presentación electrónica de los valores de intensidad numéricamente asignados. La curva característica del digitalizador relacionará el valor del pixel medido con la densidad óptica de la película. Como método alternativo se puede utilizar una cuña sensitométrica generada de forma manual, o también el objeto de ensayo SMPTE para generar una película para su digitalización y evaluación de los valores de densidad.

RV053.- Uniformidad de la imagen

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Desviación con respecto al número promedio $\leq \pm 5 \%$

Material Digitalización de una película de referencia estándar expuesta uniformemente

Frecuencia Semestral / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones

Tomando como referencia una región de interés de aproximadamente 100 x 100 pixel, obtener los números digitales promedio en el centro y en los cuadrantes periféricos de la imagen digital.

Además, la desviación estándar dentro de la región de interés elegida servirá de indicativo del nivel de ruido de la imagen. Valores elevados del ruido pueden ser un indicativo de desajuste del digitalizador.

RV054.- Exactitud geométrica

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Desviación $\leq \pm 5 \%$

Material Película de referencia con entramado de líneas definido y programa de ordenador para análisis

Frecuencia Anual / Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Experto

Observaciones

Esta prueba permite verificar la exactitud del digitalizador en los ejes X e Y. Una vez digitalizada la película con el entramado patrón el programa automáticamente toma un perfil en cada dirección, X e Y, calcula el nº de pixel en un intervalo definido, y por comparación con el valor esperado se halla el margen de error. También se puede evaluar digitalizando una película del objeto de ensayo SMPTE y midiendo la distancia.

RV055.- Resolución de alto y bajo contraste

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	Visualización nítida de los patrones de alto y bajo contraste
Material	Película con objeto de ensayo SMPTE o equivalente
Frecuencia	Anual / Inicial, tras cambios
T. estimado	15 min
Personal	Experto

Observaciones

Digitalizar la película con el objeto de ensayo SMPTE y apreciar visualmente la calidad de imagen en alto y bajo contraste en el centro y en los cuadrantes externos de la imagen, sobre un monitor de TV. Alternativamente se puede evaluar utilizando una película de referencia, obtenida manualmente, con otro patrón que represente objetos con alto y bajo contraste (se puede obtener una imagen de un maniquí mamográfico, tal como el ACR ó el CIRS).

3.1.2 AMBIENTE

3.1.2.1 CUARTO OSCURO

RV005.- Temperatura

Calificación	COMPLEMENTARIO
Tolerancias	20-25º C (se sugiere seguir los límites marcados por las casas fabricantes de películas)

Material Termómetro

Frecuencia Trimestral

T. estimado 5 min

Personal Técnico

Observaciones La prueba deberá ser ESENCIAL en el caso de que se constate que las películas permanezcan en el cuarto oscuro durante intervalos prolongados de tiempo.

RV006.- Humedad

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias 40-60 % (se sugiere seguir los límites marcados por las casas fabricantes de películas)

Material Higrómetro

Frecuencia Trimestral

T. estimado 10 min

Personal Técnico

Observaciones Las mismas que RV005

RV007.- Nivel de radiación

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias < 20 μ Gy/semana por encima del fondo

Material Dosímetros de área

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 30 min

Personal Técnico

Observaciones Puede realizarse una dosimetría con lectura bimensual. La medida deberá ser ESENCIAL si existen paredes comunes a salas de RX. La tolerancia se asigna con carácter general; en el caso de películas con respuesta crítica a la radiación se seguirán las indicaciones del fabricante.

RV008.- Estanqueidad a la luz blanca

Calificación ESENCIAL

Tolerancias Apreciación visual

Material Ninguno

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 15 min

Personal Técnico

Observaciones La prueba se realizará tras 5 min de acomodación a la oscuridad en el cuarto, buscando a continuación entradas de luz blanca por puertas, pasachasis, procesadora, etc. Es necesario iluminar todo lo posible los cuartos adyacentes antes de realizar la prueba.

RV009.- Efectividad de las luces de seguridad y de los filtros

Calificación ESENCIAL

Tolerancias

El aumento de densidad óptica sobre una película expuesta con un Sensitómetro no será superior a 0,05 DO en cualquier escalón tras un 1 min de exposición a la luz de seguridad (a 1 m de distancia). Pueden utilizarse también las tolerancias del fabricante del filtro. Se controlará que las luces de seguridad estén a un metro o más de las superficies de trabajo, bandejas de entrada de la procesadora, etc.; y que las bombillas de las luces de seguridad tengan una potencia ≤ 15 W si no son de bajo consumo.

Material Película. Sensitómetro. Densitómetro.

Frecuencia Anual/ Inicial, tras cambios

T. estimado 10 min

Personal Técnico

Observaciones

Deberá cuidarse la idoneidad de los filtros en función del tipo de película utilizada. Se utilizarán dos películas expuestas con el sensitómetro. Se procesará una en total oscuridad y la otra tras un minuto de exposición a la luz roja de seguridad a 1 metro de distancia de la misma. Se medirá la Densidad Óptica de cada uno de los escalones de ambas películas; sobre estos resultados se aplicará la tolerancia establecida. Se procurará eliminar las posibles entradas de luz del exterior, apagando las luces de los alrededores si fuera necesario.

3.1.2.2 ALMACENAJE DE PELÍCULAS

RV010.- Temperatura

Calificación COMPLEMENTARIA

Tolerancias 20-25 °C (Se sugiere seguir los límites marcados por las casas fabricantes de películas).

Material Termómetro

Frecuencia Trimestral

T. estimado 5 min

Personal Técnico

Observaciones Es preciso realizar medidas en diferentes estaciones y cuidar los cambios de condiciones ambientales por encendido o apagado de calefactores, etc.

RV011.- Humedad

Calificación COMPLEMENTARIO

Tolerancias 40-60 % (se sugiere seguir los límites marcados por las casas fabricantes de películas)

Frecuencia Trimestral

T. estimado 10 min

Personal Técnico

Material Higrómetro

Observaciones Los mismos comentarios que en RV010

RV012.- Nivel de radiación

Calificación	ESENCIAL
Tolerancias	< 20 µGy/semana por encima del fondo.
Frecuencia	Anual/ Inicial, tras cambios
T. estimado	30 min
Personal	Técnico
Material	Dosímetros de área.

Observaciones

Puede realizarse una dosimetría con lectura bimensual. La tolerancia se asigna con carácter general, en caso de películas con respuesta crítica a la radiación se seguirán las indicaciones del fabricante.

RV013.- Colocación apropiada de las cajas de películas

Calificación	COMPLEMENTARIO
Tolerancias	Mantener en posición vertical
Frecuencia	Inicial, tras cambios
T. estimado	15 min
Personal	Técnico/ Supervisor RD
Material	Ninguno

Observaciones

Se deberá cuidar también que se realiza de forma correcta la salida de las películas por fechas de caducidad.

RV014.- Seguimiento de la calidad de las distintas partidas de películas

Calificación	COMPLEMENTARIO
Tolerancias	Según especificaciones del fabricante
Material	Procesadora controlada, densitómetro, sensitómetro y termómetro

Frecuencia Inicial, tras recepciones de partidas de películas con número de emulsión nuevo

T. estimado 15 min por muestreo

Personal Experto

Observaciones

Realizar sensitometrías de control en procesadoras optimizadas y comparar con tiras sensitométricas patrones. Establecer un sistema de muestreo en función de los diferentes tipos y número de emulsión. Si no se dispone de tiras sensitométricas patrón, realizar una doble sensitometría con las partidas antigua y nueva.

3.1.3 INSTRUMENTACIÓN

La relación de instrumentos que se relaciona a continuación es solamente indicativa.

3.1.3.1 Instrumentación para equipos de radiografía convencional

- **Maniquí de colimación** (lámina metálica con escalas perpendiculares graduadas y punto de referencia de posición) o 9 marcadores opacos (monedas, bolitas de plomo, etc.).
- **Maniquí de alineación** comercial (cilindro de plástico con bolitas de plomo en el centro de cada base). Este maniquí se usa conjuntamente con el de colimación, ya que este dispone de un indicador de la desviación en grados.
- **Cámara de ionización** (volumen 30 a 120 cm³, 30 a 150 kV)
- **Electrómetro** (rango 1fC a 999 nC, exactitud ∇ 5 %, reproducibilidad ∇ 1 %)
- **Kilovoltímetro** (rango 30 a 150 kV, exactitud ∇ 1 kV, reproducibilidad ∇ 1 %)
- **Medidor de tiempo** (rango 1 ms a 99 s, exactitud ∇ 5 %, reproducibilidad ∇ 1 %)

- **Equipo compacto** (recomendable con ordenador y programa; mismos rangos, exactitud y reproducibilidad).
- **Láminas de aluminio** de pureza superior al 99,5 % y de 1 mm de espesor (4)
- **Maniquí para la calidad de la imagen**
- **Osciloscopio**
- **Chasis y películas radiográficas,**
- **Láminas de aluminio** de 1 a 5 cm espesor y
- **Densitómetro** (rango 0 a 4 DO, exactitud $\forall 0,1$ DO, reproducibilidad $\forall 1$ %)
- **Maniquí tomográfico**

3.1.3.2 Instrumentación para equipos fluoroscópicos y fluorográficos

La instrumentación requerida para realizar el control de calidad del generador, tubo de rayos X y geometría de estos equipos es, básicamente, la misma que la utilizada en radiografía convencional y con los mismos requisitos. Además:

- **Cámara de ionización** plana (espesor 1,5 a 2 cm, sensibilidad $2,5 \cdot 10^{-3}$ $\mu\text{C}/\text{kg}$ para tasa de exposición y $3 \cdot 10^{-7}$ $\mu\text{C}/\text{kg}$ para exposición),
- **Electrómetro** (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\forall 5$ %, reproducibilidad $\forall 1$ %),
- **Filtros** (preferentemente de cobre) de diferente espesor,
- **Osciloscopio** (a ser posible que pueda seleccionar una única línea de TV),
- **Impedancia terminal** de 75 Ohm,
- **Filtro de cobre** de 25 x 25 x 0,1 cm,

- **Láminas de PMMA** hasta un total de 30 cm de espesor,
- **Semicírculo de plomo** de 1 o 2 mm de espesor,
- **Maniquí para la calidad de la imagen** (objetos de ensayo de Leeds o equivalentes) que permita determinar:
 - *resolución de alto contraste*: grupos de barras con distintas densidades (por ejemplo, desde 0,5 pl/mm hasta 5 pl/mm). Es aconsejable que el espesor de las barras sea de 100 μm y que estén fabricadas en plomo
 - *uniformidad en la resolución*: malla o red que cubra todo el campo de visión y que tenga una densidad de pl/mm conocida
 - *umbral de contraste*: conjunto de objetos del mismo tamaño y forma y diferentes contrastes. Es importante que los contrastes estén calibrados para distintas tensiones y/o filtraciones y que cubran el intervalo comprendido entre 19 % y 0,5 %
 - *umbral de detección en función del tamaño y del contraste*: series de objetos del mismo tamaño dentro de cada serie, pero con distintos tamaños entre ellas y diferentes contrastes
- **Lupa 8x**
- **Densitómetro** (rango 0 a 4 DO, exactitud $\forall 0,1$ DO, reproducibilidad $\forall 1$ %)

3.1.3.3 Instrumentación para procesadoras

- **Sensitómetro** (21 pasos, incrementos 0,15 DO, reproducibilidad $\forall 0,04$ DO),
- **Densitómetro** (rango 0 a 4 DO, exactitud $\forall 0,1$ DO, reproducibilidad $\forall 1$ %),
- **Malla** para el ensayo de contacto cartulina-película

- **Termómetro**

- **Fotómetro**

- **Generador de señal SMPTE**

3.2 REPORTE 74 DE LA AAPM: CONTROL DE CALIDAD EN RADIOLOGÍA PARA DIAGNÓSTICO

3.2.1 TECNOLOGÍAS

3.2.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES

3.2.1.1.1 Revisiones visuales diarias

El sistema debe evaluarse antes del uso sobre el primer paciente, y después de esto, en una base diaria para la funcionalidad de todos los componentes y accesorios.

Debe prestarse atención a los aspectos que puedan ocasionar un riesgo a operadores o pacientes, tales como: cables raídos, bordes afilados expuestos, interconexiones sin funcionamiento, etc. Esto debe ser incluido como parte de una rutina diaria de precalentamiento. Esta rutina también proporciona una oportunidad de verificar la suficiente existencia de suministros y disponibilidad de accesorios.

3.2.1.1.2 Tubos de rayos X y Colimadores

Se deben probar por lo menos anualmente todos los parámetros.

3.2.1.1.2.1 Calidad del haz central

La calidad del haz central tiene un impacto mayor en la dosis al paciente y un impacto un tanto más pequeño en la calidad de la imagen final. La calidad del haz varía de acuerdo a la edad del tubo de rayos X debido a la deposición del material del blanco en el interior del tubo y a la rugosidad del blanco. Esta medida debe

hacerse por lo menos anualmente y siempre que el tubo de rayos X o el colimador se reemplace o se repare.

3.2.1.1.2.2 Campo de luz / Alineación del campo (Congruencia)

La alineación entre el campo de luz y el campo de radiación permite al tecnólogo posicionar el campo para exponer sólo la anatomía de interés. Un desalineo puede resultar en exposiciones innecesarias o repetidas.

La prueba debe realizarse por lo menos anualmente en equipos nuevos. La frecuencia de la prueba puede requerir aumento según el envejecimiento del sistema. Debe confirmarse la funcionalidad del campo de luz así como la suficiencia de la iluminación del campo.

El Código de Regulaciones Federales actualmente requiere que la variación entre un campo individual de rayos X y los bordes del campo de luz debe ser de $\pm 2\%$ de la distancia foco película.

3.2.1.1.2.3 Exactitud de la escala X-Y (Indicador del tamaño del campo)

La exactitud de los indicadores X-Y del colimador permite una adecuada definición del campo de rayos x cuando la luz del colimador no es funcional o no se ve claramente debido al posicionamiento o la anatomía del paciente. La exactitud debe evaluarse anualmente o tan a menudo como sea necesario para mantener el buen funcionamiento del equipo. Actualmente se requiere que la variación entre el tamaño del campo de rayos x y el tamaño de los indicadores debe ser de $\pm 2\%$ de la distancia desde la fuente al receptor de imagen⁹.

3.2.1.1.2.4 Sistema de Limitación del Campo

También se conoce como colimación automática, previene que el campo de rayos x exceda el tamaño del receptor de imagen usado. La variación entre los bordes del campo de rayos x y los correspondientes receptores de imagen debe ser de $\pm 2\%$ la distancia desde la fuente al receptor de imagen. El sistema debe ser capaz de

⁹ Esta distancia, en inglés se conoce como source to image detector o SID

detectar cuando el sistema de colimación automática está activado y cuando no, así como también debe ser capaz de permitir el ajuste manual para tamaños de campos más pequeños que las dimensiones del receptor.

Existen varios tipos de colimación automática, todos estos sistemas deben detectar el tamaño del receptor de imagen y permitir ajustes al tamaño del campo de tal forma que este no exceda el tamaño del receptor a la SID calibrada. Algunos sistemas también pueden sensor la SID, permitiendo el ajuste automático a cualquier valor de la variedad de SIDs comunes (típicamente de 40, 48, y 72 pulgadas) o el ajuste en un rango de SIDs que incluye algunas distancias comunes (típicamente de 40 pulgadas). Cuando el sistema no está en una posición calibrada, se debe energizar (e indicar) un circuito de prevención de exposición (o "Hold") o en su defecto debe ser claramente indicado un modo "Manual".

Debe existir y ser funcional un sistema manual que permita ajustes a tamaños de campo más pequeños que el receptor de imagen (caseta). El sistema de limitación de campo que se utilice debe ser definido y probado adecuadamente. Se debe confirmar su correcta operación ya sea con un campo de luz bien alineado o con indicadores de tamaño de campo adecuados. La operación correcta se debe confirmar con al menos dos tamaños de receptores de imagen diferentes, uno no más largo que 8 x 10 pulgadas y uno no más pequeño que 14 x 17 pulgadas. Se deben realizar pruebas anualmente o tan a menudo como sea necesario para mantener la correcta operación y alineamiento.

3.2.1.1.2.5 Alineamiento haz de Rayos X - Bucky

El haz central se debe alinear con el centro del receptor de imagen, cuando este se ubica en el bucky, para prevenir cortes de imagen. La mayoría de sistemas usan una combinación de seguros electromecánicos y luces de alineamiento para indicar cuando el sistema está alineado correctamente. Actualmente, las regulaciones federales requieren que la variación entre los bordes del campo de rayos x y los bordes del receptor de imagen sea de $\pm 2\%$ de la SID. Se deben ejecutar pruebas al menos anualmente o tan a menudo como sea necesario para mantener un correcto

alineamiento. Los sistemas más viejos pueden requerir una evaluación más frecuente.

3.2.1.1.2.6 Tamaño del Punto Focal

El tamaño de la fuente de radiación tiene un impacto considerable sobre la resolución en la imagen. Los tamaños del punto focal deben medirse de acuerdo a los lineamientos de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos¹⁰ para asegurar un desempeño apropiado. Para el caso de imágenes de propósito general (cabeza y cuello, región abdominal, columna, genito urinarias, etc.), existe una regla que sugiere una dimensión focal nominal de aproximadamente 0.1% de la SID. Mientras que para imágenes detalladas (pediátricas, extremidades, etc.) las dimensiones medidas de punto focal deben ser menos de 0.05% de la SID. Estas especificaciones sugeridas resultan en 2.0, 1.2 y 0.6 mm de tamaño de punto focal nominal para pecho, imágenes de propósito general y radiografía detallada respectivamente. La capacidad de resolución debe evaluarse usando el patrón de estrella.

3.2.1.1.3 Generadores de rayos X

La exactitud de los indicadores de técnica es crucial para la producción consistente de radiografías de alta calidad de sala en sala y de paciente en paciente. Dependiendo del uso requerido, el rango de técnicas a medir puede variar. Por ejemplo, un generador ubicado en una sala para radiografías de pecho necesita funcionar con gran exactitud solo entre 100 y 140 KVp, y una corriente del tubo necesaria para dar una densidad de película apropiada en 5 a 30 mseg. El mismo generador usado en una sala para radiografía general debe mantener su exactitud sobre un rango mucho más amplio (por ejemplo 50 a 120 KVp, y entre 20% y 100% de potencia). Se debe verificar el desempeño a través de todo el rango de selección y con particular atención a las técnicas usadas comúnmente. Todos los

¹⁰ Esta Asociación estadounidense se conoce como NEMA, National Electrical Manufacturers Association

parámetros deben evaluarse al menos anualmente después de la adquisición del equipo.

3.2.1.1.3.1 Calibración del kilovoltaje

La exactitud del indicador de kilovoltaje se evalúa más fácilmente usando un medidor de KVp no invasivo. Se debe tener precaución en orientar el dispositivo al haz para evitar errores sistemáticos. Se deben evitar errores debido a la respuesta en frecuencia del medidor de kV cuando se evalúan generadores de media frecuencia.

Los medidores no invasivos de KVp no miden directamente el kilovoltaje pico, miden la solidez o dureza del haz y la relaciona con el kilovoltaje actual usado bajo condiciones de calibración. Otras variables como el ángulo del ánodo, grado de desgaste del ánodo, y la filtración inherente y agregada pueden influenciar en la medida no invasiva del kV. Se debe poner especial atención a algunas unidades angio y cardíacas que están diseñadas con una alta filtración agregada. Algunas de estas unidades emplean una filtración de cobre para hacer que coincida el espectro de energía con el *borde k* del medio de contraste. Este tipo de filtración puede tener un efecto considerable en la medición no invasiva del kV. Los resultados del dispositivo de medición no invasivo pueden requerir la aplicación manual de factores dependientes del HVL para alcanzar la exactitud adecuada.

Pueden usarse también dispositivos de prueba invasivos (divisores de alto voltaje). Estos aparatos requieren un mayor entendimiento del diseño del generador y de la operación del divisor. La instalación de tal dispositivo conlleva a un riesgo puesto que se trata con alto voltaje, el cual puede ser letal para los operadores y daño para el equipo si no se conecta apropiadamente. Por estas razones, las pruebas invasivas no se recomiendan para el control de calidad rutinario. En cualquier caso, es importante que el físico médico comprenda las limitantes e inexactitudes inherentes del instrumento.

Se deben obtener, evaluar y documentar las formas de onda de kV en el rango de uso, durante los procedimientos de aceptación del equipo para futura referencia.

En general, las formas de onda deben ser estables en un $\pm 5\%$ desde la inicialización hasta al menos 100 mseg (puede que sea necesario mayor estabilidad de desempeño para algunas aplicaciones clínicas). No deben existir chispas durante cualquier exposición. Los tiempos de caída y de elevación deben ser menores al 1% y al 10% respectivamente, del tiempo total de exposición para la exposición clínica más pequeña fijada.

Para generadores de una fase y tres fases usados en radiografía de propósito general, los indicadores de kV deben mostrar el promedio de los picos de las formas de onda de voltaje con una variación máxima de 5%. Los generadores viejos puede que no sean capaces de cumplir esta especificación, y en tal caso se debe usar una tolerancia absoluta máxima de ± 4 kVp. Para generadores de descarga capacitiva, el indicador debe mostrar el máximo, o el valor inicial o de arranque, del potencial del pulso de kV. Los generadores de media frecuencia presentan un problema especial para definir el potencial del tubo. Para pulsos de kV altamente filtrados, la forma de onda puede interpretarse como la corriente directa (DC). En este caso, el promedio del valor de DC se toma como el valor de calibración. Otros generadores de media frecuencia producen formas de onda que no son tan legibles para interpretar y los métodos para solventar esto aún no han sido claramente definidos.

3.2.1.1.3.2 Cronómetro de Exposición

El generador debe ser capaz de finalizar la exposición después de un intervalo de tiempo preseleccionado. Las unidades de una fase solamente son capaces de finalizar la exposición en incrementos de 8.3 mseg (asumiendo una alimentación de 60 Hz). Los generadores trifásicos y de media frecuencia deben ser capaces de finalizar exactamente la exposición después de 2 mseg y a cualquier intervalo de tiempo después (extinción forzada). Para generadores que muestran el tiempo seleccionado previo a la exposición, la exactitud debe tener una variación máxima de $\pm 5\%$ (para tiempos mayores de 10 mseg) y $\pm 10\%$ para tiempos menores de 10

mseg. La reproducibilidad del tiempo de exposición debe estar dentro de un coeficiente de variación menor a 0.05.

Algunos generadores indican solamente el mAs de la exposición. Esto puede implicar un mA fijo o una operación de caída de carga. Para la operación de carga fija, es posible calcular el tiempo de exposición a partir del mAs seleccionado y las especificaciones del generador (es necesario conocer la corriente del tubo). Algunos fabricantes ofrecen una selección de niveles de potencia (típicamente 100%, 80% y 50% de la máxima potencia) para cada selección de mAs que corresponda a los tiempos de exposición corto, medio y largo. Las pruebas de exactitud del cronómetro en los generadores con solo indicadores de mAs son necesarios únicamente durante las pruebas de aceptación.

3.2.1.1.3.3 Cuantificación del haz (mR/mAs)

La salida de radiación en miliroentgens (mR) por miliamperios segundo (mAs) ayuda a la preparación de tablas para técnicas manuales y en el cálculo de la exposición al paciente. La constancia de la cantidad del haz variando el mA es un indicativo de la calibración de la corriente del tubo cuando se monitorea simultáneamente fluctuaciones menores de kV y de las apropiadas correcciones hechas. Para generadores de carga constante, el mA de operación dependerá del kV seleccionado y de los niveles de potencia del tubo o generador, los cuales pueden no estar indicados en la consola de control. La cantidad del haz a valores de mA adyacentes debe tener una tolerancia máxima de $\pm 20\%$ por debajo del valor que exige la ley federal. La salida debe ser también reproducible dentro de un coeficiente de variación menor de 0.1. Ya que esta cantidad es un indicativo de la adecuada calibración de la corriente del tubo, se recomienda que el mR/mAs sea constante para todos los valores de la corriente del tubo en cualquier punto focal dado a cualquier seteo de voltaje a través del rango completo disponible para tal punto focal, con una tolerancia de $\pm 20\%$. Deben monitorearse y corregirse las fluctuaciones en el kV.

Se debe caracterizar la salida de radiación en una variedad de valores de kV y mA de tal forma que encierre el rango útil del sistema a ambos puntos focales. Asimismo, se debe incluir en la documentación de la salida medida el kV, mA, tamaño del punto focal y tamaño de campo indicados, así como también la distancia desde la fuente al punto de medición y el kV medido en tal punto. A partir de esta información se calculan las entradas de exposición al paciente para aquellos procedimientos más comúnmente desarrolladas en la sala de rayos x.

Las formas de onda de salida de radiación revelan información concerniente a la operación de la unidad que de otra forma no estaría disponible. La forma del pulso de radiación representa la combinación de las formas de pulso del voltaje y corriente del tubo. La medida requiere el uso de un detector de radiación en el haz, conectado a un osciloscopio o a un dispositivo de captura digital para su visualización.

La cantidad del haz (mR/mAs) a una distancia específica varia en función del voltaje del tubo, el rizo de dicho voltaje, la corriente del tubo, y de la filtración total. Como primera aproximación, la cantidad del haz para generadores de una fase debe ser de 4 ± 0.8 mR/mAs a 80 kVp a 100 cm de SID con aproximadamente 2.5 mm de Aluminio de filtración total. La especificación no aplica para unidades de descarga de capacitor.

La cantidad del haz para el resto de tipos de generadores (con cantidad de rizo limitada) debe ser de aproximadamente 6 ± 1 mR/mAs a 80 kVp a 100 cm de SID con aproximadamente 2.5 mm de Aluminio de filtración total.

3.2.1.1.3.4 Control Automático de Exposición (AEC)

El sistema AEC debe proveer idealmente una densidad óptica constante sin importar el valor de kV o mA seleccionado, o el espesor de paciente en estudio. Un dispositivo AEC termina automáticamente la exposición basándose en la detección de radiación por medio de un monitor de radiación ubicado ya sea bajo la rejilla o bajo el detector de imagen. La señal del detector se usa para la descarga de un capacitor hasta que alcanza un voltaje de referencia calibrado, luego de alcanzar

ese valor se genera la señal de finalización de exposición. Dependiendo de las características del detector y de la calidad y sofisticación de la circuitería del AEC, así pueden variar considerablemente las capacidades del sistema.

El sistema AEC debe ser capaz de corregir la dependencia que tenga el detector y el receptor de imagen del kV, del endurecimiento del haz, y de las fallas de reciprocidad a tiempos de exposición largos.

Los siguientes aspectos deben evaluarse anualmente

Detector de selección AEC. Los indicadores deben reflejar exactamente que detectores están activos.

Indicador de mAs post lectura. Esta indicación debe estar presente y ser exacta.

Registro. Se debe caracterizar la respuesta del sistema AEC para la variación de kV, mA y grosor del phantom. Los sistemas de radiografía de rutina deben ser capaces de mantener una densidad óptica (OD) de alrededor de 1.0 ± 0.3 por encima de la base (únicamente para sistemas no mamográficos) sobre el rango de operación clínica. Los sistemas de radiografía para pecho deben mantener alrededor de 1.5 ± 0.1 de OD por encima de la base. Las combinaciones de espesor, kV y mA usadas para estas pruebas deben representar condiciones clínicas de operación anticipadas.

Tiempo mínimo de respuesta. Este tiempo del generador y del sistema AEC se debe determinar y fijar para evitar una inapropiada selección de combinaciones de kV y mA para uso clínico.

Limite máximo de exposición (tiempo back up). Debe probarse y compararse con los requerimientos del estator para limitar sobre exposiciones accidentales al paciente.

Selector de combinación pantalla-película. Si existe, debe modificar correctamente la sensibilidad del detector para que coincida con la velocidad del receptor de imagen.

Control de densidad AEC. Debe permitir densidades de película más luminosas y más oscuras a intervalos apropiados (aproximadamente 0.15 a 0.3 OD por paso) bajo condiciones clínicas de kV, mA y espesor.

Ubicación del detector AEC. Los indicadores deben marcar apropiadamente la posición de cada detector. Este aspecto debe evaluarse durante las pruebas de aceptación y no necesariamente requiere verificación anual.

3.2.1.1.4 Rejillas

El desempeño de las rejillas debe evaluarse al menos anualmente.

3.2.1.1.4.1 Artefactos

Las rejillas deben radiografiarse para revelar cualquier artefacto que pueda oscurecer la información del paciente. Esto debe desarrollarse trimestralmente para rejillas usadas en operaciones portátiles, anualmente para rejillas auxiliares en salas de rayos x, y durante las pruebas de aceptación para rejillas que están permanentemente instaladas en el bucky. La reciprocidad del ensamblaje de las rejillas debe confirmarse al menos anualmente.

3.2.1.1.4.2 Alineación y Tiempo haz - Rejilla

El desalineo del haz con la rejilla en cualquiera de las dos dimensiones puede resultar en artefactos, películas claras, e incremento en la exposición de radiación al paciente. El tiempo entre el movimiento de la rejilla y la duración de la exposición puede causar también artefactos. El rayo central del haz de rayos x debe ser normal al plano de la rejilla y debe estar ubicado en el centro del campo de rayos x. Los buckys de pared y receptáculos de cassetas que son susceptibles a colisiones con camillas y puertas deben probarse con mayor frecuencia

(semestralmente o trimestralmente). La severidad de los efectos, y por tanto el desalineo tolerable, puede variar a razón de la rejilla en uso y del sistema SID.

3.2.1.1.5 Seguridad Eléctrica

La protección de fuga y ausencia de peligros de choques eléctricos se debe ser evaluada por personal biomédico previo al uso sobre el primer paciente y luego anualmente.

3.2.1.2 EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS

La fluoroscopia es uno de los mayores contribuyentes en cuanto a imagen médica. En 1995 la Administración de Comida y Medicamentos¹¹ decretó un aviso advirtiendo sobre el excesivo uso de fluoroscopia de alta dosis. Existen varios casos documentados de paciente que han recibido quemaduras de estas unidades. Es importante, por lo tanto, evaluar ambos la calidad de imagen fluoroscópica y la salida de exposición del sistema fluoroscópico.

Los sistemas fluoroscópicos son parte de los sistemas de imágenes en el departamento de radiología. Debido a que estos son usados en muchos tipos de exámenes críticos como radiografía intervencionista y angiografía, estos sistemas relativamente frágiles deben recibir gran atención en cualquier programa de aseguranza de la calidad. En cualquier instancia es apropiado enlistar la cooperación del tecnólogo, quien hace uso de los cuartos fluoroscópicos en el departamento, como una parte integral del programa de control de calidad.

3.2.1.2.1 DIARIO

No es necesario efectuar mediciones diarias de los sistemas fluoroscópicos excepto bajo circunstancias especiales. Por ejemplo, si el radiólogo se queja de problemas intermitentes relativos a resolución o ruido, las mediciones diarias por un corto período pueden ayudar a aislar la naturaleza del problema.

¹¹ Esta institución es mejor conocida como la FDA, Food and Drug Administration

Copia dura. La función de transferencia de contraste del sistema debe ser revisada para asegurar estabilidad.

3.2.1.2.2 MENSUAL

Funcionamiento del sistema. Es conveniente que el tecnólogo haga una revisión periódica del sistema fluoroscópico ya que él es quien utiliza la sala diariamente. Es importante la evaluación de resolución espacial y resolución de contraste utilizando un fantoma simple (el cual consiste en un atenuador, un fantoma de malla de alambre, y una cuña escalonada). Se debe identificar los problemas que puedan surgir en el sistema fluoroscópico entre evaluaciones. El operador puede establecer un kV y mA definido para producir una imagen aceptable como un índice de estabilidad del sistema. La cuña escalonada puede ser también utilizada como una comprobación diaria de la brillantez de monitores y controles de contraste.

3.2.1.2.3 ANUAL

3.2.1.2.3.1 Índice de exposición típico

El índice de exposición de entrada incluyendo dispersión de un paciente "típico" debe ser evaluado por lo menos anualmente. Esta medición requiere que el sistema se encuentre establecido en la misma configuración geométrica utilizada para exploraciones típicas de pacientes, usando el modo de control automático de brillantez (ABC). Esto usualmente involucra el colocar espesores de PMMA (acrílico) o cualquier otro atenuador simulador de tejido (se recomiendan espesores de 10, 20 y 30 cms.) en el haz, y medir la exposición entre el tubo de rayos x y la entrada del PMMA. El control automático de brillantez (ABC) del sistema debe estar activado y operando en el modo clínico típico. La determinación debe realizarse en todos los modos de magnificación disponibles. El uso de un dosímetro radiotransparente es requerido para estas mediciones a fin de evitar interferencias con el sistema ABC. Si se desea una medición en el aire, se requiere un fantoma de

material diferente a PMMA a menos que la geometría de la medición pueda ser alterada para acomodar el “vacío” necesario de aire.

Para los sistemas móviles de brazo en C y para los sistemas estacionarios de brazo en C o de brazo en U, la exposición de mesa no es apropiada puesto que estos sistemas permiten la exposición lateral al paciente, sin la atenuación del haz debido a la mesa. Con el SID fijado en 100 centímetros, la cámara de ionización se debe colocar 30 centímetros delante de la entrada del ensamble receptor de imagen para los índices de exposición de entrada incluyendo radiación dispersa.

Si se desea una medida en el aire, la cámara de ionización se debe colocar a 50 centímetros (20 pulgadas) de la superficie delantera del ensamble receptor de la imagen para crear un espacio de aire entre el fantasma y la cámara de ionización. Con el fantasma delante del intensificador de imagen, se registra la tasa de exposición, y la ley del inverso-cuadrado se utiliza para calcular la exposición a la entrada de la piel a 30 centímetros delante de la entrada a la ensamble del receptor de imagen.

Si el sistema es utilizado típicamente en modo lateral con una cadena de imágenes AP/PA (antero-posterior/postero-anterior) separadas, el fantoma de dispersión debe centrarse en el punto medio del SID con la cámara de ionización colocada entre el tubo rayos x y el fantoma. Esta geometría mide la exposición a la entrada con o sin dispersión dependiendo de la presencia o ausencia de un espacio de aire entre la cámara de ionización y la superficie de entrada del fantoma. La exposición a la entrada de la piel debe calcularse en un punto 15 centímetros hacia el punto focal del punto medio del SID.

Si el sistema es capaz de realizar fluoroscopia de alto índice de dosis (HDR), los valores típicos de exposición deben determinarse para este modo de operación también.

3.2.1.2.3.2 Índices Máximos de Exposición

El máximo índice de exposición de paciente se debe evaluar sin dispersión; un fantasma de dispersión de PMMA no debe ser utilizado. El índice máximo de la exposición debe ser determinado colocando una hoja de plomo sobre la entrada del intensificador de imagen, lo que causa que el circuito del ABC produzca el máximo índice de exposición. La imagen en el monitor debe estar en blanco, asegurando que el ABC está produciendo el kilovoltaje y miliamperaje en sus máximos valores. El índice de exposición se debe medir en la superficie superior de la mesa para los sistemas con el tubo de rayos x bajo de esta. Si es posible ajustar la distancia entre el punto focal y la mesa, esta distancia debe ser reducida hasta el mínimo.

Las regulaciones federales referentes a la máxima exposición del paciente durante un estudio fluoroscópico son complejas debido a la variedad de modos operacionales proporcionados por los fabricantes de equipos. En adición, estas reglas fueron rescritas en 1994 debido a la preocupación por la potencial por lesión oculta al paciente durante fluoroscopia HDR cuando es utilizada conjuntamente con cinerradiografía o angiografía por sustracción de digital (DSA).

En concerniente con las nuevas regulaciones, la AAPM recomienda que todos los sistemas fluoroscópicos estén limitados a 10 R/min durante una operación normal y a 20 R/min en HDR sin importar la fecha de la fabricación del sistema.

Para sistemas portátiles de brazo en C, y para los sistemas de brazo en C o de brazo en U, la medición de la exposición sobre la mesa no es apropiada puesto que estos sistemas permiten la exposición lateral al paciente, sin la atenuación del haz debido a la tabla. Con el SID fijado al mínimo, el medidor de exposición debe ser colocado a 30 centímetros (12 pulgadas) de superficie delantera del ensamble del receptor de imagen. Con la hoja de plomo delante del intensificador de imagen se registra el índice máximo de exposición.

Si el sistema es capaz de realizar fluoroscopia HDR, los valores máximos de exposición deben determinarse también para este modo de operación.

3.2.1.2.3.3 Calidad de la Imagen

La calidad de la imagen en fluoroscopia debe determinarse para dos características del sistema, la resolución espacial y la resolución de contraste.

Resolución espacial. La resolución espacial del sistema se debe determinar asegurando un fantoma de pares de línea al centro de la superficie delantera del intensificador de imagen.

Los pares de líneas pueden ser colocados 45 grados con respecto a las líneas de exploración y líneas de la rejilla. Típicamente, un fantasma de tipo pares de línea con un rango de 0.7 pares de líneas por milímetro (c/mm) a 5 c/mm es utilizado. Con una placa de cobre (0.8 a 1.2 milímetros de espesor) colocada en la trayectoria del haz en el colimador, la línea par correspondiente a la frecuencia espacial más alta visible bajo fluoroscopia controlada por ABC debe ser registrada. Ambos valores de resolución espacial, medido y teórico deben ser publicados. Es importante que el mismo individuo sea responsable de la realización de esta prueba periódicamente, a fin de reducir el grado del error subjetivo. Si existen múltiples monitores de televisión, el utilizado mayormente por el radiólogo durante estudios fluoroscópicos debe utilizarse para hacer la medida. Los demás monitores se deben analizar de igual forma para identificar problemas.

Resolución de contraste. La resolución de contraste es determinada observando un fantasma conteniendo varios objetos que atraviesan una gama de sutiles contrastes. Los fantasmas preferidos para determinar la resolución de contraste fluoroscópica son cualquiera el fantasma de la universidad de Alabama-Birmingham (UAB) o el fantasma Leeds. Estos fantasmas consisten en bloques o las placas de metal con agujeros de diversas profundidades en ellos. Los sistemas han sido calibrados a kV's variados. La inspección visual es realizada, y el kilovoltaje registrado. Con la información de la calibración, la resolución de contraste absoluta puede ser determinada. Un sistema fluoroscópico en buena condición debe resolver o distinguir discos de 11 milímetros a un nivel del contraste <2%.

Modo Radiográfico: Probado anualmente o con más frecuencia de ser indicado

En muchos sistemas radiográficos-fluoroscópicos, el circuito radiográfico (spot film) es independiente del circuito fluoroscópico, y debe por lo tanto ser evaluado por separado.

Referirse a las secciones 5.2.1 y 5.3 para las recomendaciones de la información en QC de generadores radiográficos.

3.2.1.2.3.4 Calibración del Kilovoltaje

En fluoroscopia, el kilovoltaje puede variar continuamente como resultado del control automático de brillo (ABC). Para la mayoría de los sistemas, hay muy poca necesidad de conocer si el kilovoltaje es exacto o no, puesto que este conocimiento no afectará ni la calidad de imagen ni la dosis al paciente en un sentido directo. La manera más fácil de determinar el kilovoltaje fluoroscópico es utilizar un medidor de kilovoltaje no invasivo. Estos dispositivos se encuentran disponible comercialmente, y si es seleccionado cuidadosamente, simple de operar. El medidor de kilovoltaje es colocado en la trayectoria del haz fluoroscópico, y el kilovoltaje es leído, los indicadores del kilovoltaje deben ser exactos en un $\pm 10\%$.

3.2.1.2.3.5 Calidad de la Radiación (HVL)

La circuitería fluoroscópica en el generador de rayos x es diferente de la circuitería radiográfica, así que los resultados de la calidad del haz radiográfico no se aplican a las capacidades fluoroscópicas de la unidad. Para los sistemas fluoroscópicos con control manual del kilovoltaje, el método más conveniente para la determinación del HVL es fijar el kilovoltaje, y determinar el HVL como se resolvería para una unidad radiográfica, midiendo el índice de exposición en lugar de la exposición misma. Cuando un ajuste manual del kilovoltaje no esté disponible en el sistema fluoroscópico, el HVL tendrá que ser medido en modo ABC. Para lograr esto, el campo visual se reduce al mínimo, y la punta de prueba de la exposición se coloca

tan lejos como sea posible del tubo de rayos x. Varias hojas de aluminio de 1 milímetro se colocan entre la punta de prueba y el intensificador de imagen. Las hojas necesitan ser lo bastante grandes para abarcar al minimizado campo visual y necesitan haber bastantes de ellas para conducir el kilovoltaje a por lo menos 80 kVp. El índice de exposición es medido, y una sola hoja de aluminio es removida de la pila detrás de la cámara de ionización y colocada delante de la cámara a medio camino entre el tubo de rayos x y la punta de prueba. Una vez más se mide el índice de exposición, y se mueve el filtro siguiente, etcétera. Este procedimiento conserva igual cantidad de aluminio en la trayectoria del haz para cada medida mientras que varía la filtración delante de la punta de prueba. El ABC debe conservar un miliamperaje y un kilovoltaje constante. En la práctica, el conocimiento del HVL sin el conocimiento del kilovoltaje no es de significativo valor, y por tanto el kilovoltaje divulgado por el indicador en el sistema fluoroscópico debe ser registrado. Si el sistema de radiografía no tiene un indicador del kilovoltaje, no hay valor en la determinación del HVL con excepción de para asegurar conformidad con las regulaciones.

3.2.1.2.3.6 Rejilla Anti-dispersión

La rejilla puede abollarse o colocarse incorrectamente en el sistema durante su uso clínico. Si es posible, la rejilla radiográfica debe ser removida del sistema y ser radiografiada usando un sistema pantalla-película de detalle.

3.2.1.2.3.7 Colimación

El confinamiento del campo radiográfico al receptor de imagen (en ambos modos fluoroscópico y radiográfico) debe ser verificado.

Colimación del Spot-film. En el modo radiográfico el rayo central del haz debe alinearse con el centro del receptor de la imagen, cuando está colocado en el Bucky, para prevenir cortes en la imagen y evitar el irradiar tejidos innecesariamente. Regulaciones requieren actualmente que los bordes del campo

radiográfico coincidan con los bordes del receptor de la imagen dentro del $\pm 3\%$ del SID. Comprobaciones deben ser realizadas al menos anualmente o tan a menudo como sea necesario para mantener la alineación correcta. Además, la suma total del desalineamiento en las dimensiones de X y de Y debe ser menos que el 4% del SID. Comprobaciones se deben realizar para suficientes formatos del receptor de imagen a fin de comprobar cada posición disponible de las láminas del colimador. Sistemas más viejos requieren generalmente evaluaciones más frecuentes.

Colimación de Fluoroscopia. En modo fluoroscópico el rayo central del haz de rayos x debe alinearse con el centro de la imagen de video para prevenir cortes de la imagen y para evitar el irradiar tejidos innecesariamente. Las regulaciones requieren actualmente que los bordes del campo radiográfico y los bordes correspondientes del receptor de la imagen converjan dentro del $\pm 2\%$ del SID. Comprobaciones deben ser realizadas en todos los modos de magnificación. Sistemas más viejos requieren generalmente evaluaciones más frecuentes.

3.2.1.2.3.8 Índice de exposición de entrada del intensificador de imagen (IIIER)

El IIIER, fijado por el ingeniero de servicio durante la calibración del sistema, tiene un efecto directo en el índice de la exposición de entrada al paciente. Cuando el IIIER es fijado correctamente, la relación entre el ruido de la imagen y la dosis del paciente es tal que se entrega calidad de diagnóstico con la más baja dosis posible de radiación. Un IIIER fijado apropiadamente también asegura que la exposición de entrada típica al paciente será reducida a la exposición mínima apropiada para el tamaño del paciente. Con filtración estándar de aluminio, añadida al haz de rayos x, valores de IIIER en el rango de 1.5 a 2.5 μR por video fluoroscopia son típicamente fijados. Una discusión de los numerosos parámetros de diseño y factores que afectan los valores apropiados de IIIER ha sido previamente publicado en otras bibliografías.

La medida se realiza con el equipo fijado en su geometría clínica típica y la cámara de ionización entre la rejilla y el plano de entrada del intensificador de imagen utilizando el modo de ABC. Un atenuador grueso suficiente para conducir al kilovoltaje entre 75 a 85 kVp se coloca en el tablero de la mesa para cada medida. Los valores de IIIER deben ser medidos en función de las variables siguientes:

- Cada modo de magnificación del intensificador de imagen
- Cada posición de IIIER que la máquina proporcione
- Cada índice de exposición para fluoroscopia pulsada

Además de las variables antedichas, la mayoría de las unidades tienen múltiples modos de operación. Los diferentes valores de IIIER para todos los siguiente modos de operación disponibles en el equipo deben ser comprobados:

- Fluoroscopia continua (análoga, digital)
- Fluoroscopia pulsada (análoga, digital)
- Cualquier modo de fluoroscopia del "alto nivel"
- Modo de comprobación de la exposición

La forma de la cámara de ionización o el diseño del sistema de proyección de imagen puede no permitir que el fisiólogo coloque la cámara de ionización en el plano de entrada del intensificador de imagen detrás de la rejilla. En este caso, el equipo se puede configurar en la geometría clínica utilizada y operada en el modo de ABC con el apropiado fantasma en lugar para determinar los valores clínicos de kilovoltaje, miliamperaje, y anchura del pulso para el modo de operación. Después de registrar estos factores de la técnica, el intensificador de imagen puede ser movido a su distancia máxima del punto focal. La cámara de ionización es colocada "libre-en-aire " en el haz de rayos x a la distancia donde el plano de entrada del intensificador de imagen fue situado durante la determinación de los factores de técnica clínica. El equipo se coloca en el modo manual el cual permite al operador fijar los factores clínicos previamente resueltos de la técnica. Se registra la

exposición y es corregida para el factor de atenuación de la rejilla para determinar el IIIER.

3.2.1.3 PROCESADORAS

Sensitometría. Limitaremos nuestra discusión a procesadoras automáticas. El procesamiento manual no se debe usar en radiología para diagnóstico. Si la carga de trabajo está debajo de 25 a 50 (14x17 plg) películas por día, es necesario un refuerzo o rellenado de químico.

La sensitometría se desarrolla para evaluar la estabilidad de la procesadora día a día así como también para comparaciones entre procesadoras, químicos, y emulsiones.

La sensitometría se debe desarrollar usando el mismo tipo de emulsión que esté en uso para la procesadora. Se debe ubicar aparte, e identificar para su uso exclusivo en sensitometría un suministro de película por cada procesadora en el departamento, todas con el mismo número de lote. La imagen latente está sujeta a desvanecerse luego de la exposición. El grado de desvanecimiento depende de ciertas variables. El desvanecimiento se minimiza manteniendo el menor tiempo entre la exposición y el procesamiento de las tiras sensitométricas. La duración del intervalo de tiempo que se use no es tan importante como su consistencia. Para asegurar la continuidad cuando se cambian las cajas de películas para el control de calidad (con diferentes números de lote) se debe desarrollar un crossover.

3.2.2 AMBIENTE

3.2.2.1 CUARTO OSCURO

Semanalmente

Limpieza del cuarto oscuro

La suciedad, polvo, mota y escombros que se forman en las superficies del cuarto oscuro son una posible fuente de artefactos en la imagen. El cuarto oscuro se debe limpiar semanalmente (o tan a menudo como sea necesario) y evaluar la limpieza mensualmente. El proceso consiste en limpiar todas las superficies (incluyendo la bandeja de alimentación de películas, estantes, mostradores y piso) con un trapo

húmedo o un trapeador mojado. La evaluación se desarrolla convenientemente usando una lámpara UV de mano para inspeccionar las superficies en busca de polvo o suciedades.

Almacenamiento de películas

La ubicación en la cual se almacenan las películas debe monitorearse mensualmente usando un termómetro y un higrómetro para asegurarse que las películas se roten apropiadamente y que los requerimientos de temperatura y humedad sean cumplidos. Se debe seguir los requerimientos para condiciones de almacenaje que da el fabricante. En general, la película (inexpuesta y radiografías sin procesar) deben almacenarse con un rango de temperatura de 15 a 21°C. La humedad relativa debe estar en un rango de 40 a 60%.

La película inexpuesta debe rotarse y utilizarse antes de la fecha de expiración. Los químicos fotográficos también deben comprarse en cantidades que aseguren la rapidez de cambio.

Condiciones del cuarto oscuro

Temperatura y humedad. Estos dos parámetros en el cuarto oscuro deben verificarse mensualmente usando un termómetro y un higrómetro. La temperatura debe permitir un ambiente de trabajo confortable (65 a 75°F). La baja humedad puede resultar en artefactos estáticos mientras que la humedad alta puede causar problemas de transporte o manejo de películas. La humedad debe mantenerse entre 40 y 60%.

Velo. Los niveles de velo dentro del cuarto oscuro se deben medir usando una película propia de la instalación, esto es por que las películas de rayos x difieren en su sensibilidad a la luz; por tanto la película bajo prueba debe tener la misma sensibilidad a la luz que una película usada clínicamente. Esto se asegura usando las películas propias de la instalación. Existen varios métodos para medir el velo que produce el cuarto oscuro. El requisito principal es exponer una película en una caseta de tal manera que la imagen latente resulte en una densidad de película

dentro de la región de media densidad de la curva característica de la película. La película es más sensible a la luz ambiente a estas densidades. Luego se descarga la película en el cuarto oscuro, se ubica en el área de trabajo típica, parcialmente cubierta con papel opaco, el cual debe proteger la mitad de la película contra la luz ambiente del cuarto oscuro. La película y el papel se dejan a luz ambiente por 2 minutos. Luego se revela la película normalmente. Si aparece un borde visible correspondiente a la partición de la película, entonces existe empañamiento o velo en el cuarto oscuro. Si la diferencia de densidad entre las áreas expuestas e inexpuestas a luz ambiente del cuarto oscuro excede el 0.05 OD, se debe tomar en cuenta procedimientos para reducir dicho nivel.

El velo producido en el cuarto oscuro puede atribuirse a entradas de luz o a malas condiciones de la luz de seguridad. Para evaluar las entradas de luz, se debe dejar que los ojos se adapten a la oscuridad por 10 a 15 minutos dentro del cuarto oscuro con la luz de seguridad apagada. El ojo humano es extremadamente sensitivo a la luz cuando se ha adaptado a la oscuridad. Se debe eliminar cualquier entrada de luz.

Las luces de seguridad deben ser las especificadas por el fabricante de la película. Los bombillos incandescentes no deben ser pulidos, es decir que no deben poseer brillo, y su medida de potencia (watts) debe ser de acuerdo a lo que el fabricante de películas especifica. Debe incluirse los requerimientos de distancia (usualmente mayores a 4 pies), a menos que la luz entrante sea una luz de seguridad indirecta (la luz segura está dirigida hacia el techo).

Demasiadas luces de seguridad también pueden resultar en velo excesivo, por tanto se debe prestar atención a todas las fuentes de luz. Las paredes del cuarto oscuro deben pintarse de blanco para minimizar los riesgos de daños al personal cuando se trabaje en un ambiente oscuro.

El velo producido por el cuarto oscuro se debe probar al menos una vez cada seis meses, o después de cualquier cambio previo en el tipo de película usado en las instalaciones o después de cambios en el filtro o en el bombillo de la luz de seguridad.

3.3 GUÍA TÉCNICA CCEM GT-07¹²: CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS DE RADIOGRAFÍA

3.3.1 TECNOLOGÍAS

3.3.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES

3.3.1.1.1 Inspección Física de la Instalación

Objetivo: Comprobar que todos los sistemas y accesorios componentes del equipo se encuentran en buen estado, comprobando que los movimientos mecánicos y frenos del equipo y de sus dispositivos asociados se encuentran funcionando correctamente, así como que los indicadores de mando del equipo operan adecuadamente.

Frecuencia: Diaria, antes del comienzo del trabajo.

Procedimiento:

1. Familiarizarse con el equipo radiológico sometido a prueba, sus controles y mandos. Realice la inspección visual de la instalación, examinando exteriormente el estado de todos los accesorios del equipo (mesa, soporte del tubo de rayos X, consola del generador, gabinetes del equipo, condiciones externas de los cables de alto voltaje, etc.).
2. Verifique la estabilidad del equipo en posición libre e inmóvil, la indicación externa de la localización del punto focal, el correcto funcionamiento mecánico del sistema de colimadores, la comprobación de los movimientos y frenos del soporte del tubo de rayos x, de la gaveta porta-chasis y de la mesa radiológica. Realice la misma operación para el bucky vertical.
3. Compruebe los indicadores en el panel del generador como son: el funcionamiento del indicador de exposición, de selección del tamaño de punto focal y de los parámetros electrotécnicos (potencial, corriente, tiempo de exposición o combinación corriente-tiempo).

¹² Centro de Control Estatal de Equipos Médicos. Guía Técnica 7. Cuba 1998

Interpretación y acciones: Cualquier anomalía que se detecte debe ser informada y solucionada antes de comenzar el trabajo. En caso de que no pueda ser corregida, solicitar los servicios técnicos de electromedicina.

Tolerancias: Todos los movimientos y frenos del equipo deben funcionar correctamente, así como los controles e indicadores del panel de mando del equipo.

Evaluación del circuito protector de sobrecarga del tubo

Objetivo: Asegurar el funcionamiento correcto del circuito protector de sobrecarga del tubo y que por tanto el tubo no será dañado por accidentes de este tipo.

Frecuencia: Inicial o posterior a cambios o reparaciones que puedan afectar este circuito.

Equipos y accesorios: Carta técnica del tubo.

Procedimiento:

1. Seleccione un tamaño de punto focal (la prueba se realiza para cada tamaño de punto focal por separado).
2. Seleccione un tiempo de exposición de 50 ms aproximadamente para el mínimo valor de corriente del tamaño de foco a evaluar.
3. En incrementos de 20 kVp, desde el mínimo kVp hasta el máximo kVp del generador, determine la corriente máxima del tubo para la cual es posible la exposición. Esto se realiza incrementando el mA hasta que el indicador de sobrecarga o bloqueo de exposición aparezca. El valor de mA inmediatamente inferior a la condición de bloqueo es la corriente máxima permitida del tubo. Anote el valor de corriente. Alternativamente la prueba la puede realizar sólo para los valores nominales de potencial de 60, 80, 100 y 125 kVp.
4. Seleccione 100 ms y repita el paso 3.
5. Seleccione 1 s y repita el paso 3.
6. Seleccione el máximo tiempo posible y repita el paso 3.
7. Seleccione otro tamaño de punto focal y repita los pasos 2 al 6.

Interpretación y acciones; De los datos de la carta técnica del tubo, determine la Corriente Máxima Tolerable del Tubo (CMTT) para cada tamaño de punto focal, potencial y combinación de tiempo seleccionada en la prueba. De los resultados de la prueba determine la Comente Máxima Permitida por el Tubo (CMPT), este valor no debe exceder la CMTT. Debido a las posibilidades de diseño del equipo, CMPT puede ser hasta un 30% menor que los valores de CMTT de la carta técnica del tubo.

Los límites de aceptación actuales tienen que ser modificados en muchos casos producto de que la mayoría de los generadores tienen estaciones de mA discretas y ajustes de potencial más continuos.

Tolerancia: Relación CMPT/CMTT: (0.7 - 1.0)

3.3.1.1.2 Evaluación de la colimación y alineación mecánica del sistema

Exactitud de la Escala Indicadora de Distancia

Objetivo: Comprobar que las escalas indicadoras de distancia fuente-receptor de imagen (DFP), son confiables dentro de la tolerancia establecida.

Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios o reparación que puedan afectar la exactitud de la distancia indicada, como por ejemplo cuando se realiza un cambio de tubo.

Equipos y accesorios: Cinta métrica o regla graduada, plancha de plomo con hueco y chasis con película radiográfica.

Si se conoce la indicación del punto focal

Procedimiento:

1. Para aquellas DFP de mayor uso en la práctica clínica, por ejemplo 102 cm y 91 cm, comprobar con la cinta métrica la exactitud del valor indicado en el

telémetro del equipo.

Interpretación y acciones: Calcule la exactitud (E) como la diferencia entre el valor medido con respecto al valor indicado expresándola como por ciento de éste último según:

$$E(\%) = [(DFP_{medida} - DFP_{indicada})/DFP_{indicada}] * 100$$

Recuerde que la escala indicadora de distancia expresa, en muchos casos, la distancia foco-receptor de imagen en la gaveta porta-chasis, lo cual debe tenerse en cuenta en las comprobaciones. Los resultados deben cumplir con la tolerancia establecida. En caso contrario puede redefinirse los valores de la escala o solicitarse los servicios técnicos de electromedicina.

Tolerancia: Exactitud: < 2 % de $DFP_{indicada}$

Si no se conoce la ubicación del punto focal

Procedimiento:

1. Seleccione una $DFP=100$ cm.
2. Coloque la plancha de plomo con hueco de dimensión conocida a la salida del colimador.
3. Coloque un chasis cargado sobre el tablero de la mesa (o sobre el tablero del bucky vertical) preferentemente con rejilla. Centre el tubo sobre éste perpendicularmente. Mida la distancia desde la película colocada sobre la mesa hasta la plancha de plomo con hueco situada a la salida del colimador.
4. Haga una exposición a aproximadamente 55 kVp y 10 mAs, si es necesario ajuste los parámetros de exposición.
5. Procese las películas de manera usual.
6. Mida el tamaño de la imagen del hueco de la plancha de plomo visualizado en la película.

Interpretación y acciones: La distancia foco-película real (DFP_{real}) puede ser calculada a partir de las mediciones del tamaño del hueco visualizado en la película, de la distancia entre la película y la plancha de plomo y del tamaño real del hueco de la plancha de plomo según las siguientes expresiones:

$$DFP_{real} = DFP_2 / (M - 1) + DFP_2 + DMP \text{ con } M_1 = THP_2 / TH_{real}$$

$$FP_2 = M_2 DHP_1 \quad \text{con } M_2 = THP_2 / THP_1$$

$$E(\%) = [(DFP_{real} - DFP_{indicada}) / DFP_{indicada}] * 100$$

Donde:

DFP_{real} es la distancia foco-película en el porta-chasis de la mesa (o bucky vertical).

TH_{real} es el tamaño real del orificio de la plancha de plomo.

DHP_1 Es la distancia plancha de plomo-película colocada sobre el tablero de la mesa (o tablero del bucky vertical)

THP_1 Es el tamaño de los orificios de la plancha de plomo visualizado en la película.

M_i es el factor de magnificación.

La DFP_{real} es la distancia entre la película colocada sobre la mesa y el receptor de imagen en la gaveta porta-chasis.

Tolerancia: Exactitud; < 2 % de $DFP_{indicada}$

Perpendicularidad Mesa-Tubo de Rayos X

Objetivo: Verificar la perpendicularidad entre el tubo de rayos X y su soporte con la mesa radiológica.

Frecuencia: Semestral, inicial o posterior a cambios o reparación que puedan afectar este parámetro.

Equipos y accesorios: Cinta adhesiva y cinta métrica o regla graduada.

Procedimiento:

1. Sitúe el tubo de rayos X a 100 cm de distancia sobre el centro de la mesa radiológica (DFM)
2. Ajuste su posición de modo que el centro del retículo luminoso se encuentre

cerca de la línea media de la mesa.

3. Marque sobre la mesa radiológica el centro del eje del campo luminoso (retículo) para lo cual puede utilizar cinta adhesiva.
4. Desplace el tubo hacia arriba hasta el tope de la columna. Anote la distancia y marque sobre la cinta adhesiva el desplazamiento del centro del retículo del campo luminoso.
5. Mida la diferencia entre ambas marcas y calcule el por ciento con respecto a la DFM=100 cm. Anote además, el cuadrante hacia el cual ocurre el corrimiento.
6. Repita los pasos del 1) al 5) en ambos extremos de la mesa radiológica.

Interpretación y acciones: El centro del retículo del campo luminoso debe permanecer en el mismo lugar, o la diferencia entre las marcas de los centros debe estar dentro del margen de la tolerancia establecida. De lo contrario, esto es un indicador de falta de verticalidad de la columna del tubo y/o de horizontalidad de la mesa. El cuadrante hacia el cual ocurre el corrimiento es un indicador de valor para la toma de acciones correctivas Discriminar en cual parte del sistema se encuentra la falta de alineación para lo cual se puede utilizar un nivel de burbuja. Una vez detectada la falla, solicitar el servicio de electromedicina.

Tolerancia: Diferencia entre centros: < 2% DFM

Coincidencia del Haz de Radiación con el Haz Luminoso y Alineación del Centro del campo de Radiación con el Centro de la Imagen

Objetivo: Comprobar que el sistema de colimación no permite significativamente que la radiación esté fuera de los bordes del campo luminoso seleccionado y que existe alineación entre el centro del campo de radiación y el centro de la imagen. Verificar también la coincidencia de los tamaños de campos radiación/luminoso.

Frecuencia: Semestral, inicial o posterior a cambios o reparación que afecten el sistema de colimación e iluminación.

Equipos y accesorios: Chasis cargado con película radiográfica, regla o cinta métrica, marcadores radiopacos en forma de L, monedas e identificadores de película.

Procedimiento:

1. Coloque el chasis sobre la mesa y centre el tubo sobre éste a una DFP=100 cm. Por medio del haz de luz seleccione el campo luminoso que quiera comprobar.
2. Delimite las esquinas del área iluminada con los marcadores radiopacos. Anote el tamaño del campo seleccionado.
3. Coloque un identificador de película sobre el chasis en un extremo dentro del campo luminoso seleccionado para identificar la posición de la película durante la prueba.
4. Coloque en el equipo un valor de potencial de 55 KVp aproximadamente y 10 mAs los cuales serán suficientes para garantizar una densidad óptica adecuada para la interpretación de la prueba. En caso contrario adecuar los parámetros de exposición.
5. Realice una exposición.
6. Sin mover la geometría, abra los colimadores hasta desbordar el campo luminoso seleccionado teniendo cuidado de no desbordar la película radiográfica.
7. Realice una segunda exposición con aproximadamente la mitad del mAs seleccionado y un valor de potencial inferior en una o dos posiciones del selector de potencial.
8. Procese la película del modo usual.

Interpretación y acciones: Con ayuda de una regla graduada, determine las discrepancias entre los bordes de los campos luminoso y de radiación, sumando las discrepancias sin importar el signo para cada eje ($DBx=X1+X2$, $DBy=Y1+Y2$). Usando un lápiz cristalográfico, marque sobre la película las diagonales que determinan el centro del campo de radiación y el centro del campo luminoso. Mida las discrepancias entre ambos centros (DC).

Mida los tamaños de cada lado de los campos irradiado y luminoso. Calcule las discrepancias entre ambos lados.

Si las presillas coinciden con las esquinas del área irradiada, el haz de luz está coincidente con el haz de radiación, de lo contrario la dirección y sentido de la desalineación la da el identificador de la película.

La suma de las discrepancias entre los bordes de cada eje de los campos luminoso y de radiación (DB), expresada como porcentaje de DFP no debe superar la tolerancia establecida.

Lo mismo debe suceder para las discrepancias entre los centros (DC), la cual es un indicador de desalineación de la fuente de rayos X con respecto al receptor de imagen. En caso necesario, solicitar el servicio de electromedicina para determinar la causa de la falla, la cual puede estar en los colimadores o en una incorrecta ubicación de la bombilla de luz.

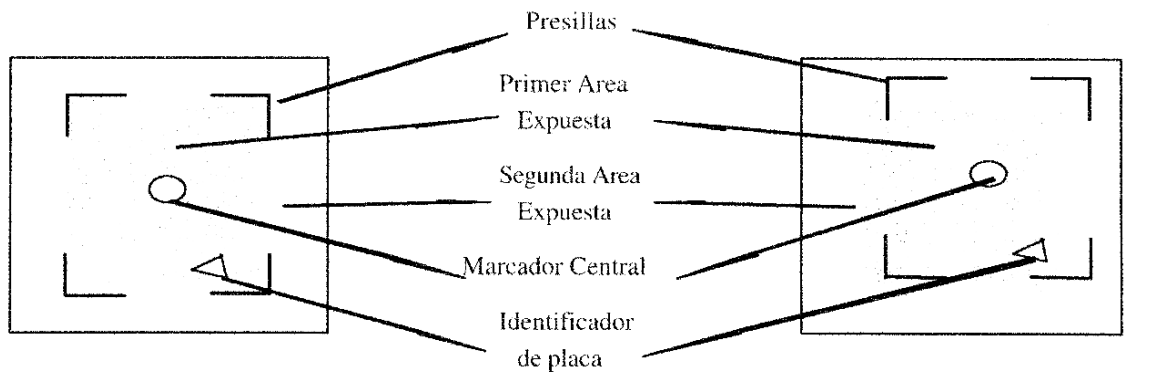
Las discrepancias entre el tamaño de cada lado del área irradiada con respecto al correspondiente lado del área luminosa seleccionada (DL) debe ser inferior a la tolerancia establecida.

Tolerancias:

Discrepancias entre bordes para cada eje (DB): < 2% de DFP

Discrepancia entre tamaños de cada lado (DL): < 2% de DFP

Discrepancia entre centros (DC): < 2% de DFP



a. Resultado correcto

incorrecto.

b. Resultado

Figura 5. Prueba de coincidencia del haz de radiación con el haz de luz.

3.3.1.1.3 Generador y Tubo de Rayos X

Consistencia del Generador

Es importante verificar que el generador de rayos-X sea consistente en su respuesta. La prueba de consistencia puede realizarse según dos objetos de medición diferentes: la densidad óptica en películas o mediante mediciones dosimétricas; lo cual posibilita ejecutarlas a partir de los medios de que se dispongan.

Objetivo: Determinar la reproducibilidad de la respuesta del generador y su linealidad con relación al mAs para los diferentes tamaños de foco en las diferentes estaciones de mA.

Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios o reparación que puedan afectar estos parámetros.

La densidad óptica (DO) como parámetro de medición

Equipos y accesorios: Cubeta de agua o láminas de acrílico de 30x30 cm hasta un total de 20 cm de espesor, cinta métrica, chasis, películas radiográficas y densitómetro.

Procedimiento:

1. Coloque en la mesa la cubeta llena con agua hasta una altura de 20 cm, o las láminas de acrílico con el espesor deseado, sobre un chasis cargado en el que se ha bloqueado previamente 2/3 del mismo con un bloqueador de plomo. Haga una marca en la cubeta de manera que siempre se tenga la misma atenuación y dispersión en futuras evaluaciones.
2. Centre el tubo sobre el chasis y colime el haz justo sobre el área del chasis de

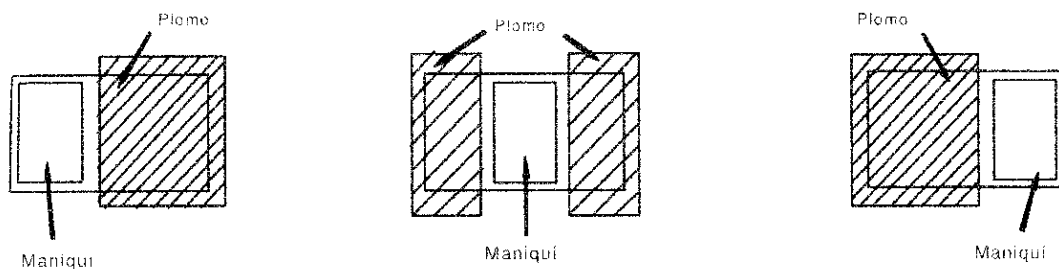
interés, usando una distancia DFP=100 cm.

3. Exponga la película a los factores de exposición (kVp., mA, mAs) usados para obtener aproximadamente densidad óptica 1. Anótelos.
4. Procese la película.
5. Repita los pasos 1) al 4) sobre cada tercio restante de la película no expuestos.
6. Almacene la película para futuras comparaciones.
7. Repita los pasos 1) al 6) para diferentes combinaciones de mAs y para los diferentes valores de mA de uso clínico.

Interpretación y acciones: De no poseer densitómetro, cuando analice los resultados, compárelos con los obtenidos en ocasiones anteriores. Estos no deben diferir significativamente. Si dispone de densitómetro, la diferencia más grande de densidades ópticas medidas, para una combinación de mAs dada, no deben discrepar más de 0.2 DO. En caso contrario, repita la prueba antes de solicitar el servicio de electromedicina y si se dispone de medios, verifique el mA y el tiempo de exposición por separado.

Tolerancias:

Reproducibilidad de la DO para cada combinación de mAs por separado: $< \pm 0.2$ DO.



a. exposición del primer tercio

b. exposición del segundo tercio

c.

exposición del tercer tercio.

Figura 6. Ejemplo ilustrativo para la ejecución de la prueba.

Dosimetría como parámetro de medición

Equipos y accesorios: Dosímetro con detector apropiado para radiodiagnóstico y cinta métrica.

Procedimiento:

- 1) Coloque el detector sobre la mesa y sitúe el tubo de rayos X a una distancia foco-detector de 75-100 cm.
- 2) Ajuste el campo luminoso a un área de 10x10 cm² sobre el detector.
- 3) Prepare el dosímetro para el trabajo según las instrucciones del fabricante. Espere suficiente tiempo para que éste se caliente y estabilice.
- 4) Seleccione la opción para medir exposición.
- 5) Para un potencial nominal intermedio (aproximadamente 80 kV), seleccione un valor de mA en el foco deseado.
- 6) Seleccione la combinación mAs de uso clínico más grande que quiera evaluar.
- 7) Anote los resultados de 3 exposiciones a los parámetros seleccionados, realizando una exposición intermedia entre cada una con algún parámetro cambiado.
- 8) Disminuya el mAs a la mitad del anterior y repita el paso 7). Repita la operación al menos 1 vez más.
- 9) Repita los pasos 5) al 8) para diferentes valores de mA dentro del mismo foco y para los restantes focos.

Interpretación y acciones: Para cada valor de mA, determine el rendimiento (R) como el promedio de la magnitud dosimétrica medida (X_p) dividido por el mAs, calcule su desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), así como el coeficiente de linealidad (CL) según las expresiones:

Para cada combinación de mAs:

$$X_p = (X_1 + X_2 + X_3) / 3$$

$$CV_{mA}(\%) = (DE / X_p) 100$$

Para cada estación de mA: $R_{mA} = X_p / mAs$

Para cada foco y entre estaciones de mA adyacentes:

$$CL = [R_{mA,m\acute{a}x} - R_{mA,min}] / [R_{mA,m\acute{a}x} + R_{mA,min}]$$

Cuando se analicen los resultados, deben compararse con resultados anteriores. Estos no deben diferir significativamente. La reproducibilidad de la exposición se evalúa mediante el CV. Este no debe ser mayor del 5% para cada combinación individual de mAs comprobada.

El CL se evalúa para cada foco por separado y entre estaciones de mA adyacentes, no debiendo superar el valor de 0.1. Esta evaluación por separado de los focos facilita las acciones correctivas de electromedicina. El rendimiento de la exposición de salida del generador se calcula para cada estación de mA. Este resultado tiene que compararse con el rango válido en dependencia del potencial medido y la forma de onda del generador. Un valor de rendimiento fuera del rango válido puede ser causado por una filtración inadecuada del tubo y/o una descalibración de la combinación mAs, parámetros que tienen que ser verificados por separado para conocer la causa.

En caso de que no se cumplan los criterios establecidos, repita la prueba antes de solicitar los servicios de electromedicina y si se dispone de medios, verifique el mA y el tiempo de exposición por separado.

Tolerancias:

- Reproducibilidad de la exposición para cada combinación mAs: $< \pm 5\%$.
- Linealidad de la exposición con el mAs¹³: < 0.1
- Rendimiento del generador a 80 kVp y 100 cm del foco:

generador monofásico	4.0 ± 1.5 mR/mAs
generador trifásico	6.0 ± 2.0 mR/mAs

Exactitud y Reproducibilidad del Tiempo de Exposición

¹³ Calculado para cada foco por separado entre estaciones de mA adyacentes.

Objetivo: Determinar la exactitud del tiempo de exposición indicado y verificar su reproducibilidad.

Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios o reparación que pueda afectar este parámetro y/o la reproducibilidad y linealidad de la exposición de salida.

Equipos y accesorios: Dosímetro con detector apropiado para radiodiagnóstico, con la opción de medición de exposición por pulso y tiempo de exposición.

Procedimiento:

- 1) Coloque el detector sobre la mesa y sitúe el tubo de rayos X a una distancia foco-detector de 75-100 cm.
- 2) Ajuste el campo luminoso a un área de 10x10 cm² sobre el detector.
- 3) Prepare el dosímetro para el trabajo según las instrucciones del fabricante. Espere suficiente tiempo para que éste se caliente y estabilice.
- 4) Para un potencial nominal intermedio (aproximadamente 80 kV), seleccione un valor de mA en el foco deseado.
- 5) Seleccione en el dosímetro la opción de trabajo que permita medir tiempo de exposición.
- 6) Verifique el tiempo de exposición para las combinaciones mAs de la prueba de reproducibilidad y linealidad de la exposición de salida, realizando 3 mediciones para cada tiempo seleccionado.

Interpretación y acciones: Determine para cada tiempo evaluado, el promedio del tiempo de exposición medido (t_{medido}) y la DE. Calcule el CV. La exactitud se calcula según:

$$E(\%) = [(t_{\text{medido}} - t_{\text{indicado}}) / t_{\text{indicado}}] \cdot 100$$

Esta prueba complementa la prueba de reproducibilidad y linealidad de la exposición de salida, ya que los tiempos que se verifican son integrantes de las combinaciones mAs utilizadas en dicha prueba, de manera que se comprueba si es el dispositivo de iniciación e interrupción de la exposición del equipo (timer) el que está afectando la reproducibilidad del sistema.

El CV nos permite evaluar la reproducibilidad del tiempo de exposición seleccionado, quien ejerce una influencia directa sobre la reproducibilidad de la

exposición y por tanto sobre la consistencia de una técnica radiográfica. La tolerancia de la prueba para la exactitud depende del valor del tiempo de exposición verificado, un resultado fuera de los límites establecidos debe ser confirmado repitiendo la prueba antes de solicitar el servicio de electromedicina para una recalibración del timer.

Tolerancias:

- Reproducibilidad: $< \pm 10\%$
- Exactitud: $< \pm 5 \text{ ms}$ para $t_{\text{exp}} < 10 \text{ ms}$
 $< \pm 10\%$ para $t_{\text{exp}} > 10 \text{ ms}$

Exactitud y Reproducibilidad del Potencial

Objetivo: Comprobar el grado de correspondencia entre el potencial pico medido con respecto al potencial nominal indicado, así como su reproducibilidad.

Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios o reparación que afecten este parámetro.

Equipos y accesorios: kilovoltímetro no invasivo acorde con el rango de potencial, la forma de onda y el tipo de ánodo, cinta métrica.

Procedimiento:

- 1) Coloque la geometría recomendada por el fabricante del kilovoltímetro, la cual siempre debe mantenerse en futuras evaluaciones.
- 2) Encienda el kilovoltímetro y prepárelo para el trabajo según las instrucciones del fabricante. Espere suficiente tiempo para que éste se caliente y estabilice.
- 3) En caso necesario seleccione en el kilovoltímetro la forma de onda deseada y el material del ánodo.
- 4) Seleccione en el panel de mando del generador, del rango de potenciales más usados clínicamente, uno alto, uno medio y otro bajo, éstos valores bien pudieran ser 100, 80 y 60 kVp.
- 5) Para cada potencial seleccionado realice 3 exposiciones para un valor de mAs suficiente según el potencial y anote estos valores para futuras evaluaciones, así como los resultados de las mediciones. Realice las mediciones del potencial comenzando por el valor más alto y en orden descendiente.

Interpretación y acciones: Calcule para cada valor de potencial, la media y el CV. La exactitud del potencial indicado se calcula según:

$$E(\%) = [(kVp_{\text{medido}} - kVp_{\text{indicado}}) / kVp_{\text{indicado}}] 100$$

La reproducibilidad se evalúa mediante el CV en %. La exactitud y reproducibilidad del potencial deben permanecer dentro de los límites de las tolerancias establecidas. No obstante, es importante tener en cuenta las especificaciones del fabricante y la inexactitud propia del medidor de potencial utilizado. La obtención de resultados fuera de los límites establecidos debe ser confirmada con la repetición de la prueba. En caso de que esta situación persista deben solicitarse los servicios técnicos de electromedicina.

Tolerancias:

- Exactitud: $< \pm 10\%$.
- Reproducibilidad: $< \pm 5\%$.

Determinación de la Capa Hemirreductora (CHR)

Objetivo: Determinar la calidad del haz de radiación y verificar en unión de la prueba de exactitud del potencial si la filtración del tubo de rayos X es correcta.

Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios o reparación que afecten la calidad del haz de radiación.

Equipos y accesorios: Dosímetro y detectores apropiados para radiodiagnóstico con la opción de medición de exposición y tasa de exposición. Juego de filtros de Aluminio de pureza conocida y espesores calibrados (Aluminio aleación tipo 1100 es suficiente) cuyos espesores permitan la medición de CHR entre 1-4 mm Al, cinta métrica y dispositivo para el posicionamiento de los filtros a la salida del colimador.

Procedimiento:

- 1) Coloque el detector sobre la mesa radiológica a una altura de ésta suficiente para evitar la radiación retrodispersada (> 10 cm).
- 2) Seleccione una distancia del foco del tubo de rayos X al detector de 75-100 cm.
- 3) Seleccione un tamaño de campo de 10×10 cm², centrado sobre el detector y coloque el dispositivo para el posicionamiento de los filtros.

- 4) Prepare el dosímetro para el trabajo según las instrucciones del fabricante. Espere suficiente tiempo para que éste se caliente y estabilice.
- 5) Seleccione en el dosímetro la opción de medición de exposición.
- 6) Seleccione en el mando del generador aquella estación de potencial cuyo valor medido sea el más próximo a 80 kVp. Seleccione una combinación mAs suficiente para obtener una exposición de aproximadamente 500 mR sin filtro. Esto lo puede lograr realizando una exposición previa y calculando el rendimiento (mR/mAs), luego es muy sencillo ajustar el mAs para alcanzar la exposición deseada.
- 7) Realice 1 exposición sin filtro y anote la lectura del dosímetro.
- 8) Sin mover la geometría, coloque el filtro de menor espesor y realice otra exposición. Anote la lectura del dosímetro.
- 9) Repita el paso 8) agregando filtros al anterior e incrementando, por tanto, el espesor total hasta que logre una reducción de la lectura del dosímetro superior a la mitad de la lectura sin filtro.
- 10) Repita la exposición sin filtro. Anote la lectura del dosímetro. Si el resultado obtenido discrepa menos del 5% de la lectura inicial sin filtro, se considera válido el experimento de atenuación. En caso contrario repita el experimento.

Interpretación y acciones: La CHR se puede obtener por interpolación logarítmica según:

$$CHR = [t_2 \ln(2X_1/X_0) - t_1 \ln(2X_2/X_0)] / \ln(X_1/X_2)$$

donde:

X_0 : es el promedio de la exposición medida sin filtro.

t_1 y t_2 : son los espesores de Al correspondientes a las exposiciones X_1 y X_2 entre las cuales se encuentra la capa hemirreductora (valor de espesor para el cual se obtiene una reducción de X_0 a la mitad ($X_0/2$)).

Compare el resultado obtenido con resultados anteriores y con la tolerancia establecida, la cual es dependiente de la forma de onda del generador. Si se obtiene un resultado fuera del rango válido, debe repetirse la prueba para la confirmación del mismo. Un valor de CHR por debajo del mínimo valor aceptado

puede ser causado por una filtración del tubo inadecuada. Esta prueba es recomendable que se realice posterior a la evaluación de la exactitud y reproducibilidad del potencial.

De manera análoga, una CHR excesivamente alta es indicadora de una filtración excesiva o quizás un indicador de metalización del tubo. Una filtración por debajo de la requerida es una situación para tomar acciones inmediatas. Hay que tener en cuenta el objetivo de la misma, la cual pretende eliminar la componente del haz de baja energía que no contribuyen a la imagen y si a una dosis innecesaria al paciente.

La carencia de la filtración adecuada puede ser solucionada con la adición o colocación del filtro requerido cuando el equipo así lo permite. En caso de que la solución sea ésta, debe repetirse la prueba. En cualquier otro caso debe repetirse la prueba antes de solicitarse los servicios técnicos de electromedicina.

Tolerancias:

- Equipos monofásicos y 80 kVp: $CHR \geq 2.3 \text{ mm Al}$.
- Equipos trifásicos y 80 kVp: $CHR \geq 2.7 \text{ mm Al}$.

3.3.1.1.4 Medición del Tamaño del Punto Focal

Existen varios métodos para la medición del tamaño del punto focal. Entre éstos se encuentran, la medición con cámara de ranura, con patrones de estrella y con dispositivos que se basan en patrones de barras de resolución. En esta prueba se describen los métodos con el patrón de estrella y con el dispositivo de patrón de barras de Radiation Measurement Instruments (RMI).

Objetivo: Determinar el deterioro gradual que se pueda presentar en el tamaño del punto focal del tubo de rayos X dada su importante influencia en el detalle de la imagen radiológica.

Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios o reparación que afecten este parámetro.

Equipos y accesorios: Patrón de estrella de 2 grados o dispositivo para la medición del tamaño del punto focal con patrón de barras de resolución visual RMI 112B, cinta métrica, chasis o casete de cartón y película radiográfica de grano fino.

A. Medición del Tamaño del Punto Focal con Patrón de Estrella

Procedimiento:

1) Si dispone de un dispositivo para el montaje del patrón de estrella sitúe éste con el patrón a la salida del colimador, en su defecto, pegue el patrón con cinta adhesiva. En ambos casos, asegure que el haz central de rayos X sea perpendicular al patrón y que pasa por su centro.

2) Coloque un chasis cargado con película radiográfica sobre la mesa a una distancia del patrón de estrella igual a la distancia existente entre el foco del tubo y el patrón. Esto permite obtener una magnificación de 2.

3) Alinear todo de manera que el rayo central incida en el centro de la película radiográfica, Además la película debe estar paralela al patrón.

4) Seleccione un potencial y mA de uso clínico. El tamaño del punto focal es dependiente de los factores eléctricos empleados. Una técnica recomendada es la mitad del mA máximo posible en cada foco para 75 kVp. Ajuste el tiempo de exposición hasta lograr en la imagen una densidad óptica de 1,5.

5) Procese la película de manera usual.

6) Determine el factor de magnificación dividiendo el diámetro del patrón de estrella radiografiado por el diámetro verdadero.

7) Explore la imagen obtenida desde la periferia hasta encontrar la región en la cual, la imagen de los sectores desaparece. Esta es la región de contraste cero. Mida el diámetro de esta región en su más grande extensión y también en la dimensión perpendicular.

Interpretación y acciones: Calcule el tamaño del punto focal (TPF) para cada una de estas dos dimensiones según la fórmula:

$$\text{TPF}_{\text{medido}}(\text{mm}) = (N/57.3)(D/(M-1))$$

donde:

N es el ángulo del punto focal,

D el diámetro de la región de contraste cero en mm y M la magnificación.

Calcule la discrepancia entre el tamaño del punto focal medido con respecto al tamaño nominal dado por el fabricante o la discrepancia con respecto al valor de referencia según:

$$\mathbf{E(\%) = [(TPF_{\text{medido}} - TPF_{\text{nominal}})/TPF_{\text{nominal}}]100}$$

Donde:

$\text{TPF}_{\text{medido}}$ tamaño del punto focal medido.

$\text{TPF}_{\text{nominal}}$ tamaño del punto focal nominal dado por el fabricante o establecido en mediciones de aceptación o iniciales con el objetivo de contar con valores de referencia.

El tamaño del punto focal medido debe ser informado para los factores eléctricos utilizados. Varias regiones de contraste cero pueden ser encontradas en la misma imagen. Es extremadamente importante que la más grande dimensión sea usada en los cálculos.

Si existe duda en cuanto a este dato, entonces repita la prueba con una magnificación menor debido a que puede obtenerse un resultado inferior en el cálculo. Si el patrón de estrella no es centrado adecuadamente la imagen resultará distorsionada.

En este caso, hay que realinear el patrón y repetir la prueba. Compare el resultado con valores anteriores y con respecto al valor nominal dado por el fabricante. Un cambio del valor establecido puede ser causa de un deterioro de este parámetro y un indicador para tomar una decisión con respecto al tubo si la resolución del equipo, para los fines de uso clínico se ha visto afectada.

Tolerancias:

Tabla 1. Valores permisibles de las dimensiones del punto focal según el valor del tamaño nominal.

Valor Nominal	Ancho (mm)	Largo (mm)
0.3	0.30 - 0.45	0.45 - 0.65
0.4	0.40 - 0.60	0.60 - 0.85
0.5	0.50 - 0.75	0.70-1.10
0.6	0.60 - 0.90	0.90- 1.30
0.7	0.70- 1.10	1.00-1.50
0.8	0.80-1.20	1.10-1.60
0.9	0.90-1.30	1.30-1.80
1.0	1.00-1.40	1.40-2.00
1.1	1.10-1.50	1.60-2.20
1.2	1.20-1.70	1.70-2.40
1.3	1.30-1.80	1.90-2.60
1.4	1.40-1.90	2.00 -2.80
1.5	1.50-2.00	2.10-3.00
1.6	1.60-2.10	2.30-3.10
1.7	1.70-2.20	2.40 - 3.20
1.8	1.80-2.30	2.60 - 3.30
1.9	1.90-2.40	2.70 - 3.50
2.0	2.00 - 2.60	2.90-3.70
2.2	2.20 - 2.90	3.10-4.00
2.4	2.40-3.10	3.40 - 4.40
2.6	2.60 - 3.40	3.70-4.80
2.8	2.80 - 3.60	4.00 - 5.20
3.0	3.00 - 3.90	4.30 - 5.60

B. Medición del Tamaño del Punto Focal con el Dispositivo de Patrón de Barras**Procedimiento:**

1) Coloque una película radiográfica dentro de un casete de cartón, sin intensificador de imagen.

2) Sitúe dicho casete sobre el centro de la mesa radiológica y coloque directamente sobre la mitad superior de éste, la base del dispositivo para la medición del tamaño del punto focal RMI 112B, bloqueando la restante mitad del casete con un bloqueador de plomo.

Esto permite medir en una sola película ambos tamaños de punto focal. Tenga cuidado de colocar el dispositivo en la orientación ánodo-cátodo correcta según los rótulos del mismo.

3) Seleccione una distancia desde el foco hasta la película de 61 cm (DFP), lo cual asegura una distancia de 46 cm entre el foco del tubo de rayos X y el patrón de barras que se encuentra en la parte superior del dispositivo para lograr una magnificación de 4/3.

4) Seleccione un tamaño de foco (fino o grueso) y haga una exposición a aproximadamente 80 kVp y 10 mAs. En caso necesario ajuste el mAs hasta obtener una densidad óptica entre 1-1,5.

Repita la exposición para el otro tamaño de foco en la mitad de la placa que fue bloqueada durante la primera exposición.

5) Procese la película de manera usual, cuidando que en la imagen salgan los dos orificios que el dispositivo tiene en su parte superior.

Interpretación y acciones: Usando una lupa, examine los grupos de barras visualizadas en la imagen paralelos al eje cátodo-ánodo. Encuentre en la imagen el más pequeño grupo donde las tres barras sean vistas claramente. El punto focal usualmente no es circular y frecuentemente son dos manchas cercanas una de la otra. Un punto focal doble puede producir una imagen con 4 barras. Esta falsa resolución no debe ser confundida con la resolución adecuada la cual resulta en una imagen con tres barras. Los grupos perpendiculares pueden ser usados independientemente en cada dirección para estimar las dos dimensiones del punto focal o las 6 barras pueden usarse juntas para determinar la dimensión más grande

del punto focal. La relación entre las barras visualizadas y el tamaño del punto focal efectivo para una magnificación de 4/3 se obtiene de la tabla 2.

Tabla 2. Tamaño del punto focal efectivo en función de los pares de líneas resueltas (PL/mm),

Grupo de barras más pequeño	PL/mm del grupo	Tamaño del Punto Focal Efectivo
1	0.84	4.3 mm
2	1.00	3.7 mm
3	1.19	3.1 mm
4	1.41	2.6 mm
5	1.68	2.2 mm
6	2,00	1.8 mm
7	2.38	1.5 mm
8	2.83	1.3 mm
9	3.36	1.1 mm
10	4.00	0.9 mm
11	4.76	0.8 mm
12	5.66	0.7 mm

Para ambos ejes de la dirección cátodo-ánodo, calcule la discrepancia entre el tamaño del punto focal efectivo medido con respecto al tamaño nominal dado por el fabricante o la discrepancia con respecto al valor de referencia, según la misma expresión de la prueba con patrón de estrella.

Para comprobar la magnificación requerida, mida la distancia entre los centros de los dos orificios visualizados en la imagen. Con una magnificación de 4/3, la distancia entre éstos debe ser 8 cm. Si la distancia no es 8 cm, ajuste la distancia DFP y repita la prueba. La distancia DFP puede ser calculada por la fórmula $DFP = 15.2 (M/M-1)$, donde M, es la magnificación la cual es igual a la distancia medida entre los orificios visualizados en la película dividida por 6. Anote la distancia a la

cual la magnificación adecuada es alcanzada para futuras referencias. La diferencia entre el valor de DFP calculado y los 61 cm requeridos tiene que ser menor que el 2% de DFP=61 cm (1.2 cm). En caso contrario, el error tiene que ser corregido. Para evaluaciones de la consistencia de la prueba, la magnificación tiene que ser siempre la misma.

Tolerancias: Ver las tolerancias de la prueba anterior. Tener en cuenta además que este método tiene una inexactitud en el valor calculado del 16%.

3.3.1.2 PROCESADORAS¹⁴

No se realiza la determinación del tiempo óptimo de revelado ya que en este caso la duración del proceso de revelado solo dependerá de la marca de la reveladora.

Las reveladoras convencionales deben tener una carga de trabajo superior a 50 películas/día para que no se presenten problemas en el regenerado de los líquidos. Este retuerzo debe ajustarse en función del número de películas que se procesan diariamente y del tipo de éstas que se utilizan. En la misma reveladora no deben procesarse habitualmente películas con distintos tipos de emulsión, ni deben alternarse películas emulsionadas en una sola cara con otras de emulsión en ambas caras. Debe velarse porque no ocurran variaciones significativas en la temperatura del revelador. Además, se velará por la adecuada regeneración de los líquidos y la recirculación correcta del agua. Es fundamental realizar un mantenimiento periódico adecuado de las reveladoras, ya sea llevado a cabo por personal de la propia institución o por el servicio de electromedicina.

Control sensitométrico.

Los cambios en el proceso de revelado influyen en la calidad de las imágenes, es por ello que al monitorear parámetros sensitométricos se procura la información básica para determinar las condiciones óptimas de revelado. En esta prueba se describen dos procedimientos: el primero, (A) para establecer los parámetros de control, los cuales dependerán de la marca de los líquidos y de la calidad de su preparación; y el segundo, (B) para seguimiento en el tiempo de los mismos, que

¹⁴ El protocolo cubano de control de calidad para procesadoras se encuentra en la Guía Técnica 9 (Control de Calidad de Cuartos oscuros y Dispositivos de Visualización de Imagen. CCEEM.)

permite comprobar que los líquidos mantengan el nivel de actividad requerido para garantizar la calidad de las imágenes clínicas.

Objetivo: Verificar que los líquidos trabajan correctamente, de acuerdo con las especificaciones establecidas por el fabricante.

Frecuencia:

Procedimiento A). Al inicio de un programa de control de calidad, cuando vaya a utilizarse una nueva marca y/o tipo de película o de revelador. Su duración es de 5 días.

Procedimiento B). Diario, antes de comenzar el trabajo,

Equipos y accesorios: Sensitómetro y densitómetro calibrados, caja de películas radiográficas del tipo que se emplean en el departamento, agitadores, termómetro.

Establecimiento de los parámetros de control.

Procedimiento:

- 1) Separe la caja de películas que se empleará en los controles y anote sus datos fundamentales (marca, tipo, lote, número de la emulsión, etc.).
- 2) Vacíe los tanques y límpielos con agua, al igual que los colgadores.
- 3) Prepare los líquidos según las instrucciones del fabricante.
- 4) En el cuarto oscuro, con las lámparas de seguridad apagadas, y después de haber esperado suficiente tiempo para acostumbrar la vista al nivel de oscuridad natural del local, tome varias películas, córtelas en tiras de 5cm de ancho aproximadamente y colóquelas nuevamente en la caja.
- 5) Homogenice las soluciones y mida su temperatura, así como la del tanque de enjuague. Estas deben coincidir con las recomendadas por el fabricante. Anote los resultados .

6) Tome de la caja una de las tiras preparadas, expóngala con el sensitómetro¹⁵ y revélela inmediatamente.

7) Con el densitómetro, lea y anote la densidad óptica (DO) de cada paso de la tira sensitométrica obtenida, incluyendo la zona que no fue expuesta con el sensitómetro.

8) Realice las operaciones 6 y 7 durante cinco días consecutivos. Procure que las condiciones de revelado sean similares para las 5 tiras procesadas.

9) Determine el promedio de densidad para cada paso a partir de la lectura de las 5 tiras.

10) Determine el promedio de densidades de la zona de cada tira que no fue expuesta. Este es el nivel de v+b de la película.

11) Determine el paso con promedio de densidad más próximo a 1.00+ (v+b). Este será el escalón de densidad media (Dm). (Comúnmente se refiere este paso como índice de velocidad de la película).

12) Determine los pasos con promedio de densidad más cercana a 2.00+ (v+b) y el más cercano, pero no menor que 0.25+ (v+b). Calcule la diferencia de densidades entre estos pasos:

$$DDO=DO[2+(v+b)]-DO[0.25+(v+B)]$$

13) Anote los valores de D, n, DDO y v+b en las hojas de datos. Estos se utilizarán como parámetros de control para la evaluación sistemática de los líquidos.

Control sistemático.

Procedimiento:

¹⁵ Si se emplean películas de doble emulsión y se posee un sensitómetro que expone solo un lado de la película, puede, alternativamente, exponer cada lado por separado y promediar los valores de densidad óptica para cada paso.

- 1) Mida y anote la temperatura de los líquidos.
- 2) Tome una tira de la caja de películas que se reservó para esta prueba, expóngala con el sensitómetro y revélela como de costumbre.
- 3) Con el densitómetro, lea y anote la densidad óptica de los tres pasos determinados en las operaciones 11) y 12) del procedimiento (A), así como el valor de $v+b$.
- 4) Determine los valores de D_m y DDO.
- 5) Anote los resultados en las hojas de datos.

Interpretación y acciones: Compare los valores de D_m , DDO y $v+b$ que se van obteniendo en el control sistemático (procedimiento B), con los parámetros de control determinados en el procedimiento (A); compruebe que éstos se encuentren dentro de los límites de las tolerancias establecidas. Observe además si existe alguna tendencia en la variación de estos valores, aún cuando no se excedan los límites de control. Será necesario, en cualquier caso, tratar de encontrar la causa de este comportamiento y corregirla.

Cuando alguno de los parámetros esté fuera de los límites correspondientes se deben tomar acciones correctivas antes de comenzar a revelar las películas clínicas. Las fuentes de error están generalmente relacionadas con uno o varios de los factores siguientes: temperatura del revelador, preparación de los líquidos (mayor o menor concentración), o las tasas de recambio. También el incremento del nivel $v+b$ es un indicador del "agotamiento" o la contaminación del revelador.

Una vez detectada y corregida la falla, realice nuevamente la prueba y compruebe la efectividad del trabajo. Anote la causa de la falla en las hojas de datos.

Si no se posee sensitómetro y densitómetro, este análisis puede realizarse con tiras sensitométricas fabricadas y realizar una evaluación cualitativa del estado de los líquidos.

Debe compararse la nueva tira con otras obtenidas anteriormente (puede usarse como patrón la tira que se obtuvo en la prueba del tiempo óptimo de revelado) y observar las variaciones que hayan ocurrido en la densidad de la misma, fijando la atención en el primero y el último pasos expuestos, así como la zona no expuesta a la radiación.

(A) $v+b \leq 0.3 \text{ DO}$

(B) $v+b \leq v+b(\text{control}) + 0.05 \text{ DO}$

$\text{DDO} = \text{DDO}(\text{control}) \pm 0.15 \text{ DO}$

$\text{Dm} = \text{Dm}(\text{control}) \pm 0.15 \text{ DO}$

3.3.2 AMBIENTE

3.3.2.1 CUARTO OSCURO.

Las condiciones que se mantengan en el cuarto oscuro y la correcta ejecución de los procesos que en él se realizan, son factores que influyen notablemente en la calidad de las imágenes que se obtienen para el diagnóstico.

Organización y limpieza.

Objetivo: Comprobar que el cuarto oscuro permanece en condiciones adecuadas de trabajo. Evitar la contaminación de los chasis y pantallas por partículas de polvo o humedad, que puedan afectar la calidad de las imágenes y la exactitud del diagnóstico. Facilitar las maniobras del técnico en los diferentes procesos que se realizan en el cuarto oscuro.

Frecuencia: Diaria. Antes de comenzar el trabajo.

Procedimiento:

1) Observe que se haya realizado la limpieza del piso.

- 2) Limpie la mesa de trabajo, los estantes y la parte exterior de los chasis con un paño húmedo.
- 3) Compruebe que los colgadores y las cajas de las películas se encuentren organizados de acuerdo a su tamaño.
- 4) Mensualmente, debe realizarse la limpieza de los ventiladores (extractores) del sistema de ventilación.

Medidas de precaución:

- 1) Los estantes donde se almacenan las cajas de las películas no deben colocarse sobre el puesto de trabajo, ya que al mover las cajas durante la carga o descarga de los chasis pueden depositarse dentro de estos últimos partículas de polvo que afectarán la calidad de las imágenes clínicas.
- 2) Las cajas donde se almacenan películas deben permanecer en posición vertical.
- 3) No debe permitirse entrar al cuarto oscuro con alimentos o bebidas.
- 4) Los ventiladores (extractores) del sistema de ventilación no deben estar instalados sobre el puesto de trabajo.
- 5) Los utensilios usados para preparar las soluciones deben mantenerse marcados según corresponda: para preparar y mezclar el revelador, los utensilios marcados con REVELADOR, y para preparar y mezclar el fijador, los utensilios marcados con FIJADOR.

Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro.

Objetivo: Asegurar que no exista ninguna entrada de luz en el cuarto oscuro que pueda provocar el velado de las películas radiográficas.

Frecuencia: Semestral, cuando se realicen reparaciones del sistema de ventilación u otra parte del cuarto oscuro que pueda originar la entrada de luz al local.

Equipos y accesorios: Tiza u otro tipo de marcador.

Procedimiento:

- 1) Cierre la puerta del cuarto oscuro y con todas las luces apagadas, espere unos 10 minutos hasta que se acostumbre al nivel de oscuridad natural que existe en el local manteniendo todas las luces apagadas.
- 2) Inspeccione cuidadosamente si existe alguna entrada de luz alrededor de la puerta, en el falso techo, extractores de aire o alguna instalación de tuberías.
- 3) Con tiza u otro marcador apropiado señale las zonas donde exista alguna entrada de luz.

Interpretación y acciones:

A un nivel normal de iluminación, cubra las zonas marcadas, bloqueando la entrada de luz. Luego repita los pasos 1 y 2 del procedimiento y compruebe la efectividad del trabajo.

Tolerancias: Todas las zonas donde exista entrada de luz deben ser cubiertas antes de comenzar el trabajo.

Pruebas a las lámparas de Seguridad.

Objetivo: Comprobar que la iluminación de las luces de seguridad no afecte la calidad de las imágenes producto del velo que provoca en las películas.

Frecuencia: Anual, cuando se varíe la posición de las lámparas, cuando se cambien los filtros o las bombillas, cuando se va a comenzar a utilizar un tipo de película más rápida que las utilizadas hasta el momento en el departamento.

Inspección física de las lámparas.

Equipos y accesorios: Cinta métrica.

Procedimiento:

- 1) Mida la distancia de cada lámpara al lugar de maniobras (DLP).
- 2) Observe cual es la potencia (N) de las bombillas.
- 3) Compruebe que las lámparas posean filtros y que éstos se encuentren en buen estado.
- 4) Determine si los filtros tienen la respuesta espectral adecuada, dependiendo de si las películas a revelar son sensibles al azul o al verde.
- 5) Si existe más de una lámpara, verifique que las áreas iluminadas por ellas no se superpongan, ya que el nivel de iluminación en estas zonas puede ser lo suficientemente elevado como para provocar el velado de las películas.
- 6) Anote los resultados en las hojas de datos.

Interpretación y acciones: Todos los parámetros evaluados deben encontrarse dentro de los límites de las tolerancias establecidas. Los problemas detectados deben ser informados y solucionados antes de continuar el trabajo.

Tolerancias:

$DLP \geq 1m$. Si las bombillas están situadas en el techo, éste debe estar como mínimo a 2.3m del piso.

$N = 15$ o 25 W.

Todas las lámparas deben estar correctamente filtradas, poniendo especial atención en el color de los filtros. Cuando se trabaje con películas muy sensibles como las de emulsión azul, deben usarse filtros de color rojo; mientras que si se utilizan películas sensibles al verde puede colocarse un filtro de luz amarilla.

Prueba de velado por luces de seguridad.

Equipos y accesorios: Película virgen. Pliego de cartón o papel opaco. Seis monedas. Cronómetro.

Procedimiento:

- 1) En el cuarto oscuro, con las lámparas de seguridad apagadas, y después de haber esperado suficiente tiempo para acostumbrar la vista al nivel de oscuridad natural del local, tome una película de la caja y sitúela sobre el banco de trabajo donde generalmente son cargados y descargados los chasis.
- 2) Distribuya las monedas sobre la película y coloque el cartón encima (Fig.7(a))
- 3) Encienda las lámparas de seguridad y deje que la luz incida sobre la película.
- 4) Descubra la primera moneda y comience el conteo de tiempo con el cronómetro.
- 5) Transcurrido 1 minuto descubra también la segunda moneda, a los 2 minutos la tercera y así sucesivamente exponerlas todas, (Fig. 7b.). El último paso, que no tiene moneda, no se descubre; este permitirá conocer el nivel de velo-más-base ($v+b$) de la película.
- 6) Procese la película de modo usual.
- 7) Analice detenidamente la imagen obtenida en un buen Negatoscopio y determine cual es el último paso en el que aún se puede definir el contorno de la moneda. Anote el tiempo que permaneció expuesta esta moneda a las luces de seguridad, (Fig. 7 c, d).

Interpretación y acciones: El mayor tiempo de exposición para el cual no son distinguibles los bordes de la moneda correspondiente se denomina Tiempo Seguro de Maniobra (TSM) y no debe ser menor que la tolerancia establecida. Esto permite que un técnico de características promedio pueda realizar las maniobras propias del cuarto oscuro con seguridad.

Si el TSM es muy pequeño deben tomarse algunas de las medidas siguientes para disminuir el nivel de iluminación del cuarto oscuro:

- Alejar más las luces del banco de trabajo.
- Cambiar las bombillas, escogiendo otras de menor potencia.
- Aumentar la filtración de las luces.

De igual modo, si el tiempo seguro de maniobra es muy grande puede aumentarse el nivel de iluminación del local siempre y cuando no se exceda la tolerancia establecida. Esto facilitará la actividad del técnico en el cuarto oscuro.

Tolerancia: $TSM = 3 \pm 0.5\text{min.}$

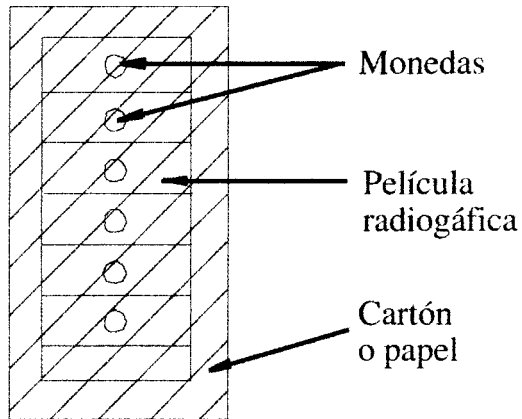


Figura 7 a.- Prueba de velado por luces de seguridad. Modo de colocar la película virgen con las monedas y el pliego de papel o cartón encima.

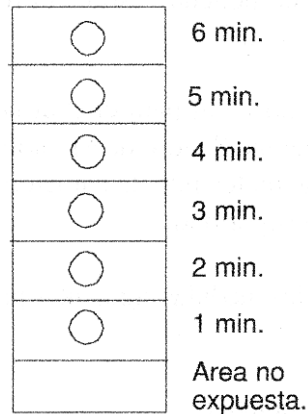


Figura 7 b.- Distribución de los tiempos de exposición de cada moneda.

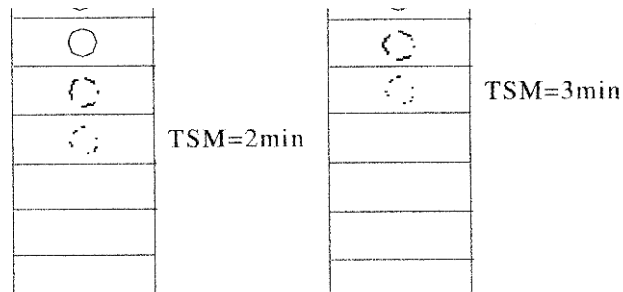


Figura 7 (c, d).- Ejemplos de imágenes obtenidas para la determinación del TSM.

7 e.- Resultado incorrecto: el paso sin moneda distinguible de mayor tiempo de exposición es el de 2 min (TSM = 2 min).

7 d.- Resultado correcto: el paso sin moneda distinguible de mayor tiempo de exposición es el de 3 min (TSM = 3 min).

3.4 PRUEBAS RECOMENDADAS POR UNRA (EL SALVADOR)

3.4.1 TECNOLOGÍAS

3.4.1.1 EQUIPOS CONVENCIONALES

3.4.1.1.1 Reproducibilidad de exposición, tiempo y kilovoltaje del equipo

- a) Colocar el tubo sobre el dispositivo de medición a la distancia establecida por el fabricante del equipo, colimar el área efectiva del medidor de parámetros radiológicos (el equipo de medición debe ser colocado en una superficie plana, tal como la mesa de procedimientos radiológicos).
- b) Hacer los ajustes necesarios en el aparato de medición, tales como colocar el interruptor en modo radiográfico, estar seguro del tiempo mínimo de respuesta y el kilovoltaje mínimo sensible por el medidor; si es aplicable elegir el rango adecuado de medición del aparato.
- c) Seleccionar en el panel del generador de rayos x los siguientes parámetros: 80 kV y una combinación de miliamperaje y tiempo de 10 mAs si no se consigue directamente dicho parámetro.
- d) Realizar 6 exposiciones y anotar en cada una los respectivos valores de kilovoltaje efectivo, tiempo y exposición.
- e) Hacer la evaluación estadística de los resultados, distinguiendo el coeficiente de variabilidad, valor promedio y desviación estándar de las mediciones.

3.4.1.1.2 Precisión del kilovoltaje y tiempo

a) Sin mover el equipo de la posición anterior, seleccionar el rango de medición de los parámetros (si aplica) y realizar las siguientes exposiciones, anotando sus respectivos valores de kilovoltaje y tiempo, como lo sugerido en la siguiente tabla:

Tabla 3

kilovoltaje del panel	tiempo del panel mas	observaciones
50		1 Rango de valores
60	120	sugeridos, estos pueden
70		0.9 ser escogidos tomando
80	100	en cuenta el criterio de
90		0.5 evaluación de los <u>valores</u>
100	80	<u>clínicos</u> mas utilizados,
110		0.3 en el rango máximo y
120	50	mínimo de kilovoltaje y
		0.1 tiempo. Se debe ajustar
	10	el rango de medición en
		1/20 el equipo, de acuerdo al
	5	valor que se esta
		1/60 midiendo.
	3	
		1/120

b) con los datos registrados, calcular el porcentaje de error de cada valor medido de kilovoltaje y tiempo.

NOTA: debe considerarse la medición doble de cada valor seleccionado, con el objeto de estimar la desviación estándar de la medición hecha por el medidor de parámetros radiológicos.

3.4.1.1.3 Linealidad del valor exposición/mas

(a) sin alterar la disposición física del equipo de medición, seguir el protocolo mostrado con los siguientes valores fijos en el panel del generador:

Kilovoltaje: 80

Tiempo: 0.1 segundos

Tabla 4

valor de mA	valor de mas	valor registrado
Mínimo valor de mA: utilizado clínicamente	mA seleccionado por el tiempo de 0.1 seg.	Valor de exposición(según el equipo de medición)/mas
Seguir la secuencia hasta alcanzar el valor máximo de mA del generador utilizado clínicamente	Mantener el tiempo de 0.1 seg. y no alterar el valor de 80 kV del panel.	Registrar según el valor de mA, el dato de exposición/mas
	si el equipo solo permite la selección de los mas incrementar los valores en 5, 10, 20, 40, etc. hasta alcanzar el mayor	Registrar el valor de exposición/mas

	valor clínico utilizado.	
--	--------------------------	--

3.4.1.1.4 Determinación del valor de la capa hemirreductora (HVL)

- (a) En este procedimiento se deben mantener las condiciones físicas del equipo de medición de exposición y del stand o dispositivo de sostén de los filtros de aluminio a utilizar en la prueba. se recomienda el uso de un colimador de plomo, utilizado para atenuar la radiación dispersa, como se muestra en la figura 8:

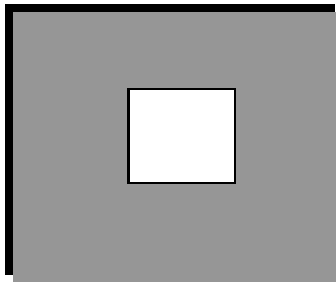


Figura 8

- (b) Ajustar los interruptores del equipo de medición, de tal forma que mida el valor de exposición a generar o si se dispone de un equipo particular de medición de nivel de dosis, ajustar los botones para obtener dicha lectura. se debe respetar la altura efectiva mínima recomendada por el fabricante del detector de exposición.
- (c) Colimar el haz de radiación en el área del colimador de plomo.
- (d) Hacer una exposición, con filtración 0.0 mm al, colocando los factores: 80 kV, 20 mas (hacer la combinación de mA y tiempo).
- (e) Registrar el valor obtenido de exposición y luego colocar el filtro de aluminio de 1 mm sobre el colimador de plomo sostenido por el stand o el dispositivo utilizado para ello, realizar otra exposición, anotar el valor.

- (f) Repetir la exposición con los mismos factores, incrementando la filtración en el orden de 2, 3,4 y 5 mm al. si no se poseen valores de filtro como los sugeridos, incrementar la filtración gradualmente en cada exposición.
- (g) Anotar los valores de exposición para cada filtración.
- (h) Luego con los valores obtenidos, graficar en papel semilogaritmico o por computadora, la curva exposición vs. mm Al.
- (i) Buscar en la grafica o calcular el valor de mm al donde el valor de exposición se reduce a la mitad del valor de exposición, para 0 mm Al.

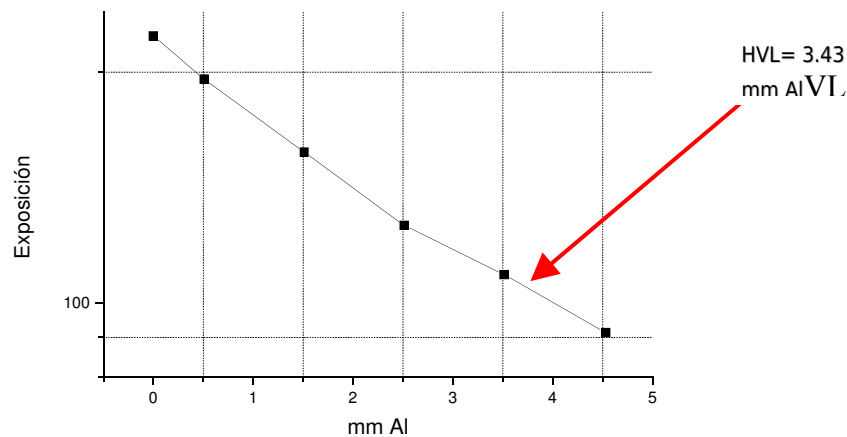


Figura 9

3.4.1.1.5 Determinación del tamaño del punto focal


Existen varios métodos para la evaluación del punto focal, es de suma importancia registrar su tamaño efectivo, al momento de instalar un tubo nuevo o en las pruebas regulares de control de calidad, ya que este parámetro representa, el nivel de desgaste presentado por el ánodo, indirectamente relacionado con la vida útil del tubo.

- (a) Método utilizando el patrón de estrella: utilizar un soporte de acrílico o stand, para la prueba, en su defecto pegar el patrón de estrella al colimador del equipo. tomar en cuenta que según el tamaño del punto focal así será la angulación necesaria de las líneas del patrón de estrella.
- (b) El patrón de estrella se debe colocar de tal forma, que un sector de líneas, este perpendicular al eje ánodo-cátodo y el otro sector perpendicular a este eje.
- (c) Acercar el tubo de rayos x lo más posible al stand.

- (d) Cargar un soporte de películas, una caseta sin pantalla, una bolsa de películas, insertándolo en el stand o colocándolo en la mesa de exposición.
- (e) En caso de no utilizar stand, elevar el tubo de tal manera que la imagen proyectada, sea el doble del tamaño real del patrón de estrella.
- (f) Identificar la posición del eje ánodo-cátodo en el soporte de películas, caseta sin pantalla, bolsa de películas o ready pack, utilizando una letra de plomo, moneda u objeto que atenúe la radiación.
- (g) Realizar una exposición siguiendo la secuencia de la tabla siguiente:

Tabla 5

valor de kV	valor de mas	punto focal	observaciones
80	20	fino	para equipos 1φ
80	20	grueso	para equipos 1φ
80	15	fino	para equipos 3φ
80	15	grueso	para equipos 3φ

- h) Revelar la película para cada punto focal utilizado.
- i) Las técnicas sugeridas pueden variar, según este la calibración del equipo y el tipo de película utilizada.
- (k) Calcular el tamaño del punto focal en la dirección perpendicular al eje ánodo-cátodo, utilizando la misma ecuación.
- (l) Método utilizando la herramienta RMI-112b: colocar el soporte de películas, caseta sin pantalla, bolsa de películas o ready pack sobre la mesa radiográfica.
- (m) Colocar la herramienta RMI-112b en el centro del soporte de películas, caseta sin pantalla, bolsa de películas o ready pack, de forma tal  que la impresión de la herramienta (anode catode) sea paralela al eje ánodo-cátodo del tubo.
- (n) Identificar la posición del eje ánodo-cátodo en el soporte de películas, caseta sin pantalla, bolsa de películas o ready pack, utilizando una letra de plomo, moneda u objeto que atenue la radiación.
- (o) Colocar el tubo a una distancia DFP de 24 pulgadas, para una magnificación de 4/3.
- (p) Colimar el área de la herramienta RMI-112B.

- (q) Realizar una exposición con los siguientes factores: 80 kV, 10 mas (o seleccionar la combinación adecuada de mA y tiempo), foco fino.
- (r) Revelar la película expuesta.
- (s) Observar en la imagen obtenida el grupo de líneas mas claramente definidas tanto paralelas como perpendiculares (no olvidar que esta herramienta es efectiva para punto focal mayor que 0.8 mm).
- (t) El valor de líneas/pulgada observado, compararlo con el tamaño del punto focal efectivo dado por una tabla nema.
- (u) El tamaño del punto focal efectivo obtenido, compararlo con el rango establecido para el punto focal nominal establecido en las tablas anexas a este protocolo.
- (v) Repetir el procedimiento para foco grueso, si aplica.
- (w) Una sola película puede ser utilizada para ambos focos una mitad cubierta con un bloqueador de plomo, tal como los que tiene las casetas convencionales en el lado de no exposición, repetir el procedimiento en la mitad no expuesta si el tubo tiene dos focos.
- (x) Para puntos focales menores a 0.8 mm es necesario el uso de magnificación adicional (m) para determinar el tamaño del punto focal. esto se realiza colocando un espaciador adicional de longitud conocida, entre la herramienta rmi 112b y la película.

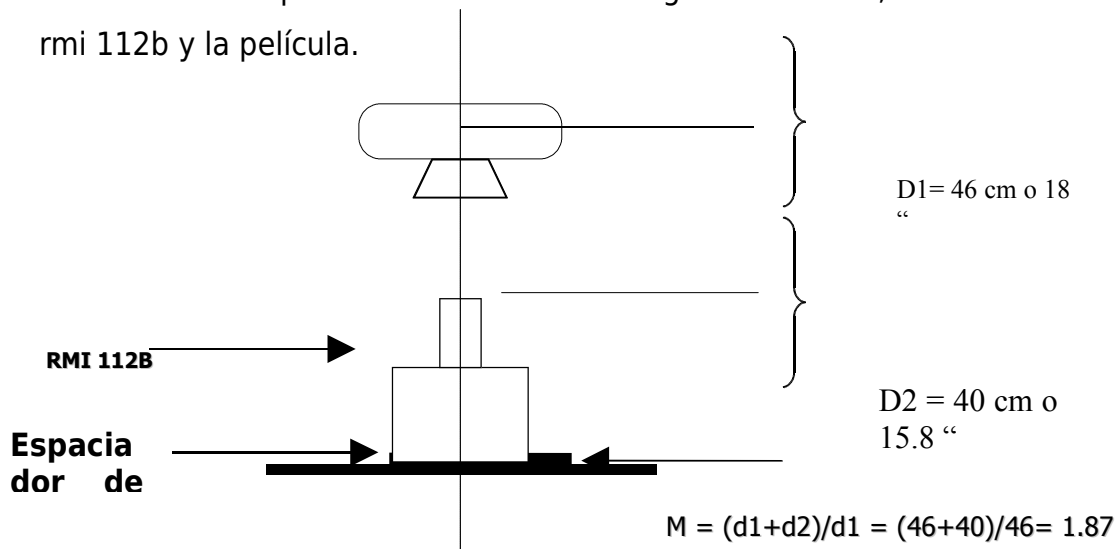


Figura 10

3.4.1.1.6 Congruencia del haz de radiación con el haz de luz y alineación del rayo central

- a) Utilizando un nivel de burbuja, posicionar horizontalmente la mesa.
- b) Centralizar el tubo de rayos-x con respecto a la mesa, a un metro desde el punto focal a la mesa.
- c) Colocar una caseta cargada sobre la mesa radiográfica.
- d) Colocar el instrumento de prueba de colimación sobre la caseta.
- e) posicionar sobre el centro de la herramienta de prueba de colimación, el instrumento de prueba de la alineación del rayo central.
- a) encender la luz del colimador y posicionar el área de la luz en el recuadro del instrumento de colimación, si uno o mas bordes del campo de luz, no coinciden con el recuadro inscrito del instrumento de colimación, colocar un objeto radiopaco (clips metálicos, barra de plomo o monedas) sobre los mismos para delimitar su posición.
- b) realizar una exposición con los siguientes factores:

Tabla 6

kilovoltaje	mas o combinación	tipo de generador
80	5	monofásico
80	2	trifásico

- (h) abrir completamente el colimador, mantener la misma técnica radiográfica y realizar una segunda exposición, sin mover los instrumentos y caseta cargada.
- (i) revelar la película expuesta y evaluar midiendo la diferencia entre la imagen radiográfica del campo de radiación y el recuadro interior del instrumento de prueba de colimación, en cada lado. Si uno o mas lados del campo de luz no coinciden con el recuadro inscrito del instrumento de colimación, medir la diferencia entre la imagen radiográfica del campo de radiación y el objeto radiopaco utilizado como marcador.
- (j) anotar los resultados de cada lado de la imagen radiográfica.

- (k) para evaluar la alineación del rayo central, observar en la película radiográfica, la imagen del punto superior con respecto de la imagen del punto inferior del instrumento de alineación del haz.
- (l) si las imágenes de las esferas se superponen, como se muestra en la figura 11^a, la perpendicularidad del rayo central está dentro del 0.5°.
- (m) si la imagen de la esfera superior intercepta el primer círculo, como se muestra en la figura 11b, el haz esta aproximadamente a 1.5° fuera de perpendicularidad.
- (n) si la imagen de la esfera superior intercepta el segundo círculo, como se muestra en la figura 11c, el haz está aproximadamente a 3.0 ° fuera de perpendicularidad.

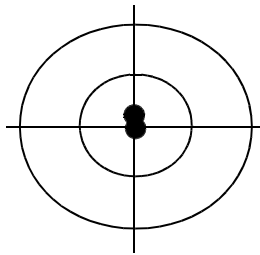


Figura 11a

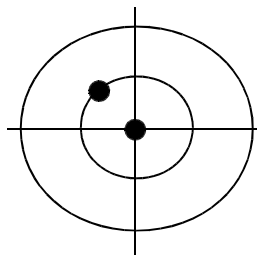
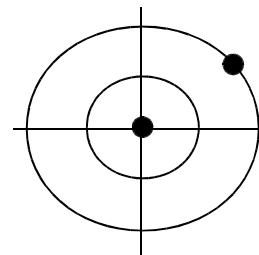


Figura 11b

Figura 11c



o) método alternativo para evaluar la congruencia del haz de radiación con el haz de luz, utilizando láminas de plomo.

p) colocar laminillas de plomo o clips metálicos, en los bordes del campo de luz proyectado por el colimador, en un área circunscrita a una caseta colocada sobre la mesa radiográfica, tal como se muestra en la figura 12. La distancia foco-película debe ser de un metro.

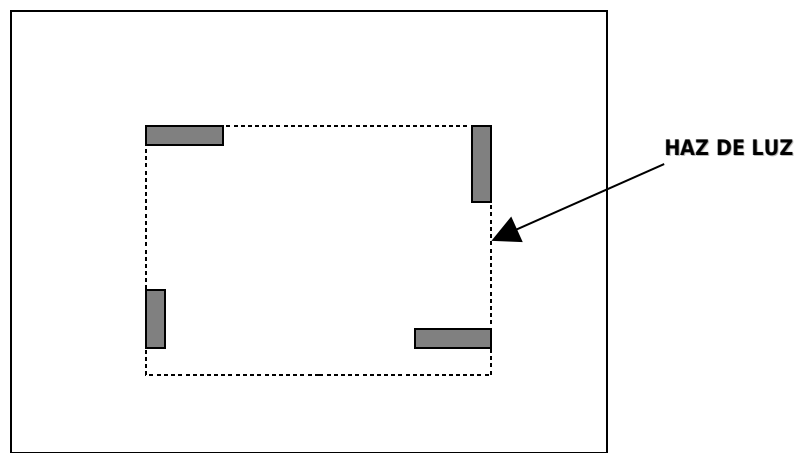


Figura 12

- q) hacer una exposición con los siguientes factores: 40 kV y una combinación para un mas o menos.
- r) abrir el campo de la luz del colimador sobre toda el área de la caseta cargada utilizada y realizar otra exposición con los mismos factores.
- s) medir la diferencia entre la imagen radiográfica producida por cada laminilla de plomo o clip metálico y el borde de la imagen producida por el haz de radiación.
- (t) en ambos métodos anotar la distancia punto focal-película (DPF) en cm, si es inferior a un metro.
- (u) para ambos métodos utilizar la siguiente fórmula:

$$\%ERROR = \frac{L_1 + L_2}{DFP} \times 100$$

donde L_1 y L_2 , son las distancias (transversal) entre la imagen radiográfica producida por el recuadro o las laminillas de plomo y el borde de la imagen producida por el haz de radiación. Establecer el mismo procedimiento para la sección longitudinal de la imagen obtenida.

- (v) realizar el mismo procedimiento para el sistema potter-bucky de pared, teniendo cuidado especial en los mecanismos para sujetar las herramientas de prueba.

3.4.1.1.7 Alineamiento de la rejilla

- (a) colocar el tubo a una distancia foco película (DFP) de un metro y centralizar con respecto al sistema potter-bucky de mesa, transversalmente como longitudinalmente.
- (b) centralizar el instrumento de alineación de rejilla (ver figura 13), sobre la mesa, de tal forma que los agujeros estén en dirección perpendicular al eje ánodo-cátodo. (los tres pequeños agujeros guías, deben orientarse en dirección de quien realiza la prueba).
- (c) fijar la posición del instrumento de alineación de rejilla, a la mesa, con cinta adhesiva, sin cubrir los agujeros.
- (d) colimar dentro del área del instrumento de alineación de rejilla, colocando los dos bloqueadores de plomo sobre el instrumento de alineación, de tal manera que solamente quede al descubierto el agujero central y los pequeños agujeros guías.
- (e) colocar una caseta cargada, en el sistema potter-bucky, alineado con respecto al instrumento de alineación de rejilla.
- (f) realizar una exposición procurando una densidad óptica entre 1 y 2 en el agujero central, se sugiere utilizar los siguientes factores: 60 kV y una combinación de 2 mAs.
- (g) sin mover la película expuesta, mover los bloqueadores de plomo, de forma que queden descubiertos los agujeros del centro y los dos adyacentes a este. Hacer otra exposición con los mismos factores.
- (h) aún sin remover la película, quitar los bloqueadores de plomo y realizar otra exposición con los mismos factores.
- (i) revelar la película y evaluar utilizando las siguientes ecuaciones:

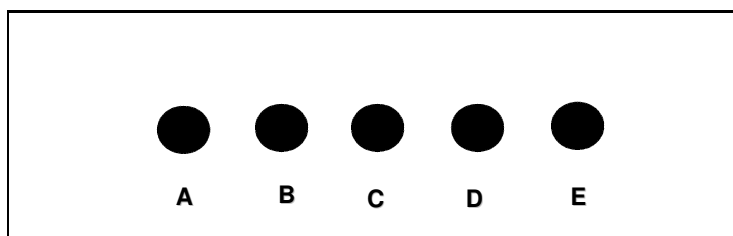


Figura 13

$$\frac{B+D}{2} \equiv DO_1$$

$$\frac{A+E}{2} \equiv DO_2$$

$$\Delta DO_1 \equiv \frac{B-D}{DO_1} \times 100$$

$$\Delta DO_2 \equiv \frac{(A-C)-(E-C)}{DO_2} \times 100$$

- (j) realizar el mismo procedimiento para el sistema potter-bucky de pared, teniendo sumo cuidado en los mecanismos sujetadores del instrumento de alineación de rejilla.

3.4.1.2 PRUEBAS PARA EQUIPOS CON COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA

3.4.1.2.1 Circuito de corrección (densidad óptica en la imagen)

- a) verificar que el tubo y el sistema potter-bucky, estén centrados.
- b) colocar el tubo de rayos-x a una distancia foco-película de un metro.
- c) colocar una caseta con película en el portachasis del equipo.
- d) realizar una exposición en modo automático
- e) revelar la película expuesta.
- f) medir la densidad óptica de la película.

3.4.1.2.2 Reproducibilidad del control automático de exposición

- a) seleccionar el sensor central del modo AEC¹⁶, colocar un fantoma de cuatro pulgadas de espesor de acrílico PMMA, sobre la mesa radiográfica, colimar según el área del fantoma.
- b) colocar una cámara de ionización pequeña, sobre el fantoma, tal como se muestra en la figura 14.



Figura 14

- (c) verificar que el sistema potter-bucky, el tubo, la cámara de ionización y el fantoma, estén alineados longitudinal y transversalmente, además verificar que la distancia DFP sea de un metro.
- (d) realizar cuatro exposiciones en modo CAE (compensación automática de exposición), se sugiere utilizar 80 kV, registrar cada una de las exposiciones y el valor de mas o tiempo.
- (e) con los datos de las lecturas registradas, calcular el valor promedio de ellas.
- (f) calcular la desviación estándar.
- (g) calcular el coeficiente de variabilidad de los valores de exposición registrados.

3.4.1.2.3 Compensación automática a espesor variable

- (a) seleccionar el sensor central del sistema CAE y colocar un fantoma de acrílico PMMA de cuatro pulgadas de espesor, sobre la mesa radiográfica. Limitar el haz de luz al área del fantoma. Para esta prueba se utilizaran adicionalmente dos espesores de 6 seis y diez pulgadas de espesor de acrílico PMMA.
- (b) verificar que el sistema potter-bucky, el tubo y el fantoma, estén alineados longitudinal como transversalmente y que la distancia foco-película sea de un metro.
- (c) identificar el espesor utilizado con un numero, nombre o letra en particular grabado en la película a exponer.

¹⁶ Automatic Exposure Control, o Control Automático de Exposición (CAE)

- (d) realizar una exposición en modo CAE.
- (e) revelar la película, repetir el procedimiento anterior dos veces más, pero variando el espesor del fantoma de acrílico (seis y diez pulgadas) en cada ocasión e identificar las películas con su respectivo número, nombre o letra en particular, respectivamente.
- (f) revelar las películas y medir la densidad óptica en la imagen de cada espesor de acrílico.
- (g) si el sistema no compensa automáticamente, repetir los pasos de a) a c), realizar las exposiciones como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7

espesor equivalente del paciente	fantoma	kV	mA
10 cm	4 pulg.	entre 60 y 80	400
20 cm	6 pulg. + ¼ Al	entre 80 y 100	400
30 cm	10 pulg. + ¼ Al	entre 80 y 100	400

- h) luego de cada caso revelar la película.
- i) Medir la densidad óptica en el lugar de la imagen del fantoma.

3.4.1.2.4 Exposición adecuada en las diversas estaciones de mA.

- a) seleccionar el sensor central y colocar el fantoma de cuatro pulgadas de espesor de acrílico sobre la mesa radiográfica. Limitar el haz de luz en el área del fantoma.
- b) verificar que el sistema potter-bucky, el tubo, la cámara de ionización y el fantoma, estén alineados longitudinal y transversalmente y que la distancia foco-película sea de un metro.
- c) realizar las exposiciones en modo semiautomático y anotar el valor de cada una de las estaciones de mA disponibles, colocando el valor de exposición y el valor del tiempo o mA.
- d) medir la densidad óptica de cada imagen generada por el fantoma en las diferentes estaciones de mA.

3.4.1.2.5 Función del control de densidad.

- (a) colocar una caseta cargada en el portacasetas del sistema potter-bucky.
- (b) colocar el acrílico de cuatro pulgadas de espesor y un indicador, numero o letra, para identificar la película, sobre la mesa radiográfica, justo en el centro del portacasetas.
- (c) colocar la cámara de ionización, previamente conectada y precalentada, sobre el acrílico.
- (d) seleccionar el valor mas bajo en del control de densidad del equipo.
- (e) realizar una exposición en el modo automático.
- (f) anotar los valores obtenidos de exposición
- (g) cambiar la caseta y el numero o identificador de la película.
- (h) revelar la película expuesta en una procesadora automática.
- (i) repetir todo el procedimiento anterior, hasta completar todos los selectores de densidad (+5 hasta -5, por ejemplo).
- (j) leer la densidad óptica de cada película, anotar los resultados en un formulario, calculando el incremento del valor de la exposición entre un paso y el siguiente, utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{E_j - E_i}{E_i} \times 100$$

donde E_j es la exposición en cualquier paso y E_i es la exposición en el paso anterior.

3.4.1.3 EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS

3.4.1.3.1 Determinación del tamaño del punto focal

MÉTODO A

- a. Colocar un soporte de acrílico o STAND sobre la mesa radiográfica.

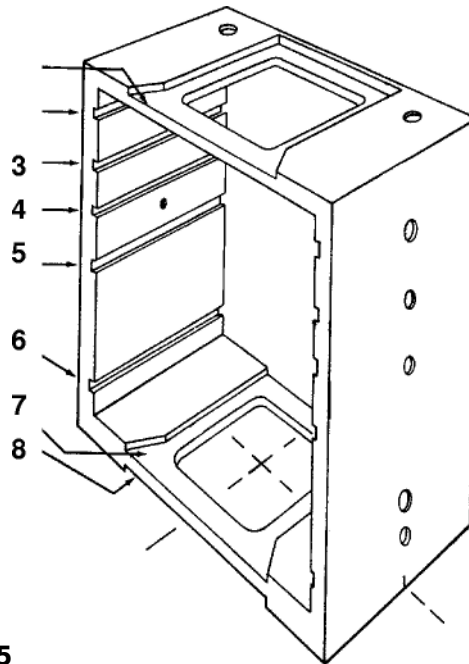



Figura 15

- b. Colocar el atenuador de aluminio de 10 cm de espesor equivalente sobre la ranura # 7 del STAND.
- c. Colocar el intensificador de imagen lo mas cerca del STAND.
- d. Centralizar la imagen del patrón de estrella en el monitor de televisión y colimar.
- e. Colocar el soporte de película, con la malla hacia arriba en la ranura # 3 del STAND.
- f. Insertar en el soporte de película la caseta de cartón cargado.
- g. Colocar una laminilla de plomo con la letra A, sobre el soporte de película para
- h. indicar la dirección del ánodo.
- i. Realizar un spot con 80 KV y una combinación de 15 mAs.
- j. Revelar y evaluar la película expuesta.
- k. Repetir el procedimiento para foco grueso.

MÉTODO B

- a. Colocar la herramienta RMI-112B sobre la mesa fluoroscópica, con el patrón de barras hacia el tubo de fluoroscopia, visualizar en el monitor de fluoroscopia la imagen

de



de

 la herramienta RMI-112B (ANODE CATODE) de tal forma que sea paralela al eje ánodo-cátodo.

- b. Colocar debajo la herramienta o sobre esta, una caseta cargada sin pantalla (según la ubicación del tubo).
- c. Identificar la posición del eje ánodo-cátodo en la caseta de películas sin pantalla utilizando una letra de plomo, moneda u objeto que atenúe la Radiación.



- d. (Medir la distancia aproximada del punto focal de tubo al patrón de barras de la herramienta RMI-112B).
- e. Colimar el área de la herramienta RMI-112B.
- f. Realizar una exposición en modo Spot con los siguientes factores: 80 KV, 15 mAs (o seleccionar la combinación adecuada de mA y tiempo), foco fino.
- g. Revelar la película expuesta.
- h. Repetir el procedimiento para foco grueso.
- i. Para evaluar, con ayuda de un lente de aumento observar los grupos de líneas paralelas al eje ánodo - cátodo de la película radiográfica.
- j. Contar el grupo de barras claramente visibles.
- k. Determinar según la tabla 8, la dimensión del punto focal efectivo, de acuerdo al número de grupo de líneas claramente visibles.
- l. Comparar el valor del punto focal nominal del equipo, con el valor del tamaño del punto focal efectivo determinado en la tabla 8 y evaluar si esta dentro de los límites aceptables de la tabla 9.

Tabla 8. Dimensiones del Punto Focal Efectivo, Solamente es útil para una magnificación de 4/3.

Grupo mas pequeño resuelto	Resolución del grupo (lp/mm)	Dimensión del Punto Focal Efectivo (mm)
-------------------------------	---------------------------------	--

1	0.84	4.3
2	1.00	3.7
3	1.19	3.1
4	1.41	2.6
5	1.68	2.2
6	2.00	1.8
7	2.38	1.5
8	2.83	1.3
9	3.36	1.1
10	4.00	0.9
11	4.76	0.8
12	5.66	0.7

Tabla 9 Límites Aceptables para el Tamaño del Punto Focal

Punto Focal Nominal	Punto Focal Efectivo	
	Largo Paralelo al eje	Ancho Perpendicular al
0.05	0.075	0.075
0.10	0.15	0.15
0.15	0.23	0.23
0.20	0.30	0.30
0.25	0.40	0.40
0.30	0.65	0.45
0.40	0.85	0.60
0.50	1.10	0.75
0.60	1.30	0.90
0.70	1.50	1.10
0.80	1.60	1.20
0.90	1.80	1.30
1.00	2.00	1.40
1.10	2.20	1.50
1.20	2.40	1.70
1.30	2.60	1.80
1.40	2.80	1.90
1.50	3.00	2.00
1.60	3.10	2.10
1.70	3.20	2.20
1.80	3.30	2.30
1.90	3.50	2.40
2.00	3.70	2.60

Limitación del campo de radiación y alineación del rayo central

- (a) Abrir completamente los colimadores del equipo de fluoroscopia y verificar si aparecen en el monitor de televisión, si esto ocurre suspender la prueba.

- (b) Cerrar los colimadores de forma tal que sean visibles en el monitor de televisión (aproximadamente 3 centímetros en cada lado).
- (c) Mover el intensificador de imagen alejándolo y acercándolo a la mesa radiográfica. Observar si la posición de los colimadores cambia, si esto ocurre suspender la prueba.
- (d) Colocar el stand sobre la mesa radiográfica
- (e) Colocar el atenuador de aluminio de 10 cm de espesor equivalente sobre la base del stand.
- (f) Colocar el intensificador de imagen lo más cerca posible del stand.
- (g) Colocar un soporte de películas o caseta sin pantalla en la ranura # 3 del stand.
- (h) Colocar la herramienta RMI-161B debajo del soporte de películas o caseta sin pantalla.
- (i) Centralizar la imagen en el monitor de Televisión y cerrar ligeramente los colimadores con respecto a la imagen de la herramienta RMI-161 B.
- (j) Realizar una exposición de 30 segundos en modo automático (si lo permite el equipo) o realizar una exposición con 80 KVp.
- (k) Abrir completamente los colimadores.
- (l) Realizar una exposición de 30 segundos en modo automático (si lo permite el equipo) o realizar una exposición con 80 KVp.
- (m) Revelar y evaluar la película expuesta.

Resolución de alto contraste

- (a) Fijar con cinta adhesiva el instrumento de resolución de alto contraste, por ejemplo el RMI-141, en la pantalla de la entrada del intensificador de imagen.
- (b) Si el equipo es manual seleccionar el KV y mA mas bajo posible, observar la resolución en el monitor (de no ser posible, agregar un atenuador de aluminio entre la herramienta y la mesa), anotar los resultados.
- (c) El número de mallas/pulgada resueltas en el monitor no debe ser menor a los valores indicados en la tabla 10.

Tabla 10

Resoluciones mínimas de la herramienta RM1 141 (malla/pulgadas)
--

	Intensificador de	9"	Intensificador	de 6"
	Centro	Borde	Centro	Borde
Negatoscopio	40	30	40	35
Monitor de TV	20-24	20	30-35	24-30
Cine del 6 mm	35	30	40	35
Cine de 35 mm				
Películas con	40	30	40	35

- (d) Colocar una caseta cargada en el porta-película del intensificador de imagen.
- (e) Realizar una exposición (Spot) con 60 KV y una combinación próxima a 15 mAs.
- (f) Revelar la película expuesta y evaluarla en el Negatoscopio, de acuerdo al criterio de la tabla 10.

Detectabilidad de bajo contraste

- (a) Colocar el patrón de resolución de bajo contraste dentro del un atenuador de aluminio de espesor equivalente a 10 cm.
- (b) Colocar la herramienta y el atenuador sobre la mesa radiográfica de tal forma que la imagen de las columnas de agujeros del patrón de resolución de bajo contraste obtenidos en el monitor de televisión, sean perpendiculares a las líneas horizontales que proyecta el monitor de televisión.
- (c) Colocar el intensificador de imagen sobre el atenuador con la herramienta de bajo contraste a una distancia intensificador de imagen-superficie de la mesa, de aproximadamente 50 cm y seleccionar en fluoroscopia e modo de operación automático (si esta disponible), de lo contrario seleccionar 80 KV en modo semiautomático.
- (d) Centralizar la imagen del patrón de resolución de bajo contraste en el monitor de televisión y colimar.

- (e) Determinar en el monitor de televisión el par de círculos más pequeños de igual diámetro, que pueden ser claramente vistos.
- (f) Anotar los resultados.
- (g) Insertar la caseta radiográfica cargada, en el porta-película del intensificador de imagen.
- (h) Realizar una exposición (Spot) en modo automático del patrón de resolución de bajo contraste, si el equipo es semiautomático realizar un Spot con 80 KV.
- (i) Revelar la película expuesta y evaluar.

Precisión del potencial

- (a) Verificar que el detector de Radiación del medidor, este en modo fluoroscópico
- (b) Colocar el detector de Radiación sobre la superficie de la mesa, de forma tal que la cámara de ionización este orientada hacia el tubo de fluoroscopia.
- (c) Centralizar la imagen del detector en el monitor de televisión y colimar.
- (d) Seleccionar en el modo semiautomático de fluoroscopia 80 KV y realizar una exposición continua, hasta obtener una lectura en el detector.
- (e) Anotar el valor de kilovoltaje y la tasa de exposición indicados en el detector.
- (f) Repetir el procedimiento variando el kilovoltaje a 100 y 120. Si el equipo de fluoroscopia compensa por kilovoltaje, añadir diferentes espesores de material absorbente (atenuador de aluminio de 10 cm de espesor equivalente).
- (g) Luego calcular el porcentaje de error para cada valor del potencial, este no debe ser mayor del 10%.

Rendimiento máximo a la superficie de la mesa

- (a) Verificar que el detector de Radiación este en modo fluoroscópico.
- (b) Colocar el detector de Radiación sobre la superficie de la mesa, de forma tal que la cámara de ionización este orientada hacia el tubo de fluoroscopia.
- (c) Centralizar la imagen del detector en el monitor de televisión y colimar.

- (d) Colocar una lámina de plomo de 3 mm de espesor, de tal manera que el detector de Radiación quede colocado entre la lámina de plomo y el tubo de fluoroscopia.
- (e) Realizar una exposición de 10 segundos de fluoroscopia en el modo de operación automático, anotar el valor de kilovoltaje y de miliamperaje del panel y el kilovoltaje y la tasa de exposición del detector.

Compensación automática

- (a) Verificar que el detector de Radiación este en el modo fluoroscópico.
- (b) Colocar el detector de Radiación sobre la superficie de la mesa, de forma tal que la cámara de ionización este orientada hacia el tubo de fluoroscopia.
- (c) Colocar el atenuador de aluminio de 10 cm de espesor equivalente sobre el detector de Radiación.
- (d) Centralizar el área de la cámara de ionización en el monitor de televisión y colimar.
- (e) Realizar una exposición de 30 segundos en el modo de operación automático.
- (f) Anotar el kilovoltaje y el miliamperaje del panel y el kilovoltaje y tasa de exposición del detector.
- (g) Agregar el otro atenuador de aluminio de 10 cm de espesor equivalente sobre el detector de radiación.
- (h) Repetir los pasos (e) y (f) incrementando los espesores de aluminio.

3.4.1.3 PROCESADORAS

Control de calidad del revelador automático de películas radiográficas

Materiales:

- (a) Sensitómetro de 21 pasos
- (b) Densitómetro
- (c) Películas radiográficas
- (d) Termómetro
- (e) Procesador automático

Metodología

- (a) En el cuarto oscuro, coloque una película en el sensitómetro y expóngala a luz verde o azul, de acuerdo al tipo de sensibilidad de la película.
- (b) Revele la película en el procesador automático.
- (c) Lea con el densitómetro, de acuerdo al protocolo para sensitometría.
- (d) Repita cinco veces a diferentes horas del mismo día, los pasos del a) a c) y anote el promedio de cada parámetro como valor de referencia, para establecer los parámetros de control.
- (e) Cada día realice los pasos del a) a c) y señale cada uno de los parámetros sobre la hoja de control.

Nota: El paso e) se debe realizar solamente al iniciar el programa de control de calidad o al cambiar el tipo de solución (revelador y fijador) o cuando haya cambio de marca de película.

3.4.2 AMBIENTE

3.4.2.1 CUARTOS OSCURO

Verificación de luz de seguridad en el cuarto oscuro

Materiales:

1. Procesador
2. Sensitómetro
3. Densitómetro
4. Cronómetro
5. Cinta métrica
6. Negatoscopio
7. Película radiográfica virgen de uso común

Método A

1. Asegúrese que los filtros de seguridad son los recomendados por el fabricante de la película y que no estén rajados o con agujeros. Revise la potencia del bombillo (no mayor de 15 watts) y mida la distancia desde la luz de seguridad a la bandeja del procesador y mesa de trabajo.
2. Apague todas las luces en el cuarto oscuro y espere 5 minutos o hasta que los ojos se adapten a la oscuridad.

3. Busque filtraciones de luz cerca de puertas, pasaplasas, procesador, esquinas y cielo raso. Las filtraciones pueden ser direccionales (no visibles en una posición, pero evidentes desde otra a medida que uno se mueve).
4. Elimine todas las filtraciones aparentes, antes de continuar.
5. En total oscuridad, saque una película 8 x 10 de uso común de su caja y colóquela en el sensitómetro.
6. Si la película no es mamográfica, esponga la película de acuerdo a la luz que emite la pantalla Intensificadora a ambos lados. Si la película es mamográfica, expóngala con la emulsión hacia abajo (lado mate). Gire la película horizontalmente 180 grados y esponga el otro lado, nuevamente con la emulsión hacia abajo (tiene ahora dos imágenes latentes sobre ambos lados de la película).
7. Coloque la película expuesta debajo del cartón opaco, cubriendo solo la mitad de la película.
8. Encienda la luz de seguridad y espere dos minutos.
9. Procese la película en total oscuridad, al introducirla en el procesador, los lados largos deben estar paralelos con los bordes de la bandeja.
10. Lea en el densitómetro el lado no expuesto a la luz de seguridad, el paso que tenga una densidad cercana a 1.4 DO
11. Lea el mismo paso en el lado expuesto a la luz de seguridad.
12. Para determinar la densidad del velo, reste la densidad del paso no expuesto de la densidad del paso expuesto.
13. Densidad de velo = Densidad del paso expuesto - Densidad del paso no expuesto

Método b

1. En el cuarto oscuro asegúrese de que el filtro de la luz de seguridad es el especificado por el fabricante de la película y que no este rajado o con agujeros resultantes de la expansión y contracción, por el calor. Anotar el tipo de filtro, revise que la potencia del bombillo sea el indicado por el fabricante y mida la distancia entre el filtro y la mesa de trabajo y la bandeja de la procesadora.

2. Cargue una caseta 8 x 10 y expóngala a rayos-x a una DFP de 40 pulgadas con 40 KVp y 3 mAs (para producir una DO aproximada de 1.00)
3. Lleve la caseta al cuarto oscuro y apague todas las luces (iluminación general y luz de seguridad). Espere 5 minutos o hasta que se adapte a la oscuridad. Encienda la luz de seguridad.
4. Coloque la caseta sobre la mesa de trabajo, descargue la película y cúbrala con el cartón opaco. Cubra la mitad derecha de la película con el cartón. Ahora del lado izquierdo cubra 4/5 partes de la película, espere 1 minuto y mueva hacia abajo, espere otro minuto y así sucesivamente hasta que alcance las 2/5 partes, no exponga la última franja de la película.
5. Procese la película sin exponer la última parte.
6. Coloque la película en el negatoscopio y con el densitómetro registre las densidades de acuerdo al tiempo total de exposición en cada recuadro. Mida también la densidad promedio de la mitad derecha.

3.4.3 INSTRUMENTACIÓN

- (a) Soporte de película, Slide Assembly, bolsa de películas o caseta sin pantalla para película 18 x 24.
- (b) Soporte de acrílico o Stand.
- (c) Patrón de estrella.
- (d) Casete de cartón, bolsa de películas vacía o caseta sin pantalla.
- (e) Láminas de acrílico.
- (f) Láminas de aluminio (5 de 0.1 mm o la cantidad de espesores equivalentes)
- (g) Detector de radiación no invasivo, ejemplo Innovision NERO 4000+.
- (h) Extensión.
- (i) Marcador de acetato o plumón indeleble.
- (j) Cinta métrica.
- (k) Formulario de evaluación para aparatos de radiografía.
- (l) Protocolo para la evaluación de aparatos de mamografía.
- (m) Laminillas de plomo (o monedas).
- (n) Fantoma de acreditación para mamografía.

- (o) Herramienta de prueba para medir el contacto pantalla-película (test - tool)
Sensitómetro
- (p) Termómetro.
- (q) Monitor de radiación y cámara de ionización para radiografía.
- (r) Balanza o pesa de baño.
- (s) Detector portátil.

CAPITULO 4. COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS

4.1 MATRIZ DE COMPARACIÓN

A continuación se presenta la comparación de los protocolos pertenecientes a los países de Cuba, España, Estados Unidos (USA) y El Salvador (ES).

Hay que mencionar que existen pruebas que no se toman en cuenta en los procedimientos salvadoreños y si en otros países, es por ello que en esta matriz se agregan todas las pruebas independientemente si están o no en los protocolos restantes, todo con el objetivo de determinar si hay pruebas utilizadas en otros países y no en El Salvador, así pues esta matriz, podrá servir como parámetro de comparación de los protocolos incluidos.

Otro punto que es importante destacar es que para la selección de las pruebas que serán incluidas en el protocolo a proponer para El Salvador, se ha considerado como criterio tomar aquellas que son contempladas por tres de los diferentes protocolos, así como también todas las pruebas recomendadas por UNRA.

PROTOSCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD CUBA

EQUIPOS CONVENCIONALES	
1	Inspeccion física de la instalacion
2	Evaluacion del circuito protector de sobrecarga de tubo
3	Exactitud de la Escala Indicadora de Distancia
4	Perpendicularidad Mesa-Tubo de Rayos X
5	Coincidencia del haz de radiacion con el haz luminoso y alineacion del centro de campo de radiacion ceon el centro de imagen
6	Consistencia del Generador
7	La densidad óptica (DO) como parámetro de medición
8	Dosimetría como parámetro de medición
9	Exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposicion
10	Exactitud y reproducibilidad del potencial
11	Determinacion de la capa hemirreductora
12	Medición del Tarrño del Punto Focal
13	Evaluación de Calidad de la Imagen Radiográfica con Patrones de Barras de Resolución Visual
14	Consideraciones en cuanto a la medición
15	Determinación de la Dosis de Entrada con Cámara de Ionización
CONTROL DE CALIDAD EN EL CUARTO OSCURO	
16	Organización y limpieza.
17	Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro
18	Inspección física de las lámparas
19	Prueba de velado por luces de seguridad
CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE REVELADO	
20	Prueba para el control de la temperatura de los reactivos químicos para el procesamiento
21	Prueba para determinar el tiempo óptimo de revelado
22	Control sensitométrico
SISTEMAS RECEPTORES Y VISUALIZADORES DE IMÁGENES	
23	Prueba para verificar la hermeticidad de los chasis
24	Prueba de chequeo del contacto película-pantalla
25	Evaluación de la uniformidad en la velocidad de las pantallas
26	Prueba de comparación de la velocidad de un nuevo tipo de película radiográfica
27	Prueba para verificar el nivel de brillo de los negatoscopios

PROCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD ESTADOS UNIDOS	
EQUIPOS CONVENCIONALES	
REVISIONES VISUALES DIARIAS	
1	Revisiones visuales diarias
TUBOS DE RAYOS X Y COLIMADORES	
2	Calidad del haz central
3	Campo de luz/Alineación del campo (Congruencia)
4	Exactitud de la escala X-Y (Indicador del tamaño del campo)
5	Sistema de Limitación del Campo
6	Alineamiento haz de Rayos X - Bucky
7	Tamaño del Punto Focal
GENERADORES DE RAYOS X	
8	Calibración del kilovoltaje
9	Cronómetro de Exposición
10	Cuantificación del haz (mR/mAs)
CONTROL AUTOMATICO DE EXPOSICION	
11	Detector de selección AEC
12	Indicador de mAs post lectura
13	Tiempo mínimo de respuesta
14	Límite máximo de exposición (tiempo back up).
15	Selector de combinación pantalla-película
16	Control de densidad AEC
17	Ubicación del detector AEC
REJILLAS	
18	Artefactos
19	Alineación y Tiempo haz - Grilla
SEGURIDAD ELECTRICA	
20	Seguridad electrica
PROCESADORAS	
1	Sensitometría
CUARTO OSCURO	
1	Limpieza del cuarto oscuro
2	Almacenamiento de películas
CONDICIONES DE CUARTO OBSCURO	
3	Temperatura y humedad
4	Velo
EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS	
1	Índice de exposición típico
2	Índices Máximos de Exposición
Calidad de la Imagen	
3	Calibración del Kilovoltaje
4	Calidad de la Radiación (HVL)
5	Rejilla Anti-dispersión
6	Colimación
7	Índice de exposición de entrada del intensificador de imagen (IIER)

PROTOSCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD ESPAÑA

EQUIPOS CONVENCIONALES	
RADIACION DE FUGA	
1	Detecion y medida de la radiacion de fuga
PARAMETROS GEOMETRICOS	
2	Tamaño del foco
3	Tamaño mínimo del campo
4	Indicador de la distancia foco-película
5	Definición del campo luminoso
6	Coincidencia y centrado campo de luz-campo de radiación
7	Coincidencia campo de radiación- campo de registro en sistemas automáticos
8	Coincidencia indicadores de colimación-campo de radiación
9	Ortogonalidad del haz de rayos X y del receptor de imagen
CALIDAD DEL HAZ	
10	Exactitud y reproducibilidad de la tensión
11	Filtración. Capa henirreductora.
12	Visualización de la forma de onda
TIEMPO DE EXPOSICION	
13	Exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposición
RENDIMIENTO	
14	Reproducibilidad
15	Valor del rendimiento
16	Variación del rendimiento con la corriente
17	Kerma de transmisión
REJILLA	
18	Factor de exposición de la rejilla o del sistema de rejilla
19	Estado de la rejilla
20	Posicionamiento correcto de la rejilla
CONTROL AUTOMATICO DE EXPOSICION	
21	Homogeneidad entre las cámaras
22	Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades. Reproducibilidad del CAE
23	Incremento de DO por paso del selector de densidades
24	Compensación del CAE para distintos espesores
25	Compensación del CAE para distintas tensiones
26	Compensación del CAE para distintas corrientes
MESA RADIOGRAFICA	
27	Factor de atenuación

EQUIPOS FLUOROSCOPICOS	
PARAMETROS GEOMETRICOS	
1	Mínima distancia foco-piel
2	Perpendicularidad y centrado del haz de rayos X
3	Tamaño del campo de entrada del intensificador de imagen
4	Distorsión geométrica. Comprobación visual de la existencia de distorsiones del tipo "S" y de cojinete
5	Linealidad del monitor de TV del equipo
6	Coincidencia del campo de radiación con el intensificador de imagen
FLUOROSCOPIA PULSADA	
7	Duración y frecuencia del pulso
RENDIMIENTO	
8	Constancia
CONTROL AUTOMATICO DE INTENSIDAD	
9	Tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del intensificador de imagen
10	Reproducibilidad de la tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del intensificador de imagen
11	Compensación del CAI para distintos espesores y tensiones (equipos fluoroscópicos convencionales)
12	Reproducibilidad del CAE (equipos fluorográficos convencionales)
13	Compensación del CAE para distintos espesores y tensiones (equipos fluorográficos convencionales)
TASA DE DOSIS AL PACIENTE	
14	Tasa de dosis máxima al paciente estándar
15	Reproducibilidad de la tasa de dosis de entrada al paciente con CAE
SEÑAL DE VIDEO	
16	Pulso de sincronismo
17	Nivel de negro
18	Amplitud de la señal de vídeo (Vo)
19	Amplitud del ruido de la señal de vídeo
20	Viñeteo
CALIDAD DE IMAGEN EN EQUIPOS CONVENCIONALES	
EQUIPOS DE FLUOROSCOPIA	
1	Escala de grises
2	Límite de resolución a alto contraste
3	Uniformidad de la resolución en todo el campo
4	Umbral de sensibilidad a bajo contraste
5	Umbral de sensibilidad para objetos de distinto tamaño en función del contraste
EQUIPOS FLUOROSCOPICOS	
6	Límite de resolución a alto contraste
7	Umbral de sensibilidad a bajo contraste
8	Umbral de sensibilidad para objetos de distinto tamaño en función del contraste

CALIDAD DE IMAGEN EN SISTEMAS DIGITALES	
FLUOROSCOPIA DIGITAL DE ESCALA DE GRISES	
1	Límite de resolución espacial
2	Umbral de sensibilidad a bajo contraste
3	Rango dinámico
4	Límite de resolución espacial para la última imagen memorizada
5	Umbral de sensibilidad a bajo contraste para la última imagen memorizada
PROCESADORAS PARA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL	
1	Temperatura de procesado
2	Sensitometría: índice de velocidad, índice de contraste y base +velo
3	Actividad de procesado
4	Tiempo total de procesado
5	Artefactos debidos a la procesadora
CÁMARAS LASER (PROCESADO EN SECO)	
1	Distorsión geométrica
2	Relación de aspecto
3	Uniformidad de la imagen
4	Resolución de alto y bajo contraste
5	Sensibilidad de contraste
6	Escala de grises
DIGITALIZADORES DE PELÍCULAS	
1	Rendimiento densitométrico (escala de grises)
2	Uniformidad de la imagen
3	Exactitud geométrica
4	Resolución de alto y bajo contraste
CUARTOS OSCUROS	
1	Temperatura
2	Humedad
3	Nivel de radiación
4	Estanqueidad a la luz blanca
5	Efectividad de las luces de seguridad y de los filtros
ALMACENAJ E DE PELICULAS	
1	Temperatura
2	Humedad
3	Nivel de radiación
4	Colocación apropiada de las cajas de películas
5	Seguimiento de la calidad de las distintas partidas de películas
1	Índice de exposición típico
2	Índices Máximos de Exposición
CONTROL DE CALIDAD EN EL CUARTO OSCURO	
13	Organización y limpieza.
14	Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro
15	Pruebas a las lámparas de Seguridad
16	Inspección física de las lámparas
17	Prueba de velado por luces de seguridad

PROTOSCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EL SALVADOR

EQUIPOS CONVENCIONALES	
1	Reproducibilidad de Exposición, Tiempo y Kilovoltaje del equipo
2	Presición del Kilovoltaje y tiempo
3	Linealidad del valor Exposición/mAs
4	Determinación del Valor de la capa Herrerreductora (HVL)
5	Determinación del Tamaño del Punto Focal
6	Congruencia del Haz de Radiación con el Haz de Luz y alineación del Rayo Central
7	Alineamiento de la rejilla
EQUIPOS CONVENCIONALES CON COMPENSACION AUTOMATICA	
8	Circuito de corrección (Densidad Optica en la imagen)
9	Reproducibilidad del Control Automático de Exposición
10	Compensación automática a espesor variable
11	Exposición adecuada en las diversas estaciones de mA
12	Función del Control de Densidad
EQUIPOS DE RAYOS X CON FLUOROSCOPIA	
1	Determinación del tamaño del punto focal
2	Limitación del campo de radiación y alineación del rayo central
3	Resolución de alto contraste
4	Detectabilidad de bajo contraste
5	Presición del potencial
6	Rendimiento máximo a la superficie de la mesa
7	Compensación automática
SISTEMA DE REVELADO AUTOMÁTICO Y CUARTO OSCURO	
	Sensitometria
	Verificación de luz de seguridad en el cuarto oscuro

EQUIPOS CONVENCIONALES	CUBA	USA	ESPAÑA	ES
REVISIONES VISUALES DIARIAS				
Revisiones visuales diarias	x	x		
SEGURIDAD ELECTRICA				
Seguridad electrica		x		
CALIDAD DEL HAZ				
Exactitud y reproducibilidad de la tensión	x	x	x	x
Filtración (Capa hemirreductora)	x	x	x	x
Consistencia del Generador	x			
Evaluación del circuito protector de sobrecarga de tubo	x			
Visualización de la forma de onda			x	
TIEMPO DE EXPOSICION				
Exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposición	x	x	x	x
RENDIMIENTOS				
Magnitud de rendimiento			x	
Kerma de transmisión			x	
Reproducibilidad de la tasa de Kerma en aire		x	x	
Linealidad de la tasa de Kerma en aire		x	x	x
PARAMETROS GEOMETRICOS				
Tamaño del Punto focal	x	x	x	x
Perpendicularidad del haz de radiación con respecto al plano del receptor de imagen	x	x	x	x
Indicador de la distancia foco-película	x		x	
Coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación	x	x	x	x
Sistema de Limitación del Campo		x		
Exactitud de la escala X-Y (Indicador del tamaño del campo)		x	x	
Perpendicularidad Mesa-Tubo de Rayos X	x	x	x	x
Definición del campo luminoso		x	x	
REJILLA				
Alineación de la rejilla		x	x	x
Factor de exposición de la rejilla o del sistema de rejilla			x	
Estado de la rejilla		x	x	
CONTROL AUTOMATICO DE EXPOSICION				
Detector de selección CAE		x		
Indicador de mAs postlectura		x		
Tiempo mínimo de respuesta		x		
Límite máximo de exposición (tiempo back up).		x		
Selector de combinación pantalla-película		x		
Circuito de corrección (Densidad Optica en la imagen)				x
Función del Control de Densidad		x	x	x
Homogeneidad entre las cámaras			x	
Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades. Reproducibilidad del CAE			x	x
Compensación del CAE para distintos espesores		x	x	x
Compensación del CAE para distintas tensiones		x	x	
Compensación del CAE para distintas corrientes		x	x	x
Ubicación del detector AEC		x		x
Determinación de la Dosis de Entrada con Cámara de Ionización				x
RADIACION DE FUGA				
Radiación de Fuga			x	
MESA RADIOGRAFICA				
Factor de atenuación			x	

EQUIPOS DE RAYOS X CON FLUOROSCOPIA	CUBA	USA	ESPAÑA	ES
CALIDAD DEL HAZ				
Exactitud de la tensión		X	X	X
Filtración (Capa hemirreductora)		X	X	
RENDIMIENTOS				
Reproducibilidad de la tasa de Kerma en aire			X	
Rendimiento máximo a la superficie de la mesa			X	
Linealidad de la tasa de Kerma en aire			X	X
TASA DE DOSIS MÁXIMA AL PACIENTE				
Tasa de dosis máxima al paciente		X	X	
Índice de exposición típico		X		
Reproducibilidad de la tasa de dosis de entrada al paciente con CAE		X	X	
CONTROL AUTOMÁTICO DE BRILLO (CAB)				
Compensación automática			X	X
Sistema de Control automático de brillo			X	
Tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del intensificador de imagen			X	
Reproducibilidad de la tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del intensificador de			X	
Compensación del CAI para distintos espesores y tensiones (equipos fluoroscópicos convencionales)			X	
Reproducibilidad del CAE (equipos fluorográficos convencionales)			X	
Compensación del CAE para distintos espesores y tensiones (equipos fluorográficos convencionales)			X	
La densidad óptica (DO) como parámetro de medición			X	
GEOMETRIA				
Limitación del haz y del tamaño de las imágenes		X	X	
Determinación del tamaño del punto focal			X	X
Mínima distancia foco-piel			X	
Perpendicularidad y centrado del haz de rayos X			X	X
Distorsión geométrica. Comprobación visual de la existencia de distorsiones del tipo "S" y de cojinete			X	
Linealidad del monitor de TV del equipo			X	
Coincidencia del campo de radiación con el intensificador de imagen			X	
CALIDAD DE IMAGEN				
Resolución de alto contraste		X	X	X
Rejilla Anti-dispersión		X		
Resolución de bajo contraste		X		X
Detectabilidad de bajo contraste				X
FLUOROSCOPIA PULSADA				
Duración y frecuencia del pulso			X	
SEÑAL DE VIDEO				
Pulso de sincronismo			X	
Nivel de negro			X	
Amplitud de la señal de vídeo (Vo)			X	
Amplitud del ruido de la señal de vídeo			X	
Viñeteo			X	
EQUIPOS DE FLUOROSCOPIA				
Escala de grises			X	
Uniformidad de la resolución en todo el campo			X	
Umbral de sensibilidad para objetos de distinto tamaño en función del contraste			X	
EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS				
Límite de resolución a alto contraste			X	
Umbral de sensibilidad a bajo contraste			X	
Umbral de sensibilidad para objetos de distinto tamaño en función del contraste			X	

SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN, RECEPTORES DE LA IMAGEN, PROCESADO Y AMBIENTES	CUBA	USA	ESPAÑA	ES
ALMACENES DE PELICULA				
Temperatura		X	X	
Humedad		X	X	
Nivel de radiación			X	
Posicionamiento apropiado de las cajas de películas		X	X	
Seguimiento estadístico de las partidas de las películas en el almacén			X	
Índice de exposición típico			X	
Índices Máximos de Exposición			X	
CUARTOS OSCUROS				
Temperatura		X	X	
Humedad		X	X	
Nivel de radiación en los Cuartos oscuros	X		X	
Estanqueidad a la luz blanca en los cuartos oscuros			X	
Efectividad de las luces de seguridad y filtros			X	
Organización y limpieza.	X	X	X	
Inspección física de las lámparas	X		X	
Velo del Cuarto Oscuro	X	X	X	X
Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro			X	
Pruebas a las lámparas de Seguridad			X	
PROCESADO				
Temperatura de revelado	X		X	
Control densitométrico, Índices de velocidad y contraste	X	X	X	
Actividad de procesado (pH)			X	
Tiempo total de procesado	X		X	
Detección de manchas y marcas de procesado			X	
CAMARAS LASER (PROCESADO EN SECO)				
Distorsión geométrica			X	
Relación de aspecto			X	
Uniformidad de la imagen			X	
Resolución de alto y bajo contraste			X	
Sensibilidad de contraste			X	
Escala de grises			X	
PANTALLAS Y CHASIS				
Sensibilidad entre combinaciones películas / pantallas	X			
Constancia de la velocidad relativa de la combinación pantallas / películas	X			
Hermeticidad de los chasis	X			
Contacto pantalla / película	X			
SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN				
Brillo de los negatoscopios	X			
FLUOROSCOPIA DIGITAL DE ESCALA DE GRISES				
Límite de resolución espacial			X	
Umbral de sensibilidad a bajo contraste			X	
Rango dinámico			X	
Límite de resolución espacial para la última imagen memorizada			X	
Umbral de sensibilidad a bajo contraste para la última imagen memorizada			X	
DIGITALIZADORES DE PELICULAS				
Rendimiento densitométrico (escala de grises)			X	
Uniformidad de la imagen			X	
Exactitud geométrica			X	

4.2 ANÁLISIS CUALITATIVO

Partiendo de la matriz anterior se puede afirmar que los parámetros comúnmente evaluados son: calidad del haz, parámetros geométricos, tiempos de exposición, rendimiento, rejilla, control automático de intensidad, control automático de brillo, cuarto oscuro y procesadoras, otras pruebas son realizadas únicamente por los protocolos españoles o cubanos.

Dentro del contexto de cada prueba se definen algunas pruebas que a pesar de influir en la calidad de la imagen no es necesario realizarlas periódicamente como las mencionadas en el párrafo anterior, esto se debe a que algunas de ellas pertenecen a las evaluaciones técnicas de mantenimiento y otras a las pruebas de aceptación.

Como se ha mencionado anteriormente, para determinar las pruebas que debe contener el protocolo propuesto como resultado de la comparación se consideraron únicamente aquellas pruebas que son utilizadas por lo menos por tres protocolos, todo ello con el objetivo de utilizar procedimientos generales al equipo y no a una región en específica; como segundo parámetro de evaluación se consideró que el protocolo resultante contenga como mínimo las pruebas utilizadas en El Salvador.

El protocolo mencionado ha sido elaborado y se presenta en el próximo apartado de este capítulo, pero antes es preciso recalcar ciertos aspectos que se fundamentan en la realidad salvadoreña. Estos aspectos son los siguientes:

- a) Las pruebas invasivas no serán tratadas debido a que los aparatos de medición para este tipo de pruebas requieren una mayor comprensión del diseño del generador. La inspección del generador presenta un gran riesgo puesto que se trata de alto voltaje, el cual puede ser letal para los operadores y dañino para el equipo si no se conecta apropiadamente.
- b) De igual forma las inspecciones visuales diarias no son tratadas ya que es más pertinente de los operarios del equipo verificar características como: cables

caídos, bordes afilados expuestos, interconexiones sin funcionamiento, rutinas diarias de precalentamiento, etc. Este tipo de procedimientos proporcionan una oportunidad de verificar la suficiente existencia de suministros y disponibilidad de accesorios.

- c) Debe prestarse importancia a las pruebas que se realizan con los medidores no invasivos ya que estos no miden directamente el kilovoltaje pico sino la solidez o dureza del haz y la relaciona con el kilovoltaje actual usado bajo condiciones de calibración. Otras variables como el ángulo del ánodo, grado de desgaste del ánodo, y la filtración inherente y agregada pueden influenciar en la medida no invasiva del KV. Por lo tanto es recomendable repetir las pruebas cuando parámetros como los antes mencionados resultan defectuosos y por su incidencia en la medición, las lecturas obtenidas pueden ser erróneas a partir del principio de funcionamiento de todos los parámetros en conjunto.
- d) El Indicador de la distancia foco-película no es considerado como una prueba primordial dentro de la evaluación de un equipo de rayos x ya que es un parámetro de fabricación, por lo tanto no puede ser corregido en el preciso momento de la evaluación sino tras un cambio de los dispositivos involucrados.
- e) El punto focal al igual que el parámetro anterior no se puede corregir pero a diferencia del antes mencionado cuando la imagen se ve considerablemente degradada no hay forma de mejorar su definición, en cambio una baja exactitud entre la DFP (Distancia Foco Película) es corregible mediante una desviación en la distancia requerida y la distancia real.
- f) La coincidencia del indicador de colimación-campo de radiación también es una prueba que no se considera dentro del protocolo propuesto ya que en esta evaluación se pretende asegurar únicamente que los límites del campo de radiación puedan ser alineados correctamente, practica poco utilizada, es por ello que no se considera trascendental.
- g) El factor de exposición de rejilla, igualmente, no es considerado dentro de este documento ya que este es un dato que no debiera de variar, excepto tras un cambio de rejilla, entonces considerando que la rejilla no tiene un decremento

de la vida útil considerable, la prueba se limita a los datos reportados por el fabricante.

- h) La medición de la exposición de la mesa es parámetro muy importante de conocer porque de ello dependerá la cantidad de dosis que recibirá el paciente (a mayor atenuación mayor será la dosis recibida por el paciente para adquirir la señal deseada) siempre que se realice una exposición en la cual se utilice la mesa; por lo tanto si se toma en cuenta que la única forma de aumentar la atenuación de la mesa es agregando filtros a ella, este parámetro es excluido de las pruebas de control de calidad presentadas.
- i) La radiación de fuga requiere una exposición del equipo de rayos x a una máxima carga de trabajo, todo ello con el objetivo de verificar la cantidad de radiación de fuga que pueda salir a través de la coraza del tubo de rayos x, siendo este un parámetro que puede alterar los parámetros de funcionalidad en un equipo de uso común es recomendable no realizarla excepto que se observen irregularidades en la cantidad de radiación expuesta, caso similar es el de la protección por sobrecarga del tubo en la cual se debe hacer una secuencia de exposiciones con la técnica mas baja hasta llegar a la mas alta.
- j) Los buckys de pared y receptáculos de casetas que son susceptibles a colisiones con camillas y puertas deben probarse con mayor frecuencia (semestralmente o trimestralmente).

4.3 PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PROPUESTO

4.3.1 INTRODUCCIÓN

El presente protocolo pretende establecer un conjunto de pruebas que ayuden a obtener imágenes de calidad a través del aseguramiento de la calidad de los equipos e instalaciones, de tal manera que se haga uso eficiente de la radiación ionizante.

El protocolo está dividido de la siguiente forma:

- Pruebas de Control de Calidad
 - Control de calidad de Tecnologías
 - Control de calidad en Ambientes
- Guía para Evaluación de las Pruebas del Protocolo Propuesto
 - Evaluación de control de calidad de Tecnologías

La primera parte está estructurada en dos bloques, el primero, Control de Calidad de Tecnologías, está dedicado a las pruebas realizadas a los dispositivos más importantes que se encuentran en un departamento de rayos x. Estas pruebas se detallan para cada tipo de tecnología e incluye:

- Equipos convencionales
- Equipos con fluoroscopia
- Procesadoras automáticas

Para cada uno de estos grupos, se especifican las pruebas a ejecutar, y a su vez se explica brevemente la utilidad de estas, la tolerancia de los resultados que se obtengan, la frecuencia con que se debe realizar la prueba y los materiales o herramientas necesarias.

El siguiente bloque de las pruebas de control de calidad (Control de Calidad en Ambientes) se enfoca en las recomendaciones mínimas para las instalaciones, e incluye:

- señalización
- condiciones del cuarto oscuro
- disponibilidad de planos arquitectónicos
- almacenamiento de películas, entre otros.

Habiendo definido las pruebas de control de calidad, la siguiente parte del capítulo, está dedicada al establecimiento de un patrón de evaluación de los resultados obtenidos, al ejecutar cada una de las pruebas mencionadas en la primera parte. Este patrón sirve como guía para conocer qué se debe hacer con los datos o información procedente de las pruebas, es decir, que se detalla un procedimiento para obtener un resultado a partir de la información recopilada en cada prueba; asimismo se define la tolerancia o criterio de aceptación de los resultados obtenidos.

En general, el protocolo propuesto es netamente técnico y no abarca la totalidad de las pruebas de un control de calidad de todos los equipos, puesto que se ha procurado adecuarlo a la realidad de El Salvador, pero sin obviar los aspectos de extremo interés.

4.3.2 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

4.3.2.1 CONTROL DE CALIDAD DE TECNOLOGÍAS

4.3.2.1.1 EQUIPOS DE RAYOS X CONVENCIONALES

Para este grupo de equipos, se consideran los parámetros más importantes agrupándolos en los siguientes bloques: calidad del haz, tiempo de exposición, rendimiento, parámetros geométricos, control automático de exposición y rejillas.

4.3.2.1.1.1 CALIDAD DEL HAZ

4.3.2.1.1.1.1 Ortogonalidad del haz de radiación.

La ortogonalidad del haz sirve para comprobar la angulación que tiene el haz de radiación respecto al plano de la mesa de estudios.

A través de esta prueba se evalúa si el objeto radiado produce una imagen sin efectos de magnificación erróneos, con ayuda de la herramienta para alineación del haz y congruencia del haz de radiación. Se alinea una caseta 8'' x 10'' concéntricamente y se hacen dos exposiciones simultaneas a una DFP determinada y se observa si las herramientas son concéntricas, a partir de ello se realizan las conclusiones pertinentes al caso.

Tolerancias: el ángulo que conforman el haz central y plano de la mesa no deberá desviarse de 90º más de 1.5º.

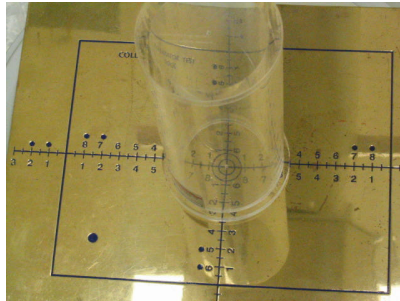
Frecuencia: Inicial, anual, después de reparaciones.

Materiales: Nivel de burbuja, cinta métrica, caseta 8'' x 10'' cargada con su respectiva película, herramienta para alineación del haz y congruencia del haz de radiación.

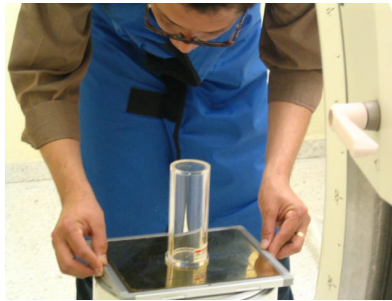
Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Medir una distancia desde el punto focal a la superficie de 1 metro.
4. Colocar caseta 8'' x 10'' cargada sobre la mesa.
5. Colocar la herramienta para congruencia del haz de radiación sobre la caseta.

6. Colocar la herramienta para alineación del haz sobre la herramienta anterior, tal como se muestra a continuación:



7. Alinear las herramientas mencionadas anteriormente de tal forma que sean concéntricas, para la herramienta para alineación del haz se toma como centro el punto de corte entre los ejes de dicha herramienta.



8. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo coincida con el recuadro interior de la herramienta para congruencia del haz.

9. Realizar una exposición utilizando el foco fino con los siguientes factores:

Tabla 11

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
40 - 60	2 - 5	Monofasico
40 - 60	1- 2	Trifasico

Los valores presentados en la tabla se dan en forma de rango puesto que depende de la herramienta utilizada.

10. Revelar la película.

11. Analizar los resultados según cálculos estadísticos¹⁷.

4.3.2.1.1.1.2 Capa hemirreductora

Este parámetro no es medible directamente pero su utilidad estriba en ser una magnitud aditiva y por tanto útil para diseñar y fabricar los distintos componentes interpuestos en el haz. Algunos expertos del continente europeo consideran este parámetro como “espesor equivalente de aluminio”. También se considera que la calidad espectral debería expresarse en términos de la capa hemirreductora a un cierto KV.

Tolerancias: La filtración total en el haz útil debe equivaler a 2,5 mm de Al como mínimo con tensiones pico > 80 KV.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, juego de láminas de aluminio para filtraciones de 1mm, 2mm, 3mm, 4mm y 5mm de espesor, soporte para láminas de filtración, lapicero, hojas de control de parámetros.

El aluminio debe ser alloy 1100, es decir aluminio con 99% de pureza.

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica, como se muestra en la siguiente fotografía:

¹⁷ El procedimiento para analizar los resultados de las pruebas y realizar cálculos se muestra en 4.3.3



2. Colocar sobre el medidor de parámetros el soporte para laminillas de aluminio.
3. Ajustar parámetros del medidor.
4. Medir una distancia foco superficie de 2 pulgadas, tomando como superficie la parte superior del soporte para laminillas.
5. Encender el colimador.
6. Colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
7. Realizar una exposición de 80 kV y anotar los resultados (dosis de radiación).
8. Colocar la laminilla de 1mm sobre el soporte, alineada con el campo de radiación y hacer nuevamente una exposición igual a la del procedimiento anterior, anotar los resultados.
9. Aumentar gradualmente los espesores de aluminio con un incremento de 1mm por exposición hasta que el valor de dosis obtenido sea menor a la dosis leída en el procedimiento del numeral 7, se debe tener en cuenta que para cada aumento se debe conservar la técnica del numeral 7.
10. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.1.1.3 Exactitud del Kilo voltaje del haz

En esta prueba se evalúa el Kilo voltaje efectivo del haz de radiación, aquí se estudia la exactitud con la que se obtiene una respuesta a partir de un parámetro fijo seleccionado antes de empezar a realizar esta prueba.

Lo que se busca con la realización de esta prueba es determinar que tan cerca se encuentra el valor real del valor que se programa en el generador de alta tensión de los rayos x.

Esta prueba se puede realizar paralelamente con la exactitud de exposición y del tiempo, siempre y cuando el equipo de medición utilizado pueda medir todos los parámetros de interés a la vez, todo ello con el objetivo de minimizar la cantidad de exposiciones a realizar en el control de calidad de un equipo.

Tolerancias: $< \pm 10 \%$, este parámetro puede variar según el uso del equipo de rayos x, por ejemplo, un generador ubicado en una sala para radiografías de pecho necesita funcionar con gran exactitud solo entre el rango clínico de su utilización, 100 y 140 KVp, y una corriente del tubo necesaria para dar una densidad de película apropiada en 5 a 30 mseg. El mismo generador usado en una sala para radiografía general debe mantener su exactitud sobre un rango mucho más amplio (por ejemplo 50 a 120 kVp, y entre 20% y 100% de potencia).

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, lapicero, hojas de control de parámetros.

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica.
2. Ajustar parámetros del medidor.
3. Medir una distancia foco superficie de 24 pulgadas, tomando como superficie la cámara del medidor.
4. Encender el colimador.
5. Colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
6. Realizar exposiciones de radiación según se indica en la siguiente tabla y anotar los resultados (Kveff).

Tabla 12

	Kilo voltage	Tiempo		Corriente	mAs
1	40 Kv	1.0000	1	100	100
2	50 Kv	0.9000	9/10	100	90
3	60 Kv	0.8000	4/5	100	80
4	70 Kv	0.5000	1/2	100	50
5	80 Kv	0.3000	3/10	100	30
6	90 Kv	0.1000	1/10	100	10
7	100 Kv	0.0500	1/20	100	5
8	110 KV	0.0160	2/125	100	1.6
9	120 KV	0.0080	1/125	100	0.8

7. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.1.1.4 Reproducibilidad de la tensión

Esta prueba sirve para verificar el margen de error que existe entre un disparo y otro cuando se realiza a una misma técnica varias veces, un equipo que esta en perfectas condiciones responde a una serie de mediciones repetidas generando una desviación del voltaje del tubo inferior a ± 5 % del valor medio.

Tolerancias: < 5 % del coeficiente de variabilidad.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, lapicero, hojas de control de parámetros.

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica.
2. Ajustar parámetros del medidor.
3. Medir una distancia foco superficie de 24 pulgadas, tomando como superficie la cámara del medidor.
4. Encender el colimador.
5. Colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
6. Realizar exposiciones de radiación según se indica en la siguiente tabla y anotar los resultados (KVe_{eff}):

Tabla 13

	Kilo voltage	Tiempo		Corriente	mAs
1	80 KV	0.1000	1/10	100	10
2	80 KV	0.1000	1/10	100	10
3	80 KV	0.1000	1/10	100	10
4	80 KV	0.1000	1/10	100	10
5	80 KV	0.1000	1/10	100	10

7. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.1.2 TIEMPO DE EXPOSICIÓN

4.3.2.1.1.2.1 Reproducibilidad del tiempo de exposición

Esta prueba se realiza de igual manera que la reproducibilidad de kilo voltaje y tiempo por lo tanto se recomienda hacer las mediciones con equipos que de preferencia puedan medir todos los parámetros mencionados anteriormente, como se menciona antes con el objetivo de reducir la cantidad de exposiciones por control de calidad realizado.

Los resultados correctos tienen influencia en la calidad de la imagen tanto en lo que respecta a la densidad óptica obtenida como para prevenir la borrosidad cinética.

Tolerancias: Para tiempos de exposición indicados que superen los 20 ms la reproducibilidad del tiempo de exposición debe estar dentro de un coeficiente de variación menor a 0.05.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, lapicero, hojas de control de parámetros

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica.

2. Ajustar parámetros del medidor.
3. Medir una distancia foco superficie de 24 pulgadas, tomando como superficie la cámara del medidor.
4. Encender el colimador.
5. Colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
6. Realizar exposiciones de radiación según se indica en la siguiente tabla y anotar los resultados (Kveff) :

Tabla 14

	Kilo voltage	Tiempo		Corriente	mAs
1	80 KV	0.1000	1/10	100	10
2	80 KV	0.1000	1/10	100	10
3	80 KV	0.1000	1/10	100	10
4	80 KV	0.1000	1/10	100	10
5	80 KV	0.1000	1/10	100	10

7. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.1.2.2 Exactitud del tiempo de exposición

Esta prueba se realiza de igual manera que la reproducibilidad de kilo voltaje y tiempo por lo tanto se recomienda hacer las mediciones con equipos que de preferencia puedan medir todos los parámetros mencionados anteriormente, como se menciona antes con el objetivo de reducir la cantidad de exposiciones por control de calidad realizado. Los resultados correctos tienen influencia en la calidad de la imagen tanto en lo que respecta a la densidad óptica obtenida como para prevenir la borrosidad cinética.

Tolerancias: $< \pm 10\%$ para tiempos >20 ms. Los equipos monofásicos solamente son capaces de finalizar la exposición en incrementos de 8.3 mseg. Los generadores trifásicos y de media frecuencia deben ser capaces de finalizar exactamente la exposición después de 2 mseg.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, lapicero, hojas de control de parámetros.

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica.
2. Ajustar parámetros del medidor.
3. Medir una distancia foco superficie de 24 pulgadas, tomando como superficie la cámara del medidor.
4. Encender el colimador y colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
5. Realizar exposiciones de radiación según se indica en la siguiente tabla y anotar los resultados (Kveff):

Tabla 15

	Kilo voltage	Tiempo		Corriente	mAs
1	40 Kv	1.0000	1	100	100
2	50 Kv	0.9000	9/10	100	90
3	60 Kv	0.8000	4/5	100	80
4	70 Kv	0.5000	1/2	100	50
5	80 Kv	0.3000	3/10	100	30
6	90 Kv	0.1000	1/10	100	10
7	100 Kv	0.0500	1/20	100	5
8	110 KV	0.0160	2/125	100	1.6
9	120 KV	0.0080	1/125	100	0.8

6. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.1.3 RENDIMIENTO

4.3.2.1.1.3.1 Linealidad

La constancia de la cantidad del haz variando el mA es un indicativo de la calibración de la corriente del tubo cuando se monitorea simultáneamente fluctuaciones menores de KV y de las apropiadas correcciones hechas.

Tolerancias: 10% del porcentaje de linealidad.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, lapicero, hojas de control de parámetros.

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica.

2. Ajustar parámetros del medidor.
3. Medir una distancia foco superficie de 24 pulgadas, tomando como superficie la cámara del medidor.
4. Encender el colimador.
5. Colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
6. Realizar exposiciones con una técnica de 80 KV y 0.1 s, variando todas las estaciones de corriente que el equipo tenga, de no ser así variar mAs de diez en diez.
7. Anotar los resultados (Kveff).
8. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.1.4 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

4.3.2.1.1.4.1 Tamaño del punto focal

El tamaño del punto focal es un parámetro esencial en la caracterización del tubo de rayos x ya que establece un límite para la resolución espacial global del sistema. Además el tamaño de este tiene impacto considerable sobre la resolución dentro la imagen, siendo de esta forma determinante en la borrosidad o definición de una imagen.

A través de esta prueba se evalúa una eventual degradación del tamaño del foco, con ayuda de herramientas como el patrón de estrella o el patrón de barra y una caseta 8" x 10" ¹⁸ se hace una exposición a una DFP determinada¹⁹ y se observan el número de líneas claramente visibles y a partir de ello se realizan las conclusiones pertinentes al caso, teniendo en cuenta que el punto focal efectivo debe ser mayor que el punto focal nominal, deberá tenerse en cuenta que no se especifica un estándar concreto, dentro del programa de control de calidad se deben llevar a cabo determinaciones del tamaño del punto focal a lo largo de la

¹⁸ El tamaño de la película no influye en los resultados de la prueba, es opción del profesional encargado de la prueba el tamaño a utilizar.

¹⁹ Depende de la herramienta a utilizar.

vida de un tubo para conocer el grado de deterioro y poder evaluar en todo momento la adecuación del tubo.

Tolerancias: < 10 %. Para el caso de imágenes de propósito general (cabeza y cuello, región abdominal, columna, genito urinarias, etc.), existe una regla que sugiere una dimensión focal nominal de aproximadamente 0.1% de la SID. Mientras que para imágenes detalladas (pediátricas, extremidades, etc.) las dimensiones medidas de punto focal deben ser menos de 0.05% de la SID. Estas especificaciones sugeridas resultan en 2.0, 1.2 y 0.6 mm. De tamaño de punto focal nominal para pecho, imágenes de propósito general y radiografía detallada respectivamente.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Nivel de burbuja, cinta métrica, caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película, cargada con su respectiva película, patrón de barra, patrón de estrella, cinta adhesiva.

Procedimiento utilizando el patrón de barra

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Medir una distancia desde el punto focal a la superficie de 24 pulgadas.
4. Colocar caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.
5. Colocar el patrón de barra sobre la caseta, se debe tener en cuenta que la marca ánodo - cátodo debe quedar paralelo a la dirección ánodo - cátodo del tubo.
6. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo sea mayor que el diámetro del patrón de barra.
7. Realizar una exposición utilizando el foco fino con los siguientes factores:

Tabla 16

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofasico
80	15	Trifasico

8. Colocar una nueva caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.
9. Sin mover el colimador de las condiciones anteriores realizar una nueva exposición con los siguientes parámetros:

Tabla 17

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofasico
80	15	Trifasico

10. Revelar ambas películas.
11. Analizar resultados.

Procedimiento utilizando patrón de estrella:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Colocar caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.
4. Colocar el patrón de estrella en el colimador de tal forma que este se proyecte sobre la caseta dicha proyección deberá tener un diámetro igual al doble del diámetro de el patrón de estrella, además se debe tener en cuenta que el grupo de líneas debe quedar paralelo a la dirección ánodo - cátodo.



5. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo sea mayor que la proyección del patrón de estrella.
6. Realizar una exposición utilizando el foco fino con los siguientes factores:

Tabla 18

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofásico
80	15	Trifásico

7. Colocar una nueva caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.
8. Sin mover el colimador de las condiciones anteriores realizar una nueva exposición con los siguientes parámetros:

Tabla 19

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofásico
80	15	Trifásico

9. Revelar ambas películas.
10. Analizar resultados.

4.3.2.1.1.4.2 Tamaño mínimo del campo

La comprobación de este parámetro asegura la posibilidad de reducir el campo al tamaño mínimo imprescindible compatible con las necesidades de la exploración, para ello se debe realizar una doble exposición en la película, la primera con un filtro completamente abierto y el otro completamente cerrado y la segunda exposición deberá tener las mismas características anteriores pero invirtiendo la posición de los filtros es decir cerrando uno y abriendo el otro.

Si el colimador se encuentra en condiciones optimas el haz de radiación debe ser totalmente atenuado, de lo contrario habrá una pequeña fuga de radiación.

Tolerancias: Longitud ≤ 5 cm. Anchura ≤ 5 cm. A 1 m de la distancia foco-película.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Nivel de burbuja, cinta métrica, caseta 8'' x 10'' cargada con su respectiva película.

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Colocar la caseta cargada sobre la mesa.
4. Medir una DFP de 24 pulgadas, tomando en cuenta que se esta midiendo desde el punto focal hasta la superficie de la caseta.
5. Encender el colimador y colimar el haz de radiación cerrando una de las láminas de colimación completamente y abriendo totalmente las otras.
6. Realizar una exposición con los siguientes factores:

Tabla 20

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	5	Monofásico
80	2	Trifásico

7. Abrir totalmente el filtro que esta cerrado y cerrar por completo el que esta abierto.
8. Realizar una nueva exposición sobre la misma placa radiográfica.
9. Revelar la película.
10. Realizar cálculos.

4.3.2.1.1.4.3 Definición del campo luminoso

Para la evaluación de esta prueba es necesario mantener la luz ambiental en condiciones normales ya que esta prueba se determina visualmente, para el desarrollo de la misma se comprueba si el campo luminoso es claramente distinguible desde la posición del operador. El parámetro de medición esperado es 50 luxes ya que con esta magnitud se puede visualizar correctamente cual es el área que se desea colimar, todo ello con el objetivo de asegurar una menor tasa de exposición.

Tolerancias: Simetría: no más de 1 cm. De diferencia entre la distancia de un borde al centro y del opuesto, verificando ambas direcciones. Iluminación: por encima de la iluminación ambiente.

Penumbra en los bordes del campo: <1 cm., en estimación visual.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

4.3.2.1.1.4.4 Congruencia del haz de radiación con el campo de luz

Es conveniente realizar esta prueba para campos grandes cercanos a la máxima apertura de los colimadores. Este parámetro debe estar en condiciones aceptables ya que es a través el que se orienta el campo de radiación y de no estar bien orientado se pueden obtener imágenes diferentes a las esperadas, esto puede ocurrir cuando la estructura que se selecciona no es radiada sino otra diferente ocasionado por la mala orientación del campo.

Para la realización de esta prueba se debe utilizar la herramienta para la congruencia del haz o unos indicadores de plomo y una caseta cargada para poder plasmar el resultado de esta prueba. El objetivo es colimar el haz de radiación y exponer la película a la radiación, luego abrir el campo al máximo y exponer nuevamente la película, como este fue expuesto doblemente deberá tener una densidad mas alta que los bordes de la película, para poder determinar si la prueba es aceptada o no deberá considerarse la coincidencia del recuadro de mayor densidad con el haz de radiación colimado.

La suma de la desalineación del campo luminoso definido con el borde respectivo del campo de rayos X en cada una de las direcciones principales no debe rebasar el 3 %, s decir que la distancia entre bordes de cada lado deberá ser menor o igual a 2% de la distancia foco-película de prueba de la distancia desde el foco al campo

luminoso definido, y la suma de las desviaciones en ambas direcciones perpendiculares no debe ser superior al 4 %.

Tolerancias: $< \pm 2 \%$ de la distancia entre el foco y la herramienta de colimación en cada dirección principal. La suma total de las desviaciones no excederá, por otra parte, el 3% de la distancia entre el foco y maniquí de colimación.

El plano xy del haz luminoso o su centro aproximado no deben desviarse del centro del haz de radiación más de $\pm 1 \%$ de la distancia entre el foco y la herramienta de colimación.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Herramientas para congruencia del haz o laminillas de plomo de 1cm de ancho por 2 cm de largo, nivel de burbuja, cinta métrica, caseta 8'' x 10'' cargada con su respectiva película.

Procedimiento utilizando herramienta para congruencia del haz:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Colocar la caseta cargada sobre la mesa.
4. Colocar la herramienta para congruencia del haz paralelamente al tubo de rayos X sobre la caseta.
5. Medir una DFP de 40'', tomando en cuenta que se esta midiendo desde el punto focal hasta la superficie de la mesa.
6. Encender el colimador y colimar el haz de radiación en el recuadro inscrito en la herramienta para congruencia del haz.
7. Realizar una exposición con los siguientes factores:

Tabla 21

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	5	Monofásico
80	2	Trifásico

8. Abrir el haz de radiación hasta cubrir el tamaño de la caseta.

9. Realizar una nueva exposición sobre la misma placa radiográfica.
10. Revelar la película.
11. Analizar resultados.

Procedimiento utilizando laminillas de plomo:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Colocar la caseta cargada sobre la mesa.
4. Colocar las laminillas de plomo sobre la caseta de forma tal que sigan una secuencia en la que no queden paralelas las laminillas utilizando como referencia las cuatro esquinas del campo luminoso proyectado.
5. Medir una DFP de 40'', tomando en cuenta que se esta midiendo desde el punto focal hasta la superficie de la mesa.

6. Realizar una exposición con los siguientes factores:

Tabla 22

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	5	Monofásico
80	2	Trifásico

7. Abrir el haz de radiación hasta cubrir el tamaño de la caseta.
8. Realizar una nueva exposición sobre la misma placa radiográfica.
9. Revelar la película.
10. Analizar resultados.

4.3.2.1.1.5 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN

Con el objetivo de tener una densidad base para poder realizar las pruebas de compensación es necesario tener un patrón a seguir, para ello se debe exponer una película en modo automático, revelarla y medir la densidad óptica de esta,

medición que posteriormente servirá para poder determinar una desviación entre el valor obtenido y el valor base.

Se debe tomar en cuenta la densidad óptica para sistemas donde el enfoque clínico es la caja torácica ya que estos deben mantener alrededor de 1.5 ± 0.1 de DO por encima de la base.

4.3.2.1.1.5.1 Compensación del CAE para distintos espesores

Tolerancias: 1.1 - 1.4 DO, Desviación $\leq \pm 0,2$ DO

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Espesor equivalente paciente de cuatro, seis y diez pulgadas de espesor, película y chasis.

Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Alinear el haz de radiación con el plano seleccionado.
3. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
4. Colocar una caseta cargada sobre la mesa.
5. Medir una DFP de 1 metro.
6. Seleccionar el sensor de CAE.
7. Colocar un fantoma de acrílico de cuatro pulgadas de espesor sobre la mesa radiográfica con su respectiva marca para poder identificar la película posteriormente.
8. Colimar el haz de radiación a las longitudes del fantoma.
9. Realizar una exposición en modo CAE.
10. Repetir los numerales siete a nueve, pero variando el espesor del fantoma de acrílico a seis y diez pulgadas.
11. Si el sistema no compensa automáticamente, repetir los procedimientos anteriores tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 23

Kilovoltage	mA	Tipo de espesor
60 - 80	400	4 pulgadas
80 - 100	400	6 pulgadas
80 - 100	400	10 pulgadas

12.Revelar las películas.

13.Realizar cálculos estadísticos para analizar los resultados.

4.3.2.1.1.5.2 Compensación del CAE para distintas corrientes

Cuando se selecciona el modo CAE para radiografías el tiempo de exposición termina automáticamente basándose en la medición de radiación por medio de detectores ubicado ya sea bajo la rejilla o bajo el detector de imagen.

La señal del detector se usa para la descarga de un capacitor hasta que alcanza un voltaje de referencia calibrado, luego de alcanzar ese valor se genera la señal de finalización de exposición.

El sistema CAE debe ser capaz de corregir la dependencia que tenga el detector y el receptor de imagen del KV, del endurecimiento del haz, y de las fallas de reciprocidad a tiempos de exposición largos.

La ubicación de los detectores deben evaluarse durante las pruebas de aceptación por lo que no se describen los procedimientos para verificar el correcto funcionamiento de los detectores.

Tolerancias: Desviación $\leq \pm 0,2$ DO

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Espesor equivalente de paciente, de cuatro, seis y diez pulgadas de espesor de acrílico, película y chasis.

Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.

2. Alinear el haz de radiación con el plano seleccionado.
3. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
4. Colocar una caseta cargada sobre la mesa.
5. Medir una DFP de 1 metro.
6. Seleccionar el modo semiautomático.
7. Colocar un fantoma de acrílico de cuatro pulgadas de espesor sobre la mesa radiográfica con su respectiva marca para poder identificar la película posteriormente.
8. Colimar el haz de radiación a las longitudes del fantoma.
9. Realizar exposiciones para los distintos espesores cuatro, seis y diez pulgadas en modo semiautomático.
10. Anotar el valor de cada una de las estaciones de mA disponibles, colocando el valor de exposición y el valor del tiempo o mA.
11. Medir la densidad óptica de cada imagen generada por el fantoma en las diferentes estaciones de mA.
12. Revelar las películas.

4.3.2.1.1.5.3 Compensación del CAE para distintos voltajes

Tolerancias: La densidad de la película no deberá variar en más de $\pm 0,2$ DO

Frecuencia: inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Espesor equivalente de paciente, de cuatro, seis y diez pulgadas de espesor de acrílico, película y chasis.

Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Alinear el haz de radiación con el plano seleccionado.
3. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
4. Colocar una caseta cargada sobre la mesa.

5. Medir una DFP de 1 metro.
6. Seleccionar el modo semiautomático.
7. Colocar un fantoma de acrílico de cuatro pulgadas de espesor sobre la mesa radiográfica con su respectiva marca para poder identificar la película posteriormente.
8. Colimar el haz de radiación a las longitudes del fantoma.
9. Realizar exposiciones para los distintos espesores cuatro, seis y diez pulgadas en modo semiautomático manteniendo constantes todos los parámetros y variando la tensión entre 60 KV y 120 KV.
10. Medir la densidad óptica de cada imagen generada por el fantoma en las diferentes estaciones de KV.
11. Revelar las películas.

4.3.2.1.1.5.4 Reproducibilidad del CAE

Tolerancias: < 5 % del coeficiente de variabilidad.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Espesor equivalente de paciente de cuatro pulgadas de espesor de acrílico, cámara de ionización.

Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Alinear el haz de radiación con el plano seleccionado.
3. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
4. Seleccionar el modo semiautomático.
5. Colocar un fantoma de acrílico de cuatro pulgadas de espesor sobre la mesa radiográfica con su respectiva marca para poder identificar la película posteriormente.
6. Colocar la cámara de ionización sobre el fantoma.
7. Medir una distancia foco película de 1 metro.

8. Colimar el haz de radiación a las longitudes del fantoma.
9. Realizar cuatro exposiciones con 80kV.
10. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.1.6 REJILLA

Es importante tener en cuenta que parámetros como: el desalineo del haz con la rejilla en cualquiera de las dos dimensiones y el tiempo entre el movimiento de la rejilla y la duración de la exposición puede causar presencia de artefactos, películas claras e incremento en la exposición de radiación al paciente.

4.3.2.1.1.6.1 Posicionamiento de la rejilla

Tolerancias: Verificar visualmente el correcto centrado, focalización y alineación de la rejilla. Medir las variaciones de densidad en la película, esta deberá decaer partiendo del centro hacia los extremos.

Frecuencia: Trimestralmente para rejillas usadas en operaciones portátiles, anualmente para rejillas auxiliares en salas de rayos x, y durante las pruebas de aceptación para rejillas que están permanentemente instaladas en el bucky.

Materiales: herramienta para verificar el posicionamiento de la rejilla, cinta métrica, nivel de burbuja, cinta adhesiva, láminas de plomo, caseta cargada de 8" X 10".

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Cargar el bucky con una caseta de 8" x 10" (la película deberá alinearse tanto transversalmente como longitudinalmente).
4. Alinear el bucky con el tubo de rayos x.
5. Medir una distancia desde el punto focal a la superficie de 40 pulgadas.
6. Colocar la herramienta para verificar posicionamiento de la rejilla sobre la mesa.

7. Alinear la herramienta con el haz de radiación y con el eje ánodo cátodo perpendicular a esta.
8. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo coincida con el diámetro del orificio ubicado al centro de la herramienta.
9. Cubrir el resto de los orificios con los bloqueadores de plomo.
10. Realizar una exposición utilizando el foco fino con los siguientes factores: 60 KV, 2mAs.
11. Repetir los procedimientos 7 al 10 para cada uno de los orificios de la herramienta para verificación de la rejilla, teniendo en cuenta que todas las exposiciones se harán para cada orificio y en la misma película.
12. Analizar resultados.

4.3.2.1.1.6.2 Estado de la rejilla

Tolerancias: Verificar visualmente la alineación de las laminillas de la rejilla.

Frecuencia: Anual, inicial y reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, nivel de burbuja, caseta cargada de 8'' X 10''.

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Cargar el bucky con una caseta de 8'' x 10'' (la película deberá alinearse tanto transversalmente como longitudinalmente).
4. Alinear el bucky con la el tubo de rayos x.
5. Medir una distancia desde el punto focal a la superficie de 40 pulgadas.
6. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo coincida con las dimensiones de la película.
7. Realizar una exposición sin habilitación de la rejilla utilizando el foco fino con los siguientes factores: 50 KV, 2mAs.
8. Revelar la película.

9. Cargar el bucky nuevamente con una caseta de 8'' x 10'' (la película deberá alinearse tanto transversalmente como longitudinalmente).
10. Realizar una exposición con rejilla utilizando el foco fino con los siguientes factores: 50 KV, 2mAs.
11. Observar la correcta alineación de la rejilla.

4.3.2.1.2 EQUIPOS DE FLUOROSCOPIA

Todas las pruebas de fluoroscopia tienen similitud con las pruebas de rayos x convencional, excepto las pruebas de alto y bajo contraste que sirven para determinar la resolución de imagen proyectada en el monitor de televisión que es donde se presentan las pruebas de fluoroscopia, el objetivo de realizar estas pruebas es para afirmar la calidad con la que se proyecta una imagen real en el momento de un estudio intervencionista.

4.3.2.1.2.1 CALIDAD DEL HAZ.

4.3.2.1.2.1.1 Ortogonalidad del haz de radiación.

Tolerancias: el ángulo que conforman el haz central y plano de la mesa no deberá desviarse de 90° más de 1.5°.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales:

Nivel de burbuja, cinta métrica, caseta 8'' x 10'' cargada con su respectiva película, herramienta para ortogonalidad del haz.

Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X y Y) y mesa radiográfica.
3. Medir una distancia desde el punto focal a la superficie de 1 metro.
4. Colocar caseta 8'' x 10'' cargada sobre la mesa.
5. Colocar la herramienta para congruencia del haz sobre la caseta.
6. Colocar la herramienta para medir ortogonalidad sobre la herramienta para congruencia del haz.

7. Alinear las herramientas mencionadas anteriormente de tal forma que sean concéntricas, para la herramienta de congruencia del haz se toma como centro el punto de corte entre los ejes de dicha herramienta.
8. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo coincida con el recuadro interior de la herramienta para congruencia del haz de radiación.

9. Realizar una exposición utilizando el foco fino con los siguientes factores:

Tabla 24

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
40 - 60	2 - 5	Monofasico
40 - 60	1 - 2	Trifasico

10. Sin mover el colimador de las condiciones anteriores realizar una nueva exposición con los siguientes parámetros:

Tabla 25

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
40 - 60	2 - 5	Monofasico
40 - 60	1 - 2	Trifasico

11. Revelar la película.
12. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.2.1.2 Capa hemirreductora

Tolerancias: La filtración total en el haz útil debe equivaler a 2,5 mm de Al como mínimo con tensiones pico > 70 KV.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, juego de láminas para filtraciones de 1mm, 2mm, 3mm, 4mm y 5mm, soporte para láminas de filtración, lapicero, hojas de control de parámetros.

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica.
2. Colocar sobre el medidor de parámetros el soporte para laminillas de aluminio.
3. Ajustar parámetros del medidor.
4. Medir una distancia foco superficie de 2 pulgadas, tomando como superficie la parte superior del soporte para laminillas.
5. Encender el colimador.
6. Colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
7. Realizar una exposición de 80 KV y anotar los resultados (dosis de radiación).
8. Colocar la laminilla de 1mm sobre el soporte alineada con el campo de radiación y hacer nuevamente una exposición igual a la del procedimiento anterior, anotar los resultados.
9. Aumentar gradualmente los espesores de aluminio con una frecuencia de 1mm por exposición hasta que el valor de dosis obtenido sea menor a la dosis leída en el procedimiento 2.4.2.7, se debe tener en cuenta que para cada aumento realizar una exposición igual a la del numeral 2.4.2.7.
10. Realizar cálculos estadísticos.

Nota: Si el equipo no cuenta con selección manual de kilovoltaje la forma más adecuada de realizar esta prueba es utilizando el Control Automático de Brillo, para lograr esto, el campo visual se reduce al mínimo y se colocan varias hojas de aluminio de 1 milímetro entre la punta de prueba y el intensificador de imagen.

El índice de exposición es medido, y una sola hoja de aluminio es removida de la pila detrás de la cámara de ionización y colocada delante de la cámara entre el tubo de rayos x y la punta de prueba. Una vez más se mide el índice de exposición, y se mueve el filtro siguiente, hasta remover todas la laminas.

Este procedimiento conserva igual cantidad de aluminio en la trayectoria del haz para cada medida mientras que varía la filtración delante de la punta de prueba.

4.3.2.1.2.1.3 Exactitud del Kilovoltaje haz

Tolerancias: $< \pm 10 \%$, este parámetro puede variar según el uso del equipo de rayos x, por ejemplo, un generador ubicado en una sala para radiografías de pecho necesita funcionar con gran exactitud solo entre 100 y 140 KVp, y una corriente del tubo necesaria para dar una densidad de película apropiada en 5 a 30 mseg. El mismo generador usado en una sala para radiografía general debe mantener su exactitud sobre un rango mucho más amplio (por ejemplo 50 a 120 KVp, y entre 20% y 100% de potencia).

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Cinta métrica, medidor no invasivo para medir parámetros radiológicos, lapicero, hojas de control de parámetros.

Procedimientos:

1. Colocar el medidor alineado al eje ánodo - cátodo sobre la mesa radiológica.
2. Ajustar parámetros del medidor.
3. Medir una distancia foco superficie de 24 pulgadas, tomando como superficie la cámara del medidor.
4. Encender el colimador.
5. Colimar el haz de radiación a manera que coincida con el tamaño de la cámara de ionización del medidor de parámetros radiológicos.
6. Seleccionar una técnica en modo fluoroscópico de 80 K y realizar una exposición continua por aproximadamente 30 segundos hasta obtener una lectura en el detector.
7. Anotar los resultados.
8. Repetir el numeral seis variando la técnica a 100 y 120 KV, teniendo en cuenta que si el equipo compensa automáticamente se deberá colocar espesores de plomo de 10 cm para que el equipo compense.
9. Anotar los resultados.

10. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.2.2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

4.3.2.1.2.2.1 Tamaño del punto focal

Tolerancias: < 10 %. Para el caso de imágenes de propósito general (cabeza y cuello, región abdominal, columna, genito urinarias, etc.), existe una regla que sugiere una dimensión focal nominal de aproximadamente 0.1% de la SID. Mientras que para imágenes detalladas (pediátricas, extremidades, etc.) las dimensiones medidas de punto focal deben ser menos de 0.05% de la SID. Estas especificaciones sugeridas resultan en 2.0, 1.2 y 0.6 mm. de tamaño de punto focal nominal para pecho, imágenes de propósito general y radiografía detallada respectivamente.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Nivel de burbuja, cinta métrica, caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película, cargada con su respectiva película, patrón de barra, patrón de estrella, cinta adhesiva.

Procedimiento utilizando el patrón de barra

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Medir una distancia desde el punto focal a la superficie de 24 pulgadas.
4. Colocar caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.

5. Colocar el patrón de barra sobre la caseta, se debe tener en cuenta que la marca ánodo - cátodo debe quedar paralelo a la dirección ánodo - cátodo del tubo.
6. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo sea mayor que el diámetro del patrón de barra.
7. Realizar una exposición utilizando el foco fino con los siguientes factores:

Tabla 26

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofásico
80	15	Trifásico

8. Colocar una nueva caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.
9. Sin mover el colimador de las condiciones anteriores realizar una nueva exposición con los siguientes parámetros:

Tabla 27

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofásico
80	15	Trifásico

10. Revelar ambas películas.
11. Realizar cálculos estadísticos.

Procedimiento utilizando patrón de estrella:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Colocar caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.
4. Colocar el patrón de estrella en el colimador de tal forma que este se proyecte sobre la caseta dicha proyección deberá tener un diámetro igual al doble del

diámetro de el patrón de estrella, además se debe tener en cuenta que el grupo de líneas debe quedar paralelo a la dirección ánodo - cátodo.

5. Encender el colimador y colimar el haz de radiación de modo que el campo sea mayor que la proyección del patrón de estrella.
6. Realizar una exposición utilizando el foco fino con los siguientes factores:

Tabla 28

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofasico
80	15	Trifasico

7. Colocar una nueva caseta 8'' x 10'' sin pantalla intensificadora o bolsa porta película cargada sobre la mesa.
8. Sin mover el colimador de las condiciones anteriores realizar una nueva exposición con los siguientes parámetros:

Tabla 29

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	20	Monofasico
80	15	Trifasico

9. Revelar ambas películas.
10. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.2.2 Tamaño mínimo del campo

Tolerancias: Longitud ≤ 5 cm. anchura ≤ 5 cm. a 1 m de la distancia foco-película.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Nivel de burbuja, cinta métrica, caseta 8'' x 10'' cargada con su respectiva película.

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.

2. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
3. Colocar la caseta cargada sobre la mesa.
4. Medir una DFP de 24 pulgadas, tomando en cuenta que se esta midiendo desde el punto focal hasta la superficie de la caseta.
5. Encender el colimador y colimar el haz de radiación cerrando uno de los filtros completamente y abriendo totalmente el otro.
6. Realizar una exposición con los siguientes factores:

Tabla 30

Kilovoltage	mAs o combinación	Tipo de generador
80	5	Monofásico
80	2	Trifásico

7. Abrir totalmente el filtro que esta cerrado y cerrar por completo el que esta abierto.
8. Realizar una nueva exposición sobre la misma placa radiográfica.
9. Revelar la película.
10. Realizar cálculos estadísticos.

4.3.2.1.2.3 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN

4.3.2.1.2.3.1 Compensación del CAE para distintos espesores

Tolerancias: 1.1 - 1.4 DO, Desviación $\leq \pm 0,2$ DO

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Espesor equivalente paciente de cuatro, seis y diez pulgadas de espesor, película y chasis.

Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Alinear el haz de radiación con el plano seleccionado.
3. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
4. Colocar una caseta cargada sobre la mesa.

5. Medir una DFP de 1 metro.
6. Seleccionar el sensor de CAE.
7. Colocar un fantoma de acrílico de cuatro pulgadas de espesor sobre la mesa radiográfica con su respectiva marca para poder identificar la película posteriormente.
8. Colimar el haz de radiación a las longitudes del fantoma.
9. Realizar una exposición en modo CAE.
10. Repetir los numerales siete a nueve, pero variando el espesor del fantoma de acrílico a seis y diez pulgadas.
11. Si el sistema no compensa automáticamente, repetir los procedimientos anteriores tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 31

Kilovoltage	mA	Tipo de espesor
60 - 80	400	4 pulgadas
80 - 100	400	6 pulgadas
80 - 100	400	10 pulgadas

12. Revelar las películas.
13. Analizar resultados.

4.3.2.1.2.3.2 Compensación del CAE para distintos voltajes

Tolerancias: La densidad de la película no deberá variar en más de $\pm 0,2$ DO

Frecuencia: inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Espesor equivalente de paciente, de cuatro, seis y diez pulgadas de espesor de acrílico, película y chasis.

Procedimientos:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Alinear el haz de radiación con el plano seleccionado.
3. Utilizando el nivel de burbuja comprobar el nivel de los siguientes accesorios: tubo (en ejes X e Y) y mesa radiográfica.
4. Colocar una caseta cargada sobre la mesa.

5. Medir una DFP de 1 metro.
6. Seleccionar el modo semiautomático.
7. Colocar un fantoma de acrílico de cuatro pulgadas de espesor sobre la mesa radiográfica con su respectiva marca para poder identificar la película posteriormente.
8. Colimar el haz de radiación a las longitudes del fantoma.
9. Realizar exposiciones para los distintos espesores cuatro, seis y diez pulgadas en modo semiautomático manteniendo constantes todos los parámetros y variando la tensión entre 60 KV y 120 KV.
10. Medir la densidad óptica de cada imagen generada por el fantoma en las diferentes estaciones de KV.

4.3.2.1.2.4 CALIDAD DE LA IMAGEN

4.3.2.1.2.4.1 Resolución de alto contraste

Tolerancias: 2-3.5 pares de línea por milímetro.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

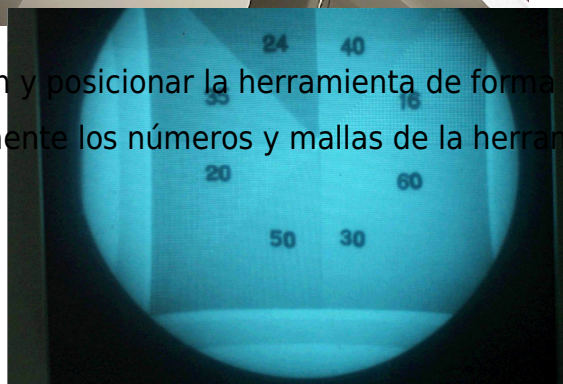
Materiales: malla para alto contraste, caseta cargada.

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Colocar la malla para alto contraste sobre la mesa o intensificador de imagen.



3. Visualizar la imagen y posicionar la herramienta de forma tal que en el monitor se observen claramente los números y mallas de la herramienta



4. Seleccionar la técnica mas baja que utilice el equipo.
5. Observar la imagen y determinar la resolución del equipo.
6. Anotar los resultados.
7. Colocar una caseta cargada en el porta-película del intensificador de imagen.
8. Realizar una exposición con 60 KV y una combinación de 15 mAs.
9. Revelar la película.
10. Evaluar los resultados.

4.3.2.1.2.4.2 Resolución de bajo contraste

Tolerancias: en la película debe observarse los cuatro agujeros de las dos columnas generadas por la herramienta para bajo contraste.

Frecuencia: Inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Atenuador de 10 de espesor equivalente, patrón de resolución de bajo contraste, cinta métrica, película de 8' X 10''.

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Colocar un atenuador de 10 centímetros de espesor equivalente sobre la mesa radiográfica.
3. Colocar el patrón de resolución de bajo contraste.



4. Verificar y alinear que la imagen de las columnas de agujeros del patrón de resolución de bajo contraste obtenidos en el monitor de televisión, sean perpendiculares a las líneas horizontales que proyecta el monitor de televisión.
5. Medir una distancia entre el intensificador de imagen y el atenuador con la herramienta de bajo contraste una distancia, de aproximadamente 50 cm.
6. Seleccionar el modo de operación automático (si esta disponible), de no ser así seleccionar una técnica de 80 KV en modo semiautomático.
7. Encender el colimador y centralizarlo con la imagen de la herramienta de bajo contraste.
8. Determinar el par de círculos más pequeños de igual diámetro que pueden observarse claramente en el monitor.
9. Colocar la caseta radiográfica cargada, en el porta-chasis del intensificador de imagen.
10. Seleccionar el modo automático o de lo contrario si el equipo es semiautomático realizar un Spot con 80 KV.
11. Realizar una exposición.
12. Revelar la película expuesta
13. Evaluar resultados.

4.3.2.1.2.4.3 Rendimiento máximo a la superficie de la mesa

Tolerancias: <10R/min

Frecuencia: inicial, anual, reparaciones.

Materiales: Medidor de parámetros radiológicos no invasivo, laminilla de plomo de 3mm.

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.

2. Colocar el medidor de radiación sobre la mesa de rayos x, teniendo en cuenta que la cámara de ionización del medidor este orientada hacia el tubo de rayos x.
3. Seleccionar los parámetros de medición del medidor de radiación.
4. Centralizar la cámara de ionización en el monitor de televisión.
5. Colimar el campo de radiación del detector de radiación.
6. Colocar una lámina de plomo de 3 mm de espesor, de tal manera que el detector de radiación quede colocado entre la lámina de plomo y el tubo de fluoroscopia.
7. Seleccionar modo de operación automática.
8. Realizar una exposición de 10 segundos.
9. Anotar resultados del valor de kilo voltaje y de mili amperaje del panel y el kilo voltaje y la tasa de exposición del detector.
10. Analizar resultados.

4.3.2.1.2.4.4 Compensación automática

Tolerancias: La tasa de exposición para un bloque de aluminio equivalente a 10 cm. de espesor de paciente, debe ser aproximadamente la mitad del valor de la tasa de exposición para el fantoma completo, es decir los dos bloques de aluminio con equivalente de 20 cm de espesor de paciente.

Frecuencia: inicial, anual, reparaciones

Materiales:

Medidor de parámetros radiológicos no invasivo, atenuadores de 10 cm de espesor equivalente.

Procedimiento:

1. Encender el equipo de rayos x.
2. Colocar el medidor de radiación sobre la mesa de rayos x, teniendo en cuenta que la cámara de ionización del medidor este orientada hacia el tubo de rayos x.
3. Seleccionar los parámetros de medición del medidor de radiación.

4. Centralizar la cámara de ionización en el monitor de televisión.
5. Colimar el campo de radiación del detector de radiación.
6. Colocar un atenuador de 10 centímetros de espesor equivalente sobre la mesa radiográfica.
7. Seleccionar el modo de operación automático.
8. Realizar una exposición de 30 segundos.
9. Anotar el kilovoltaje y el mili amperaje del panel
10. Anotar el kilovoltaje y tasa de exposición del detector.
11. Agregar otro atenuador de aluminio de 10 cm. de espesor equivalente sobre el detector de radiación.

4.3.1.2.5 Calidad de imagen en sistemas digitales

La fluoroscopia digital suele llevar incluida diversas funciones no incluidas en la fluoroscopia analógica orientadas a mejorar la calidad de la imagen y reducir las dosis a los pacientes. Entre ellas pueden mencionarse: las técnicas de reducción de ruido, las técnicas de resalte de bordes, las técnicas automáticas de mejora del contraste, la última imagen memorizada , los modos de reducción de dosis y la sustracción digital de la imagen.

Las pruebas se deben realizar periódicamente como parte del protocolo de control de calidad, y no solamente después de un cambio de tubo o cualquier otro mantenimiento al equipo que pueda afectar el normal funcionamiento de este. Dichas pruebas poseen una frecuencia sugerida para su realización como se define a continuación:

Diaria

Pruebas cuya recomendación define se realicen cada día por el tecnólogo encargado de la sala, antes de comenzar la jornada de carga de trabajo. Las siguientes pruebas diarias no son necesarias, a menos que un problema en cuanto a calidad de imagen haya ocurrido.

Se utiliza un fantoma capaz de monitorizar detalle/contraste como mínimo para rastrear la calidad de imagen.

Niveles de brillantez y contraste: Utilizar un fantoma escalonado para rastrear los niveles de brillantez y contraste desplegados.

Semanal

Pruebas cuya recomendación define se realicen semanalmente y de igual manera por el tecnólogo encargado de la sala, la complejidad e importancia de la prueba va en aumento.

Funcionalidad del sistema: Utilizar un fantoma para detalle/contraste para registrar los máximos niveles de detalle y más bajos niveles de contraste observados como una función del kV y mA.

Anual

Pruebas cuya recomendación define se realicen una ocasión al año aunque deben ahora ser realizadas por el médico o por el ingeniero u oficial de radioprotección, la complejidad e importancia de la prueba es ahora crucial en el óptimo funcionamiento del equipo.

Índice de exposición en la superficie: Medir los índices de exposición con los parámetros de las exploraciones típicas para todos los valores de magnificación utilizando fantomas de diversos espesores, simulando anatomías humanas, haciendo uso del modo de brillo automático.

Índice máximo de exposición: Cubrir el intensificador de imagen con una placa de plomo a manera de llevar tanto el kV como el mA al máximo. Para mesas con el tubo de rayos x bajo la mesa, la medición debe realizarse sobre de esta.

Resolución espacial: Utilizar una herramienta patrón para contraste (line pair), y una placa de cobre en el colimador para focalizar el haz de radiación y producir la mejor imagen posible.

Detectabilidad del bajo contraste: Utilizar un fantoma, como la placa de aluminio con un arreglo de círculos de diámetros variantes con diferentes espesores

Capa Hemirreductora: Tanto en sistemas radiográficos como fluoroscópicos, la capa hemirreductora y por ende la calidad del haz no es la misma. El HVL se debe determinar separadamente para el modo fluoroscópico.

Rejilla anti-dispersión: Remover la rejilla y hacer una impresión de ella utilizando un sistema pantalla/película de alto detalle.

Alineación del colimador: Alinear el centro del haz de rayos x con el centro del receptor de imagen. Realizar exposiciones para cada uno de los modos de magnificación. Los bordes deben coincidir dentro del valor del 2% del SID.

Índice de exposición a la entrada del intensificador de imagen (IIER): Colocar la cámara de ionización entre el plano de entrada y la rejilla, con el control de brillo automático llevando al sistema a alrededor de 80 kV. Medir para cada índice de fluoroscopia pulsada, continua y fluoroscopia de alto contraste, al igual que para cada modo de magnificación.

4.3.2.1.3 PROCESADORAS AUTOMÁTICAS

En este apartado no está contemplado el control de calidad para equipos de procesado en seco, entendiéndose este como aquel que omite el uso de químicos para llevar a cabo el revelado de las películas. Existen dos tipos de tecnologías para llevar a cabo el procesado en seco: impresión láser e impresión térmica.

La impresión láser, como su nombre lo indica, hace uso de un rayo láser que ejecuta barridos (generalmente la cantidad es fija) sobre la película para logra la impresión de la imagen, el barrido es controlado por una distribución de espejos encargados de reflejar el rayo. El impresor láser requiere que la imagen esté en formato digital para obtener la copia dura, que son películas de fabricación especial con sensibilidad al láser, empaquetadas en un cartucho extraíble del cual la impresora obtiene una película para la zona de impresión, y luego la expulsa con la imagen impresa.

Puesto que la impresora láser obtiene la información de la imagen en formato digital, necesita estar conectada en red con el control de impresión del equipo digital encargado de generar la imagen, de donde se deduce que posee una dirección de red, puerta de enlace, etc. y asimismo son compatibles con DICOM²⁰.

Para el caso de la impresión térmica la formación de la imagen se basa en tecnología térmica directa. Se le llama térmica debido a que la información de la imagen se transfiere a una película térmica por medio de calor, el cual es producido por un cabezal térmico en contacto directo con dicha película. El calor se produce en los elementos calefactores del cabezal térmico, que durante la impresión son activados píxel por píxel. Estos elementos son resistores controlados circuitos electrónicos.

En estos dispositivos se requiere de un buen contacto entre el cabezal térmico y la película para garantizar una transferencia confiable de información. Para lograrlo, el cabezal es presionado lo suficiente contra la película, la cual es transportada por medio de un tambor o cilindro giratorio. Aunque por otro lado, la presión sobre la película no debe ser demasiada, puesto que podría dañarse el cabezal, dando lugar a la aparición de defectos en la imagen.

El control de calidad de las procesadoras es un factor importante en el mantenimiento de la calidad radiográfica con una dosis de radiación mínima. Este control logra mantener un rendimiento más coherente del procesador, una calidad constante en el trabajo y la mayor economía consiguiente en materiales. Por supuesto, otros factores tales como la exposición, tipos de película y condiciones de almacenamiento afectan a la radiografía final.

Para el control de calidad de una procesadora automática deben adoptarse los siguientes procedimientos para asegurar que sean correctas las condiciones de procesado.

4.3.2.1.3.1 Temperatura de los químicos

²⁰ DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine, se trata de un estándar creado para el manejo de imágenes en medicina.

La temperatura de los químicos dentro de la procesadora debe mantenerse lo más cerca posible al valor definido para el modelo específico de la procesadora.

Tolerancias: Existen varios valores de temperatura de acuerdo al modelo, estos oscilan entre 90°F y 100°F para el revelador, entre 85°F y 95°F para el fijador, y para el secado oscilan típicamente entre 100°F y 160°F. El criterio de aceptación o tolerancia es de $\pm 5^\circ\text{F}$.

Frecuencia: Semanal

Material: termómetro digital

Procedimiento: Para medir la temperatura de los químicos únicamente se requiere ubicar el termómetro dentro del químico y obtener la temperatura a través de la lectura que da el termómetro.

4.3.2.1.3.2 Refuerzo químico de las soluciones de procesado

Un refuerzo adecuado asegura la máxima vida útil de las soluciones, no solamente sustituyendo a los componentes agotados, sino también diluyendo los subproductos no deseados del proceso.

Tolerancia: Dependiendo de la productividad del procesador el valor de la tasa de refuerzo está en un rango de 60 a 600 ml por min para el revelador y 80 a 800 ml por minuto para el fijador para un ciclo de revelado de 90. Pero el refuerzo no debe variar en más del 10% del valor fijado en la procesadora.

Frecuencia: Bimensual

Material: pipeta y probeta

Procedimiento: Ubicar la pipeta en la salida de refuerzo de químico en los tanques, hacer que la procesadora accione las bombas de refuerzo y determinar el volumen de químico reforzado en una probeta.

Adicionalmente a la temperatura y al refuerzo del químico existen otros factores a tomar en cuenta en el control de calidad de la procesadora, tales como la recirculación de químicos, el sistema de transporte y estudios sensitométricos de la película procesada. La recirculación ejecuta la agitación de los químicos y le proporciona uniformidad a la distribución de temperatura. La falta de recirculación

genera áreas con mas calor o áreas con menor calor dentro de los tanques que contienen los químicos, esto resulta en un proceso de revelado defectuoso. La recirculación típica es de 2 a 4 galones por minuto para el revelador y fijador.

El sistema de transporte define el tiempo que dura el procesado de la película, este tiempo varía entre 90 segundos y 200 segundos según el modelo de procesadora, y se mide con ayuda de un cronómetro para tener un valor de referencia.

De estos últimos parámetros, en el control de calidad de la procesadora, se trata con más énfasis el de los parámetros sensitométricos. La supervisión sensitométrica es el método más sencillo y más directo para conseguir un control de calidad adecuado del procesador.

4.3.2.1.3.3 Parámetros sensitométricos

La sensitometría se desarrolla para evaluar la estabilidad de la procesadora día a día así como también para comparaciones entre procesadoras, químicos, y emulsiones. Se debe desarrollar usando el mismo tipo de emulsión que esté en uso para la procesadora.

A partir de la curva característica (el gráfico de las densidades ópticas medidas en relación con la exposición a la luz) obtenida mediante la densitometría (Figura 16), pueden derivarse los valores de base y velo, densidad máxima, velocidad y gradiente medio. Estos parámetros caracterizan el funcionamiento del procesado.

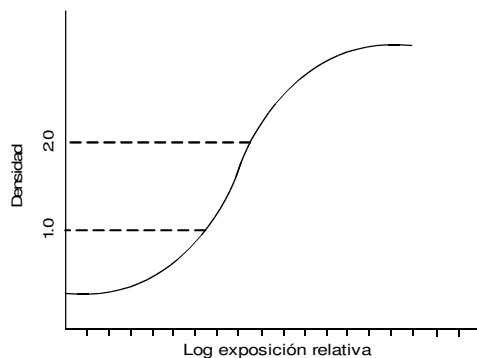


Figura 16. Curva característica que muestra las lecturas seleccionadas de las densidades baja y alta.

Han de seleccionarse dos de los 21 pasos, marcados por el sensitómetro, que produzcan lecturas adecuadas de las densidades alta y baja de la tira (Figura 16). Las densidades requeridas deben ser aproximadamente de 2.0 para el valor alto y de 1.0 para el valor bajo. Estas dos partes representan las partes superior e inferior de la porción recta de la curva característica y se consideran porque esta parte de la curva es más sensible a las variaciones producidas por los cambios en la actividad del procesador. Estos dos valores se utilizan para establecer los valores de referencia con los que se compararán las lecturas posteriores de la tira de control producida por el sensitómetro.

Cuando se hayan seleccionado estos dos escalones, se deberán leer los mismos en todas las tiras de control posteriores.

La lectura de la densidad baja proporciona una medida de la velocidad de la película. También se requiere una medida del valor del contraste. Esta última se puede expresar adecuadamente como la diferencia entre las lecturas de la densidad alta y baja.

También se requiere una medida de la densidad de velo base, la cual se mide en una zona de la película expuesta fuera de la tira de control.

Se deben tomar lecturas de la densidad baja (valor de velocidad), de la diferencia de densidades (valor de contraste) y de la densidad de velo en las posteriores tiras de control, y graficar las variaciones con respecto a los valores de referencia. El valor de la densidad alta no se representa gráficamente porque solamente se utiliza en el cálculo del contraste.

El control de estas características de la película (velocidad, contraste y densidad de velo) proporcionarán una indicación de cómo la imagen radiográfica final es afectada por los cambios en la actividad del procesador.

Establecimiento de los valores de referencia

Como se ha mencionado, para hacer el estudio sensitométrico se requiere de valores de referencia previos, para obtenerlos es necesario hacer pruebas iniciales utilizando solamente un lote de películas para la densitometría y realizar el estudio sensitométrico como mínimo en 1 película diaria durante 3 a 5 días. Luego se obtienen los valores de referencia sacando el promedio de las lecturas mencionadas, de las cuales cuantas más sean, tanto mejor será el promedio estadístico.

Tolerancias:

Se recomienda que se asigne dos conjuntos de límites al valor de la densidad baja y al valor de la diferencia de densidades y que estén claramente indicados en los gráficos de control. Dichos límites deben ser el límite de control elegido para indicar la extensión de las fluctuaciones admisibles de la actividad del procesador y el límite de acción para indicar desviaciones excesivas.

Las tolerancias finales son una cuestión de adaptación a las necesidades individuales. Sin embargo, como guía se puede considerar una tolerancia de $\pm 20\%$. La densidad de velo no debe ser superior a 0.05 por encima del valor de referencia. Velo base ≤ 0.2 DO.

Frecuencia: diaria

Materiales: Sensitómetro de 21 pasos, densitómetro, películas radiográficas

Procedimiento:

1. Seleccionar el tipo de luz que se usara con el Sensitómetro, de acuerdo al tipo de sensibilidad de la película.
2. Colocar una película nueva en el Sensitómetro.
3. Exponer ambos lados de la película a la luz verde o azul.
4. Revelar la película en el procesador automático.
5. Tomar las diferentes densidades obtenidas en el densitómetro.

6. Analizar resultados según valores de referencia.

4.3.2.2 AMBIENTES

4.3.2.2.1 Planos

La arquitectura básica de una sala de rayos x fijo debe presentarse en escala e incluir la siguiente información:

- Las características de los pisos, techos y paredes;
- Las características de las áreas adyacentes, indicando los factores de uso y los factores de ocupación;
- Los cortes relevantes indicando la sala de rayos x y sala de control, ubicación del equipo, panel de control, visores, límites de desplazamiento del tubo, ventanas, mesa de examen, "bucky" vertical y mobiliario relevante;
- Descripción técnica de los blindajes (puertas, paredes, piso, techo, etc.) incluyendo material utilizado, espesor y densidad.
- La característica del equipo de rayos x (incluyendo fabricante, modelo, mA y kVp máximos), componentes y accesorios previstos para la sala;
- Indicación de los procedimientos médicos que serán realizados, con estimación de la carga de trabajo semanal máxima, considerando una previsión de operación de cada instalación para, por lo menos, 5 años.

4.3.2.2.2 Diseño y Construcción

Para construir o modificar un Servicio de Radiodiagnóstico se tendrá en cuenta de que existan los siguientes ambientes, como mínimo:

- una sala de espera;

- una sala para estudios y/o procedimientos radiológicos por cada equipo fijo (sala de rayos X);
- área blindada para el panel de control;
- un vestidor y baño (sanitario) para pacientes;
- un cuarto oscuro;
- área para almacenamiento de películas;
- área de interpretación;
- área para preparación de medio de contraste y para preparación de paciente, en caso necesario;
- área de aceptación /rechazo de películas.
- Las salas de rayos x y el área para el panel de control deben tener barreras físicas con blindaje suficiente como para garantizar que se mantengan niveles de dosis tan bajos como sea razonablemente posible, sin superar los niveles de restricción de dosis para exposición ocupacional y del público. Así mismo cada sala debe tener restricciones para el acceso, y ser de acceso exclusivo para el paciente y para el personal del equipo medico necesario para la realización de los estudios y procedimientos radiológicos.

Las dimensiones mínimas de los ambientes deberán considerar las características de los equipos y los tipos de estudios y procedimientos a realizar. Las dimensiones de las salas deben permitir que las operaciones y movimientos se realicen con seguridad. Además, se recomienda que la distancia mínima entre el cabezal y la pared más próxima sea 1,5 m, considerando todos los posibles desplazamientos del mismo.

Las salas de rayos x se construirá disponiendo de:

- a) Paredes, piso, techo y puertas con blindaje suficiente para proporcionar protección radiológica a las áreas adyacentes. Además se observará lo siguiente:
 - i) El blindaje será continuo y sin fallas;

- ii) Se justificará los casos en que se proyecte paredes con una altura de 210 cm;
- iii) Se prestará especial atención al blindaje de la pared con bucky mural utilizado para examen de tórax y a las áreas alcanzadas por el haz primario de radiación;
- iv) Toda superficie de plomo será cubierta con revestimiento protector como pintura o cualquier otro material adecuado.

b) Area para el panel de control con barreras estructurales de dimensiones y blindaje que proporcione atenuación suficiente para garantizar la protección del operador. Se observará también los siguientes requisitos:

- i) Dentro del área y en la posición de disparo, el operador podrá comunicarse eficazmente con el paciente y observarlo mediante un sistema de observación electrónico (televisión) o un visor (ventanilla) apropiado con la misma atenuación calculada para la estructura, por lo menos;
- ii) En caso de que el panel de control esté dentro de la sala de rayos X, se utilizará un biombo (mampara) fijado permanentemente al piso con una altura mínima de 210 cm;
- iii) El panel de control estará ubicado de manera que durante las exposiciones ninguna persona pueda entrar a la sala sin ser visto por el operador;
- iv) En caso de utilizarse un sistema de observación electrónico se contará con un sistema de reserva o sistema alternativo para casos de falla electrónica.

c) Señalización visible en la parte exterior de las puertas de acceso, conteniendo el símbolo internacional de radiación ionizante y leyendas que indiquen “Rayos X” y la prohibición de que ingresen personas no autorizadas;

d) Señalización luminosa roja encima de la parte externa de la puerta de acceso con la siguiente advertencia: “Se prohíbe la entrada cuando la luz roja esté encendida”. La señalización luminosa deberá ser accionada durante los estudios y procedimientos radiológicos indicando que el generador está encendido y que puede haber exposición. Alternativamente puede adoptarse un sistema de

accionamiento automático de señalización luminosa conectado directamente al mecanismo de disparo de rayos X, para fluoroscopia y TC;

e) Letrero colocado en un lugar visible dentro de la sala con la siguiente recomendación: “Acompañante: si su presencia es imprescindible para sostener al paciente, exija y use correctamente vestimenta plomada para su protección”;

f) Letrero colocado en un lugar visible dentro de la sala con el siguiente aviso: “En esta sala solamente puede permanecer un paciente por examen”;

g) Dispositivos de protección radiológica para pacientes, personal del equipo médico y acompañantes, y todos los accesorios necesarios para los estudios y procedimientos previstos en la sala, de acuerdo a lo establecido en este documento. Deberán existir soportes apropiados para sostener los mandiles plomados a fin de preservar su integridad.

Para el cálculo de los blindajes se recomienda tomar en cuenta las condiciones reales de carga de trabajo y factores de ocupación de locales adyacentes, y basarse en la normativa internacional que exista al respecto.

El acceso a la sala de rayos X deberá realizarse a través de puertas que eviten el libre acceso de personas.

El cuarto oscuro deberá estar diseñado y construido considerando los siguientes requisitos:

a) Dimensión proporcional a la cantidad de radiografías y al flujo de actividades previstas para el servicio;

b) Que no exista penetración de luz. Deberá darse atención especial a la puerta, pasa chasis y sistema extractor de aire;

- c) Los interruptores de luz clara deberán estar ubicados de manera que no puedan ser accionados accidentalmente;
- d) Sistema de extracción de aire;
- e) Las paredes donde los productos químicos puedan salpicarse deberán tener revestimiento anticorrosivo;
- f) Piso anticorrosivo, impermeable y antideslizante;
- g) Sistema de iluminación de seguridad con lámparas y filtros apropiados a los tipos de películas utilizadas, ubicado a una altura mayor que 1,2 metros del lugar de manipulación;
- h) Paredes de color claro mate.

Las instalaciones de mamografía deberán contar con un procesador automático específico y exclusivo.

En el lugar donde se almacenan las películas radiográficas vírgenes, se deberá cuidar de que éstas se mantengan:

- en posición vertical;
- protegidas de fuentes de radiación y fuera de la sala de rayos X;
- en condiciones de temperatura y humedad compatibles con las especificaciones del fabricante.

La iluminación del área de interpretación deberá estar diseñada de manera que no haya reflejos que puedan perjudicar la evaluación de la imagen en los negatoscopios o monitores de TV, no debiendo ser mayor de 50 lux.

Después de la construcción de una sala de rayos X, un Experto Calificado en Física de Radiodiagnóstico Médico deberá hacer mediciones de los niveles de radiación dentro de la zona de trabajo y áreas adyacentes con la máxima tensión de operación del equipo, con el objetivo de verificar los parámetros de diseño y

comprobar que la protección de las personas en estas zonas cumple con las condiciones para las cuales fue diseñada.

En la sala de espera del Servicio de Radiodiagnóstico Médico deberán colocarse letreros en un lugar visible con las siguientes leyendas de advertencia: “Si usted está embarazada o puede estarlo, informe al médico o al técnico antes de hacerse la radiografía” y “No se permite la permanencia de acompañantes durante la radiografía, a menos que sea estrictamente necesario y con autorización”.

4.3.2.2.3 Señalización de zonas

Las zonas supervisadas y controladas de una instalación, deberán estar convenientemente señalizadas mediante el símbolo internacional de un trébol bordeado de puntos radiales, con el objetivo de indicar que únicamente existe riesgo de irradiación externa, enmarcado en una orla rectangular del mismo color que el trébol.

Se recomienda que las mencionadas señales lleven una leyenda en la que se indique que dicha señal únicamente es válida, cuando los generadores y equipos de rayos X estén conectados a la red.

Asimismo, se recomienda que, además de las señales indicadas anteriormente, se coloque en los accesos de las salas de radiodiagnóstico, en un lugar visible, una señal luminosa de color rojo que indique cuándo hay emisión de rayos X, o desde que empieza hasta que termina una exploración, con una leyenda que exprese que la entrada está prohibida cuando la luz está encendida.

Es recomendable además que en las salas de espera de los pacientes se coloquen plegables dirigidos al público y a los pacientes, en los que se refleje de forma sencilla el riesgo de la práctica.

En cualquier caso, la señalización ha de cumplir los objetivos siguientes:

- Que los pacientes no entren en la sala de exploración hasta que se les llame, y siempre a través de la cabina vestuario que estará blindada por la parte colindante con la sala.
- Que el personal del Hospital se abstenga de entrar en la sala de exploración, salvo aquellas personas autorizadas explícitamente.
- Que sólo entren a la sala las personas que tengan que permanecer dentro durante la exploración.
- Que no se produzca la entrada involuntaria o indebida de personal sin delantal, coincidiendo con un disparo radiográfico o una radioscopia.
- Designación de Zonas

Estas zonas están delimitadas y debidamente señalizadas. Los accesos a las mismas están limitados a personas autorizadas siempre que los controles estén conectados o haya emisión de rayos x.

Los pasillos y dependencias de utilización pública, colindantes con las salas de radiodiagnóstico, se designan zonas de libre acceso donde no se pueden superar las restricciones establecidas para los miembros del público.

4.3.2.2.4 Vigilancia Radiológica de Zona

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

- de rutina;

- operacional;
- especial.

El monitoreo de rutina está asociado con las operaciones continuas, el operacional se realiza para proporcionar información sobre un procedimiento operacional en particular y el especial se aplica a una situación anormal real o sospechosa.

El monitoreo de rutina se lleva a cabo para confirmar que las condiciones de trabajo son satisfactorias para continuar las operaciones y que no han ocurrido cambios significativos que pudieran requerir la reevaluación del diseño de la instalación o de los procedimientos de operación.

El monitoreo operacional se realizará cuando sea necesario para evaluar el riesgo radiológico derivado de un procedimiento operacional en particular y para proporcionar la información necesaria en caso que se requiera tomar decisiones sobre la conducción de las operaciones, con vistas a optimizar las mismas.

El monitoreo especial será requerido cuando:

La información disponible sobre una situación en particular es insuficiente para decidir qué medidas de seguridad son necesarias,
Un procedimiento sea llevado a cabo en circunstancias anormales.

Se recomienda realizar un levantamiento radiométrico rutinario durante la aceptación de la instalación, cada dos años y después de modificaciones que puedan afectar la protección radiológica

Los resultados de los monitoreos realizados serán comparados con los valores de dosis optimizados determinados en el plano de construcción y blindaje.

Es importante verificar periódicamente el correcto funcionamiento de los medidores de dosis y tasa de dosis.

4.3.2.2.5 Cuarto Oscuro

4.3.2.2.5.1 Entradas de luz

Frecuencia: inicial, semestral

Tolerancia: Velo extra: $\Delta D^2 \leq 0.02$ OD en 4 minutos.

Material: cubrepelícula, densitómetro

Procedimiento:

1. Permanecer en el cuarto oscuro un mínimo de cinco minutos con todas las luces apagadas, incluidas las de seguridad.
2. Asegurarse de que las habitaciones adyacentes estén completamente iluminadas.
3. Inspeccionar todas aquellas áreas susceptibles de ser una fuente de filtración de luz.
4. Para medir el velo extra como resultado de cualesquiera filtraciones u otras fuentes de luz, se necesita una película preexpuesta de aproximadamente 1.2 OD. Esta película puede obtenerse mediante una exposición de referencia de un bloque uniforme de PMMA. Medir siempre las diferencias de densidad óptica en una línea perpendicular al eje del tubo para evitar la influencia de efecto talón.
5. Abrir el chasis con la película preexpuesta y colocar la película (con la emulsión hacia arriba) en la parte apropiada de la mesa de trabajo.
6. Cubrir la mitad de la película y exponerla durante cuatro minutos.
7. Colocar la cubierta también perpendicular al efecto talón, para evitar la influencia de esa falta de
8. homogeneidad en las medidas.
9. Medir la diferencia de densidad óptica entre la parte protegida (Dbg) y la parte velada (Dfogged). El velo extra (ΔD) es igual a:

$$\Delta D = D_{\text{fogged}} - D_{\text{bg}}$$

4.3.2.2.5.2 Verificación de luz de seguridad en el cuarto oscuro



Frecuencia: inicial, semestral

Materiales: Procesador, Sensitómetro, densitómetro, cronómetro, cinta métrica, Negatoscopio, película radiográfica nueva, cartón opaco.

Procedimiento:

1. Verificar el tipo y estado de los filtros de seguridad.
2. Revisar las características eléctricas del bombillo, este no deberá ser mayor de 15 watts.
3. Medir la distancia desde la luz de seguridad a la bandeja del procesador y mesa de trabajo.
4. Apagar todas las luces en el cuarto oscuro y esperar 5 minutos o hasta que los ojos se adapten a la oscuridad.
5. Buscar filtraciones de luz cerca de puertas, pasa placas, procesador, esquinas y cielo raso.
6. Eliminar todas las filtraciones aparentes.
7. Exponer una película nueva en el Sensitómetro (exponer la película de acuerdo a la luz que emite la pantalla intensificadora a ambos lados), otra forma de realizar esta prueba es exponiendo la película a una exposición de 40 Kvp y 3 maS con una distancia foco película de 40 pulgadas.
8. Cubrir parcialmente la película dejando expuesta solo la mitad de la película.
9. Encender la luz de seguridad y esperar dos minutos.
10. Revelar la película.
11. Analizar resultado en busca de velo generado por la luz de seguridad.

4.3.2.2.5.3 Limpieza del cuarto oscuro

La suciedad, polvo, mota y escombros que se forman en las superficies del cuarto oscuro son una posible fuente de artefactos en la imagen. El cuarto oscuro se debe limpiar semanalmente (o tan a menudo como sea necesario) y evaluar la limpieza mensualmente. La evaluación se desarrolla convenientemente usando una lámpara UV de mano para inspeccionar las superficies en busca de polvo o suciedades.

4.3.2.2.5.4 Almacenamiento de películas

La ubicación en la cual se almacenan las películas debe monitorearse mensualmente usando un termómetro y un higrómetro para asegurarse que las películas se roten apropiadamente y que los requerimientos de temperatura y humedad sean cumplidos. En general, la película (inexpuesta y radiografías sin procesar) deben almacenarse con un rango de temperatura de 15 a 21°C. La humedad relativa debe estar en un rango de 40 a 60%.

4.3.3 GUIA PARA LA EVALUACION DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

4.3.3.1 EVALUACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD DE TECNOLOGÍAS

4.3.3.1.1 EQUIPOS DE RAYOS X CONVENCIONALES

4.3.3.1.1.1 CALIDAD DEL HAZ

4.3.3.1.1.1.1 Ortogonalidad del haz de radiación.

Criterio de aceptación: El error de alineación del haz de radiación debe ser menor o igual a 3.0°.

Materiales: Película radiográfica resultante de la prueba de ortogonalidad.

Procedimientos:

1. Observar en la película radiográfica los círculos marcados por la herramienta de congruencia del haz de radiación con el haz de luz y observar la imagen

de los puntos marcados, dichos puntos pueden optar las siguientes posiciones:

2. Sobrepuestos: es decir que la perpendicularidad del haz central esta dentro de la esfera de 0.5º de desviación.
3. Uno de los puntos intercepta el primer circulo: es decir que la perpendicularidad del haz central esta dentro de la esfera de 1.5º de desviación.
4. Uno de los puntos intercepta el segundo circulo: es decir que la perpendicularidad del haz central esta dentro de la esfera de 3.0º de desviación.

4.3.3.1.1.1.2 Capa hemirreductora

Criterio de aceptación: Para un Kilovoltaje aproximado de 80 kVp el HVL debe ser mayor o igual a 2.3 mm de al.

Materiales: Papel semilogaritmico, lapicero, regla.

Procedimientos:

1. Construir una grafica Exposición vrs. Espesor de aluminio (espesor utilizado para cada exposición) en papel semilogaritmico.
2. Buscar en la grafica el valor de espesor de aluminio para la el cual la exposición inicial se reduce a la mitad, el valor resultante corresponde al valor de HVL del equipo.

4.3.3.1.1.1.3 Exactitud del Kilo voltaje del haz

Criterio de aceptación: El porcentaje de error debe ser $< \pm 10 \%$.

Materiales: Calculadora, papel, lapicero.

Procedimientos:

1. Calcular el porcentaje de error para cada estación de voltaje analizada, según la formula:

$$\%Error = \frac{real - ideal}{ideal}$$

4.3.3.1.1.4 Reproducibilidad de la tensión

Criterio de aceptación: El coeficiente de variabilidad debe ser < 5 %.

Materiales: Calculadora, papel, lapicero.

Procedimientos:

1. Calcular el valor promedio del kilovoltaje efectivo, según la fórmula:

$$promedio = \frac{\sum ki}{n}$$

Donde:

Ki: Valores de kVeff de cada exposición.

n: número de exposiciones realizadas.

2. Calcular la desviación estándar para los resultados obtenidos de cada exposición. Según la fórmula:

$$Dstd = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

Dstd: Desviación estándar.

X: Valor promedio de los valores de kVeff.

Xi: Valores de kVeff de cada exposición.

n: número de exposiciones realizadas.

3. Calcular el valor del coeficiente de variabilidad del kVeff, según la fórmula:

$$CV = \frac{Dstd}{promedio}$$

4.3.3.1.1.2 TIEMPO DE EXPOSICIÓN

4.3.3.1.1.2.1 Reproducibilidad del tiempo de exposición

Criterio de aceptación: El coeficiente de variabilidad debe ser < 5 %.

Materiales: Calculadora, papel, lapicero.

Procedimientos:

1. Calcular el valor tiempo promedio, según la formula:

$$promedio = \frac{\sum ti}{n}$$

Donde:

ti: Valores de tiempo de cada exposición.

n: numero de exposiciones realizadas.

2. Calcular la desviación estándar para los resultados obtenidos de cada exposición. Según la formula:

$$Dstd = \sqrt{\frac{\sum (ti - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

Dstd: Desviación estándar.

X: Valor promedio de los valores de tiempo.

ti: Valores de tiempo de cada exposición.

n: numero de exposiciones realizadas.

3. Calcular el valor del coeficiente de variabilidad, según la formula:

$$CV = \frac{Dstd}{promedio}$$

4.3.3.1.1.2 Exactitud del tiempo de exposición

Criterio de aceptación: El porcentaje de error debe ser $< \pm 10 \%$.

Materiales: Calculadora, papel, lapicero.

Procedimientos:

1. Calcular el porcentaje de error para cada estación de tiempo analizado, según la formula:

$$\%Error = \frac{real - ideal}{ideal}$$

4.3.3.1.1.3 RENDIMIENTO

4.3.3.1.1.3.1 Linealidad

Criterio de aceptación: El porcentaje de error debe ser $< \pm 10 \%$.

Materiales: Calculadora, papel, lapicero.

Procedimientos:

1. Calcular la fracción $\frac{dosis}{mAs}$ para cada una de las estaciones de corriente analizadas.

$$\%Linealidad = \frac{\frac{dosis}{mAs}(\max) - \frac{dosis}{mAs}(\min)}{2 \times \frac{dosis}{mAs}(\text{prom})} \times 100$$

2. Calcular el porcentaje de linealidad, según la formula:

4.3.3.1.1.4 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

4.3.3.1.1.4.1 Tamaño del punto focal

Criterio de aceptación: El punto focal efectivo debe ser mayor que el punto focal nominal.

Materiales: lente de aumento, lápiz graso, bolígrafo, papel.

Procedimiento utilizando el patrón de barra

1. Utilizando la película obtenida al realizar la prueba, observar los grupos de líneas paralelas al eje ánodo - cátodo de la imagen radiográfica.
2. Contar el grupo de barras paralelas claramente visibles.
3. Determinar el tamaño del punto focal tomando de referencia la tabla 32, de acuerdo al numero de pares de líneas claramente visibles.

Grupo mas pequeño resuelto	Resolución del grupo (pl / mm)	Dimensión del punto focal efectivo
1	0,84	4,30
2	1,00	3,70
3	1,19	3,10
4	1,41	2,60
5	1,68	2,20
6	2,00	1,80
7	2,38	1,50
8	2,83	1,30
9	3,36	1,10
10	4,00	0,90
11	4,76	0,80
12	5,66	0,70

Tabla 32. Limites aceptables para el tamaño del punto focal

Procedimiento utilizando patrón de estrella:

1. Utilizando la película obtenida al realizar la prueba, medir del diámetro interior de la imagen del patrón de estrella en mm y anotar este valor.
2. Utilizando siempre la película obtenida al realizar la prueba, medir el diámetro interior del patrón de estrella en mm y anotar este valor.
3. Calcular la magnificación según la siguiente fórmula:

$$M = \frac{DIP}{DIH}$$

Donde:

DIP: Diámetro interior de la imagen del patrón de estrella.

DIH: Diámetro interior del patrón de estrella.

M: Magnificación.

4. Medir la distancia de separación entre las zonas de borrosidad más alejadas del centro, en la dirección paralela del eje ánodo - cátodo.
5. Medir la distancia entre las zonas de borrosidad más alejadas del centro, en la dirección perpendicular al eje ánodo - cátodo.
6. Calcular la dimensión del punto focal en la dirección paralela al eje ánodo -

cátodo con la siguiente ecuación: $DPA = \frac{D1}{M - 1}$

Donde:

DPA: dimensión del punto focal en dirección paralela.

D1: distancia de separación entre las zonas de borrosidad más alejadas del centro.

D2: distancia entre las zonas de borrosidad más alejadas del centro.

M: Magnificación.

7. Calcular la dimensión del punto focal en la dirección perpendicular al eje ánodo - cátodo con la ecuación: $DPE = \frac{D2}{M - 1}$

Donde:

DPE: dimensión del punto focal en la dirección perpendicular.

D2: distancia entre las zonas de borrosidad más alejadas del centro.

M: Magnificación.

8. Determinar el tamaño del punto focal tomando de referencia la tabla 33.

Punto Focal Nominal	Punto Focal efectivo	
	Largo Paralelo al eje ánodo-cátodo (mm)	Largo Perpendicular al eje ánodo-cátodo (mm)
0.050	0.075	0.075
0.100	0.150	0.150
0.150	0.230	0.230
0.200	0.300	0.300
0.250	0.400	0.400
0.300	0.650	0.450
0.400	0.850	0.600
0.500	1.100	0.750
0.600	1.300	0.900
0.700	1.500	1.100
0.800	1.600	1.200
0.900	1.800	1.300
1.000	2.000	1.400
1.100	2.200	1.500
1.200	2.400	1.700
1.300	2.600	1.800
1.400	2.800	1.900
1.500	3.000	2.000
1.600	3.100	2.100
1.700	3.200	2.200
1.800	3.300	2.300
1.900	3.500	2.400
2.000	3.700	2.600

Tabla 33. Límites aceptables para el tamaño del punto focal

4.3.3.1.1.4.2 Congruencia del haz de radiación con el campo de luz

Criterio de aceptación: Longitud ≤ 5 cm. anchura ≤ 5 cm. a 1 m de la distancia foco-película.

Materiales: Película radiográfica procesada, lápiz grueso, bolígrafo.

Procedimiento:

1. Medir la diferencia entre la imagen radiográfica del campo de radiación y el recuadro interior de herramienta para la prueba de colimación en cada lado, si uno o más lados del campo de luz no coinciden con el recuadro inscrito de la herramienta, medir la diferencia entre la imagen radiográfica del campo de radiación y el recuadro marcado por el instrumento de colimación.

4.3.3.1.1.5 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN:

4.3.3.1.1.5.1 Compensación del CAE para distintos espesores

Criterios de aceptación: La densidad óptica de cada una de las películas debe estar dentro del

rango 1.1 - 1.4

Materiales: Películas radiográficas procesadas, densitómetro, lápiz graso.

Procedimientos:

1. Utilizando el densitómetro leer y anotar la densidad óptica de cada película en el sitio donde se encontraba el espesor utilizado.

4.3.3.1.1.5.2 Compensación del CAE para distintas corrientes

Criterios de aceptación: La densidad óptica de cada una de las películas debe estar dentro del

rango 1.1 - 1.4

Materiales: Películas radiográficas procesadas, densitómetro, lápiz graso.

Procedimientos:

1. Utilizando el densitómetro leer y anotar la densidad óptica de cada película en el sitio donde se encontraba el espesor utilizado.

4.3.3.1.1.5.3 Compensación del CAE para distintos voltajes

Criterios de aceptación: La densidad óptica de cada una de las películas debe estar dentro del

rango 1.1 - 1.4

Materiales: Películas radiográficas procesadas, densitómetro, lápiz graso.

Procedimientos:

Utilizando el densitómetro leer y anotar la densidad óptica de cada película en el sitio donde se encontraba el espesor utilizado.

4.3.3.1.1.5.4 Reproducibilidad del CAE

Criterio de aceptación: El coeficiente de variabilidad debe ser < 5 %.

Materiales: Calculadora, papel, lapicero.

Procedimientos:

1. Calcular el valor promedio de la exposición, según la formula:

$$promedio = \frac{\sum Ei}{n}$$

Donde:

Ei: Valores de cada exposición.

n: numero de exposiciones realizadas.

2. Calcular la desviación estándar para los datos obtenidos de cada exposición.

Según la formula:

$$Dstd = \sqrt{\frac{\sum (Ei - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

Dstd: Desviación estándar.

X: Valores promedios de los parámetros.

Ei: Valores de cada exposición.

n: numero de exposiciones realizadas.

3. Calcular el valor del coeficiente de variabilidad, según la formula:

$$CV = \frac{Dstd}{promedio}$$

4.3.3.1.1.6 REJILLA

4.3.3.1.1.6.1 Posicionamiento de la rejilla

Criterio de aceptación: La densidad óptica de la imagen del agujero central debe ser superior a la de los cuatro agujeros de los extremos, y la densidad óptica de estos últimos debe disminuir simétricamente con respecto al agujero central.

Materiales: Película radiográfica procesada, densitómetro y lápiz graso.

Procedimiento:

1. Utilizando el densitómetro medir la densidad óptica de cada uno de los agujeros.

4.3.3.1.2 EQUIPOS DE FLUOROSCOPIA

4.3.3.1.2.1 CALIDAD DEL HAZ.

4.3.3.1.2.1.1 Ortogonalidad del haz de radiación.

Criterio de aceptación: El error de alineación del haz de radiación debe ser menor o igual a 3.0° .

Materiales: Película radiográfica resultante de la prueba de ortogonalidad.

Procedimientos:

1. Observar en la película radiográfica los círculos marcados por la herramienta de congruencia del haz de radiación con el haz de luz y observar la imagen de los puntos marcados, dichos puntos pueden optar las siguientes posiciones:
2. Sobrepuestos: es decir que la perpendicularidad del haz central esta dentro de la esfera de 0.5° de desviación.
3. Uno de los puntos intercepta el primer circulo: es decir que la perpendicularidad del haz central esta dentro de la esfera de 1.5° de desviación.
4. Uno de los puntos intercepta el segundo circulo: es decir que la perpendicularidad del haz central esta dentro de la esfera de 3.0° de desviación.

4.3.3.1.2.1.2 Capa hemirreductora

Criterio de aceptación: Para un Kilovoltaje aproximado de 80 kVp el HVL debe ser mayor o igual a 2.3 mm de al.

Materiales: Papel semilogaritmico, lapicero, regla.

Procedimientos:

1. Construir una grafica Exposición vrs. Espesor de aluminio (espesor utilizado para cada exposición) en papel semilogaritmico.
2. Buscar en la grafica el valor de espesor de aluminio para la el cual la exposición inicial se reduce a la mitad, el valor resultante corresponde al valor de HVL del equipo.

4.3.3.1.2.1.3 Exactitud del Kilovoltaje haz

Criterio de aceptación: El porcentaje de error debe ser $< \pm 10 \%$.

Materiales: Calculadora, papel, lapicero.

Procedimientos:

Calcular el porcentaje de error para cada estación de voltaje analizada, según la formula:

$$\%Error = \frac{real - ideal}{ideal}$$

4.3.3.1.2.2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

4.3.3.1.2.2.1 Tamaño del punto focal

Criterio de aceptación: El punto focal efectivo debe ser mayor que el punto focal nominal.

Materiales: lente de aumento, lápiz grueso, bolígrafo, papel.

Procedimiento utilizando el patrón de barra

1. Utilizando la película obtenida al realizar la prueba, observar los grupos de líneas paralelas al eje ánodo - cátodo de la imagen radiográfica.
2. Contar el grupo de barras paralelas claramente visibles.

- Determinar el tamaño del punto focal tomando de referencia la tabla 34, de acuerdo al número de pares de líneas claramente visibles.

Grupo más pequeño resuelto	Resolución del grupo (lí / mm)	Dimensión del punto focal efectivo
1	0,84	4,30
2	1,00	3,70
3	1,19	3,10
4	1,41	2,60
5	1,68	2,20
6	2,00	1,80
7	2,38	1,50
8	2,83	1,30
9	3,36	1,10
10	4,00	0,90
11	4,76	0,80
12	5,66	0,70

Tabla 34. Límites aceptables para el tamaño del punto focal

Procedimiento utilizando patrón de estrella:

- Utilizando la película obtenida al realizar la prueba, medir del diámetro interior de la imagen del patrón de estrella en mm y anotar este valor.
- Utilizando siempre la película obtenida al realizar la prueba, medir el diámetro interior del patrón de estrella en mm y anotar este valor.
- Calcular la magnificación según la siguiente fórmula:

$$M = \frac{DIP}{DIH}$$

Donde:

DIP: Diámetro interior de la imagen del patrón de estrella.

DIH: Diámetro interior del patrón de estrella.

M: Magnificación.

- Medir la distancia de separación entre las zonas de borrosidad más alejadas del centro, en la dirección paralela del eje ánodo - cátodo.
- Medir la distancia entre las zonas de borrosidad más alejadas del centro, en la dirección perpendicular al eje ánodo - cátodo.

6. Calcular la dimensión del punto focal en la dirección paralela al eje ánodo - cátodo con la siguiente ecuación:

$$DPA = \frac{D1}{M - 1}$$

Donde:

DPA: dimensión del punto focal en dirección paralela.

D1: distancia de separación entre las zonas de borrosidad mas alejadas del centro.

D2: distancia entre las zonas de borrosidad mas alejadas del centro.

M: Magnificación.

7. Calcular la dimensión del punto focal en la dirección perpendicular al eje ánodo - cátodo con la ecuación:

$$DPE = \frac{D2}{M - 1}$$

Donde:

DPE: dimensión del punto focal en la dirección perpendicular.

D2: distancia entre las zonas de borrosidad mas alejadas del centro.

M: Magnificación.

8. Determinar el tamaño del punto focal tomando de referencia la tabla 35

Punto Focal Nominal	Punto Focal efectivo	
	Largo Paralelo al eje ánodo-cátodo (mm)	Largo Perpendicular al eje ánodo-cátodo (mm)
0.050	0.075	0.075
0.100	0.150	0.150
0.150	0.230	0.230
0.200	0.300	0.300
0.250	0.400	0.400
0.300	0.650	0.450
0.400	0.850	0.600
0.500	1.100	0.750
0.600	1.300	0.900
0.700	1.500	1.100
0.800	1.600	1.200
0.900	1.800	1.300
1.000	2.000	1.400
1.100	2.200	1.500
1.200	2.400	1.700
1.300	2.600	1.800
1.400	2.800	1.900
1.500	3.000	2.000
1.600	3.100	2.100
1.700	3.200	2.200
1.800	3.300	2.300
1.900	3.500	2.400
2.000	3.700	2.600

Tabla 35. Limites aceptables para el tamaño del punto focal

4.3.3.1.2.3 CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN:

4.3.3.1.2.3.1 Compensación del CAE para distintos espesores

Criterios de aceptación: La densidad óptica de cada una de las películas debe estar dentro del

rango 1.1 - 1.4

Materiales: Películas radiográficas procesadas, densitómetro, lápiz graso.

Procedimientos:

1. Utilizando el densitómetro leer y anotar la densidad óptica de cada película en el sitio donde se encontraba el espesor utilizado.

4.3.3.1.2.3.2 Compensación del CAE para distintos voltajes

Criterios de aceptación: La densidad óptica de cada una de las películas debe estar dentro del

rango 1.1 - 1.4

Materiales: Películas radiográficas procesadas, densitómetro, lápiz graso.

Procedimientos:

1. Utilizando el densitómetro leer y anotar la densidad óptica de cada película en el sitio donde se encontraba el espesor utilizado.

4.3.3.1.2.4 CALIDAD DE LA IMAGEN

4.3.3.1.2.4.1 Resolución de alto contraste

Criterios de aceptación: El número de pares de líneas/pulgadas resueltas en el monitor y la película, no debe ser menor los indicados en la tabla 36.

Materiales: lente de aumento, lápiz graso.

Procedimiento:

1. Observar la imagen radiográfica y anotar el número correspondiente de pares de líneas/pulgada.

2. De acuerdo al sistema evaluado y el tamaño del intensificador de imagen, comparar los resultados con la tabla 36.

	Intensificador de 9" (23 cm)		Intensificador de 6" (15 cm)	
	CENTRO	BORDE	CENTRO	BORDE
Negatoscopio	40	30	40+	35+
Monitor de TV	20-24	20	30-35	24-30
Películas con Spot	40	30	40+	35+

Tabla 36. Resoluciones mínimas de pares de líneas

4.3.3.1.2.4.2 Resolución de bajo contraste

Criterio de aceptación: Tanto en el monitor como en la película deben observarse cuatro agujeros de las dos columnas generadas por la herramienta para bajo contraste.

Materiales: Película radiográfica procesada.

Procedimiento: Observar las imágenes tanto del monitor como de la película.

4.3.3.1.2.4.3 Rendimiento máximo a la superficie de la mesa

Criterio de aceptación: El valor para la tasa de exposición máxima a la superficie de la mesa debe ser $<10R/min$

Procedimiento:

1. Observar el dato obtenido.

4.3.3.1.3 PROCESADORAS AUTOMÁTICAS

5.1.3.1 Sensitometría

Criterio de aceptación: $\pm 20\%$ de variación de los valores de referencia.

Materiales: Películas radiográficas reveladas luego de haber sido expuestas con el sensitómetro. Densitómetro. Gráficas de control.

Procedimientos:

1. Tomar la lectura de densidad óptica de cada uno de los 21 pasos marcados en la película, por medio del densitómetro.
2. Repetir el numeral anterior para cada una de las películas expuestas.

3. Para cada película determinar qué paso tiene la densidad más cercana, pero no menor, a 1.2 Este es valor de densidad baja o velocidad.
4. Sumar las densidades de velocidad de cada lado de la película y dividir entre dos para obtener el promedio.
5. Determinar qué paso tiene la densidad más cercana a 2.2, pero no superior a este valor. Este es el valor de densidad alta.
6. Determinar el paso correspondiente en la otra exposición y sumar las dos lecturas de densidad y dividir el resultado entre dos para obtener el promedio.
7. Determinar que paso tiene la densidad más cercana a 0.45, pero no inferior a este valor. Obtener el promedio con la otra exposición.
8. Restar el valor del paso anterior del valor de densidad alta, para obtener el valor de contraste.
9. Obtener el promedio de valores de contraste, densidad baja y densidad de velo de todas las películas marcadas con el sensitómetro. Estos valores se convertirán en los de referencia.
10. Trazar una línea base para los valores de referencia en los gráficos de control.
11. Graficar las diferencias con respecto a los valores de referencia de densidad baja (velocidad), contraste (diferencia de densidad alta y baja) y velo neto de una película diaria durante 10 días.

CAPITULO 5. PERFIL DEL PROFESIONAL ENCARGADO DE REALIZAR LAS PRUEBAS

Es necesario definir el personal que debe realizar estas pruebas de control de calidad ya que por tratarse de un campo muy delicado y amplio la persona idónea deberá estar capacitada en diversos campos tanto de la ingeniería como de la física.

Un concepto global que encierra ciertos conocimientos como los antes mencionados es la Física Medica ya que es en este campo en el que se concentran las aplicaciones de las radiaciones ionizantes y no ionizantes en procesos de diagnóstico médico y terapia. Por lo tanto el físico médico desarrolla su rol en radioterapia, en radiodiagnóstico convencional, tomografía axial computada, resonancia magnética, ultrasonido, medicina nuclear, etc.

El mayor énfasis recae en el área de la radioterapia, puesto es ahí en donde los riesgos de una mala praxis se magnifican y las potenciales consecuencias son mucho más serias, es aquí donde las regulaciones son más estrictas y la presencia de físicos médicos se vuelve imprescindible.

5.1 Participación en el programa de Garantía de Calidad

La responsabilidad principal de la ejecución del programa de Garantía de Calidad debe ser asignada al físico medico. Este se asegurará que las políticas y procedimientos contienen los elementos apropiados de buena práctica, de aplicación del tratamiento, de protección, control de calidad y cumplimiento de las regulaciones. El físico medico especifica los estándares básicos que serán verificados al momento de aceptar un equipo y ponerlo en servicio para uso clínico. Adapta o desarrolla los procedimientos de aceptación y puesta en servicio, y establece y realiza controles de calidad periódicos que verifican que los valores de referencia están dentro de márgenes aceptables.

A partir de este perfil se determina que la persona mas indicada para desarrollar las pruebas de control de calidad es un Físico Medico, pero en vista de ser una profesión fuera del contexto académico de El Salvador, profesionales de ingeniería Biomédica o carreras similares y Licenciaturas en física son las personas idóneas a desarrollar estas actividades dentro de El Salvador.

Ligado a los conocimientos adquiridos en las profesiones antes mencionadas toda persona que realice pruebas de control de calidad en el país en mención debe estar acreditado por alguna entidad que dé fe de los conocimientos en radioprotección del profesional que realice las pruebas.

Finalmente es de vital importancia que el profesional encargado de desempeñarse en el área de radioprotección sea capaz de poder mantener estrechas relaciones con todos los recursos humanos que se desenvuelven dentro de un centro de radiodiagnóstico medico a través de su confiabilidad a la hora de emitir un resultado de las evaluaciones hechas a los equipos de radiodiagnóstico medico.

5.2 Habilidades

Entre las habilidades que debe cubrir el Físico Médico están:

- **Calibración de equipos de radiodiagnóstico:** El físico médico es responsable de la calibración de todas las unidades de tratamiento y la verificación de la actividad de las fuentes radioactivas.
- **Definir especificaciones de los equipos de radiodiagnóstico:** El físico médico ayuda a definir las especificaciones de compra de unidades de tratamiento, simuladores, sistemas de imágenes y sistemas de planificación de tratamiento. También se involucra en el diseño de las instalaciones y se asegura que todos los requisitos de seguridad se cumplen.
- **Definir pruebas de aceptación:** El físico médico es el responsable de la aceptación de los equipos después de su instalación o reparación, aun cuando haya sido el fabricante quien realice las mediciones, preferiblemente en presencia del físico.

El físico médico certifica que las unidades de terapia, simulación, imágenes y planificación de tratamiento funcionan de acuerdo a las especificaciones de compra

- **Ejecución de medidas y análisis de datos:** El físico médico es el responsable de las medidas de todos los datos necesarios para el uso clínico de las unidades de tratamiento. Esto incluye todas las energías, modalidades y fuentes radioactivas necesarias para la planificación de tratamientos de radioterapia externa y braquiterapia. Debe evaluar la calidad de los datos y si son apropiados para los diferentes tipos de tratamiento.
- **Tabulación de datos para uso clínico:** El físico médico es el responsable de garantizar que los datos de los haces terapéuticos y de las fuentes radioactivas en la institución han sido introducidos en el sistema de planificación de tratamientos, sea este manual o computarizado. Los datos deben tabularse, y mantenerse en un libro de registro, de forma tal que sean útiles y entendibles por cualquier otra persona que realice cálculos dosimétricos.

- **Establecimiento de procedimientos de cálculo dosimétricos:** El físico médico es el responsable del establecimiento de los procedimientos de cálculo de dosis usados en la clínica y de la verificación de su exactitud.
- **Planificación de tratamientos:** El físico médico lleva acabo o supervisa los cálculos y las mediciones necesarias para determinar dosis absorbidas o distribuciones de dosis en pacientes. Estos pueden ser cálculos manuales o computerizados y/o medidas directas de radiación, como por ejemplo, medidas en maniquí o in-vivo. Provee al oncólogo radioterapeuta evaluación y propuestas de optimización de la planificación de tratamientos.
- **Supervisión del mantenimiento de los equipos:** El físico médico debe supervisar el mantenimiento de los equipos y responsabilizarse de recibir los equipos y autorizar su uso clínico después de un proceso de mantenimiento. Es responsable de garantizar y documentar que cualquier alteración causada por el mantenimiento o reparación del equipo no afecte el funcionamiento o la calibración de las unidades de tratamiento.
- **Enseñanza:** El físico médico debe proveer educación y entrenamiento en Física Médica a médicos, técnicos en radioterapia, asistentes en física, enfermeras, etc. así como también a estudiantes y personal técnico.

5.3 Conocimientos

Antes de asumir tareas en la práctica de pruebas de control de calidad en equipos de radiodiagnóstico médico, el personal debe ser instruido en protección radiológica.

Por tanto, en los párrafos siguientes se presenta una lista de tópicos generales, que deben ser del dominio mínimo de los profesionales encargados de ejecutar las pruebas de control de calidad, en relación con la protección radiológica y garantía de calidad. Es importante recalcar la necesidad de someter a capacitaciones

continuas al personal encargado de ejecutar las pruebas de control de calidad, puesto que debe ser capaz de adecuarse a los cambios en las normas internacionales, nuevos procedimientos y avances tecnológicos.

- **Estructura atómica:** el físico debe tener conocimientos acerca de la materia, número atómico, molécula y producción de rayos X.
- **Interacción de la radiación con la materia:** esto se refiere a conceptos generales de ionización, transferencia de energía, interacción de la radiación ionizante y electromagnética.
- **Física de Radiodiagnóstico:** esta incluye conocimientos de equipos de radiodiagnóstico médico y formación de la imagen y procedimientos intervencionistas.
- **Principios de detección de la radiación y dosimetría de las radiaciones:** el físico médico debe tener conocimiento acerca de los diferentes tipos de detectores en dosimetría.
- **Efectos biológicos de las radiaciones:** el físico médico debe conocer los efectos en las células y moléculas, tejidos y en general en el cuerpo humano de las radiaciones ionizantes.
- **Criterios y normas de seguridad radiológica:** es importante que la persona destinada a la ejecución de pruebas de control de calidad posea fundamentos de protección y seguridad radiológica, que domine magnitudes y unidades de protección radiológica, límites de dosis para los

CAPITULO 6. APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD

6.1 RECOLECCIÓN DE DATOS²¹

En este capítulo se presenta la información obtenida luego de aplicar una serie de pruebas de control de calidad, basadas en el protocolo propuesto. Estas pruebas se ejecutaron en cada una de las salas de rayos x de tres instituciones hospitalarias: Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom y Hospital Pro-Familia.

Existe una diferencia entre el protocolo propuesto y las pruebas aplicadas, puesto que estas últimas no abarcan la totalidad del protocolo propuesto, debido a la necesidad de adecuarlo a las herramientas disponibles para su ejecución. A su vez, se obviaron ciertas pruebas que no representaban resultados significativos para los propósitos de la investigación, aun cuando se mencionan en el protocolo propuesto ya que no son menos importantes. Por tanto, las pruebas aplicadas fueron las siguientes:

Equipos convencionales:

- Reproducibilidad de kilovoltaje, tiempo y exposición
- Exactitud de kilovoltaje y tiempo
- Linealidad
- Capa hemirreductora
- Tamaño del punto focal
- Congruencia del campo de luz con el campo de radiación
- Ortogonalidad del haz de radiación
- Estado de la rejilla

Equipos con fluoroscopia:

- Exactitud del kilovoltaje

²¹ Todos los datos recolectados se muestran en el Anexo II

- Bajo contraste
- Alto contraste
- Control Automático de Exposición

Ambientes:

- Instalaciones de salas
- Cuarto oscuro

6.1.1 Información de Tecnologías

En el formato para la recolección de la información se ubican todos los valores medidos en el sitio, para los cuales, se contó con la colaboración de los técnicos o usuarios del equipo, para que ellos los manipularan y se encargasen de los disparos y el revelado de las películas radiográficas.

El formato se explica gráficamente a continuación:

1. Reproducibilidad de kilovoltaje, tiempo y exposición:

Nombre de la

Unidades

Parámetros a evaluar

Datos obtenidos

REPRODUCIBILIDAD						
kilo Voltaje seleccionado						
Tiempo seleccionado						
Corriente seleccionada						
Producto corriente - tiempo						
Kilovoltaje promedio (kV av)						
Kilovoltaje efectivo (kV eff)						
Kilovoltaje máximo (kV máx.)						
Tiempo (t)						
exposición						

2. Congruencia y ortogonalidad del haz de radiación:

Datos obtenidos a partir de la lectura de las películas

Nombre de la prueba

Indicador de parámetros, (simulación de figuras esperadas)

Parámetros de evaluación para foco grueso

Parámetros de evaluación para foco fino

Nombre de la

Datos

Herramienta utilizada para la lectura de las películas

Datos obtenidos

CONGRUENCIA Y ORTOGONALIDAD DEL HAZ DE RADIACIÓN	
L1	
W1	
W2	

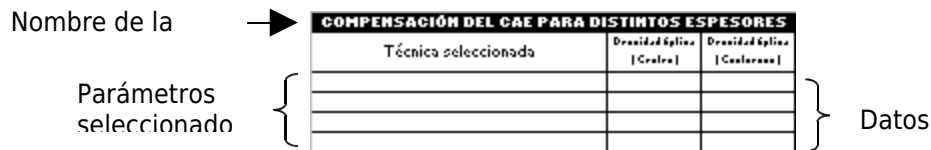
TAMANO DEL PUNTO FOCAL	
Patrón de estrella	Patrón de barras
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

Patrón de estrella	Diámetro interior del patrón de estrella
Patrón de estrella	Diámetro interior del patrón de estrella
Patrón de estrella	Distancia de separación D1
Patrón de estrella	Distancia de separación D2
Patrón de barras	Grupo de barras para el cual es claramente visible
Patrón de barras	Grupo de barras horizontales claramente visible
Patrón de estrella	Diámetro interior del patrón de estrella
Patrón de estrella	Distancia de separación D1
Patrón de estrella	Distancia de separación D2
Patrón de barras	Grupo de barras para el cual es claramente visible
Patrón de barras	Grupo de barras horizontales claramente visible

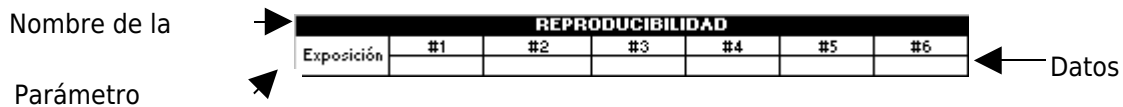
4. Posicionamiento de la rejilla:



5. Compensación del CAE para distintos espesores y para distintos voltajes:



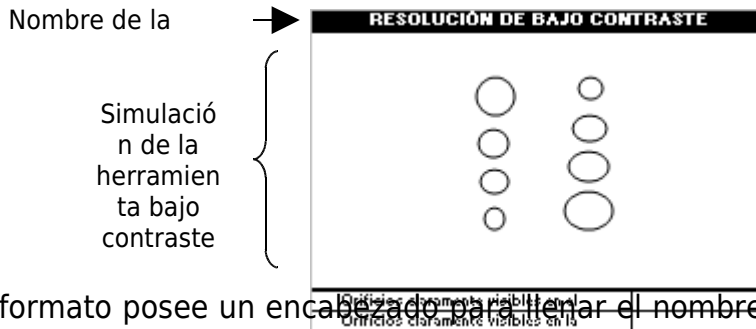
6. Reproducibilidad del CAE:



7. Resolución de alto contraste:



8. Resolución de bajo contraste:



El formato posee un encabezado para llenar el nombre de los datos del equipo que se evalúa. Luego se enumeran las pruebas a realizar, de las cuales, algunas requieren la recolección de los mismos parámetros, tal es el caso de la reproducibilidad, exactitud y linealidad. Estos parámetros son: tiempo seleccionado, corriente seleccionada, kilovoltaje seleccionado, producto corriente tiempo, y a su vez se requieren los parámetros obtenidos después de hacer cada prueba, que son los siguientes: kilovoltaje efectivo, kilovoltaje promedio, kilovoltaje pico, exposición y tiempo.

Para otras pruebas los parámetros requeridos no son comunes con el resto de pruebas, tal es el caso de la capa hemirreductora y posicionamiento de la rejilla para equipos convencionales, reproducibilidad y compensación del control automático de exposición para distintos espesores en los equipos con fluoroscopia. También en el formato se muestran pruebas que requieren la toma de una radiografía para llenar los datos, por ejemplo las de punto focal, congruencia del haz y ortogonalidad del haz.

Para anotar los datos se tienen cinco, seis o siete casillas dependiendo del tipo de prueba. Así pues para el caso de la linealidad, el número de casillas a llenar depende de las estaciones de corriente que posea el equipo. Para la exactitud se definen siete casillas para los parámetros ya mencionados puesto que se ha considerado que con siete valores se logra que el coeficiente de variabilidad sea más estable. En el caso de la prueba de capa hemirreductora se tienen seis casillas debido a que la prueba se ejecuta con 5 laminillas de aluminio de diferente espesor y una prueba adicional sin ningún espesor de aluminio.

En otras palabras, el número de casillas a llenar para el valor medido para cada prueba, representa un disparo. Y, la cantidad de disparos depende del tipo de prueba a realizar.

Finalmente, se ha reservado un espacio o columna para anotar las unidades respectivas de los valores medidos.

6.1.2 Información de Ambientes

Todo lo anterior es en lo referente a la toma de datos que requieren el uso de los equipos, pero también se hizo uso de un formato para la recolección de información referente a las instalaciones y cuarto oscuro, este formato es una lista de chequeo, que se llenó de acuerdo a la verificación de cada ítem para cada una de las salas y cuartos oscuros de las instituciones evaluadas. El formato de dicha lista se muestra a continuación:

Tabla 32

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE INSTALACIONES DE EQUIPOS DE RAYOS X Y CON FLUOROSCOPIA

Nombre de la institución

No.	REQUISITO	SI	NO	N/A
-----	-----------	----	----	-----

EQUIPOS

	Al hacer un disparo se observa en el panel de control una señal luminosa o sonora?			
	Se pueden obtener imágenes en modo MA, mAs y tiempo?			
	El botón para la protección de dosis de protección radiológica, como guantes plomados, delantales plomados, protectores gonadales, protectores de tiroides y anteojos plomados?			
	El tubo de rayos X es fijado en su posición radiográfica?			
	funcionan todos los sensores para indicar si las puertas de la sala permanecen cerradas?			
	Se puede angular la mesa radiográfica?			
	En un estudio de fluoroscopia se activa una señal luminosa o sonora?			
	Se puede seleccionar manualmente el tiempo de fluoroscopia?			

CUARTO OSCURO

	Se logra ver el tamaño del punto focal en la cámara del tubo?			
	El técnico Radiólogo puede comunicarse con el paciente?			
	El filtro de luz de seguridad está dañado?			
	La luz de seguridad está ubicada en la consola de control?			
	La ubicación del switch para encendido de luz normal difícilmente se activa accidentalmente?			
	se observan por todas partes para la colimación?			
	se guardan los filtros de protección con el revelado?			
	Existe registro de la imagen en el monitor para fluoroscopia sin ruido?			
	Existe un procedimiento de control de calidad de procesadoras?			
	Se tiene manual de usuario y servicio de las (S) procesadoras?			
	Se tiene registro de control de fallas reportadas para la procesadora(s) ?			
	se mide a diario la temperatura de químicos?			
	La procesadora presenta la información de temperatura de revelador?			
	Se tiene indicadores de seguridad de pruebas de control de calidad?			
	los químicos utilizados son de la misma marca?			
	Se dispone de tiempo para guardar los dosímetros del personal?			

SEÑALIZACIÓN

	Se utiliza químico vencido?			
	Se observan películas de radiografía en la sala de rayos X durante la radiografía, a menos que sea estrictamente necesario y con autorización?			
	La(s) procesado(a) tiene(n) etiqueta de identificación de fabricante, modelo y serie?			
	Se realiza con frecuencia la prueba de velo en el cuarto oscuro?			
	Area de almacenamiento de películas vírgenes			
	Se tiene area de interpretación			
	Area de aceptación/rechazo de películas (criterio)			

Como se puede observar, la lista contiene preguntas o ítems que están basados en la parte de Ambientes del protocolo propuesto (capítulo 4 de la presente investigación). Con cada uno de estos, se pretende coleccionar la información necesaria para forjar una conclusión referente al estado o calidad de las instalaciones de los departamentos de rayos x evaluada.

6.2 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Habiendo llenado el formato para la recolección de datos, se procedió a llenar un nuevo formato para agrupar los resultados obtenidos a partir de los valores medidos representados en el primer formato. Este nuevo formato tiene las siguientes características²²:

1. Reproducibilidad de kilovoltaje, tiempo y exposición:

$$Dstd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n-1}}$$

$$promedio = \frac{\sum k_i}{n}$$

$$CV = \frac{Dstd}{promedio}$$

REPRODUCIBILIDAD			
PARAMETRO	PROM	DESV	CV
Kilovoltaje efectivo (kVeff)			
Tiempo			
exposición			

2. Congruencia y ortogonalidad del haz de radiación:

$$\%Error = \frac{real - ideal}{ideal}$$

EXACTITUD DE KV Y TIEMPO			
Kilovoltaje seleccionado			
Kilovoltaje efectivo (kV eff)			

²² Todas las fórmulas presentadas en este formato están referenciadas a 4.3.3 Guía para la Evaluación de Pruebas de Control de Calidad

Tiempo seleccionado				
Tiempo (t)				

3. Linealidad:

LINEALIDAD			
ESTACION	mAs	mGy	mGy / mAs
La variación de este equipo es por mAs			
La variación de este equipo es por mAs			
La variación de este equipo es por mAs			
La variación de este equipo es por mAs			
La variación de este equipo es por mAs			
PORCENTAJE DE LINEALIDAD			

$$\%Linealidad = \frac{\frac{dosis}{mAs}(\max) - \frac{dosis}{mAs}(\min)}{2 \times \frac{dosis}{mAs}(\text{prom})} \times 100$$

$\frac{dosis}{mAs}$

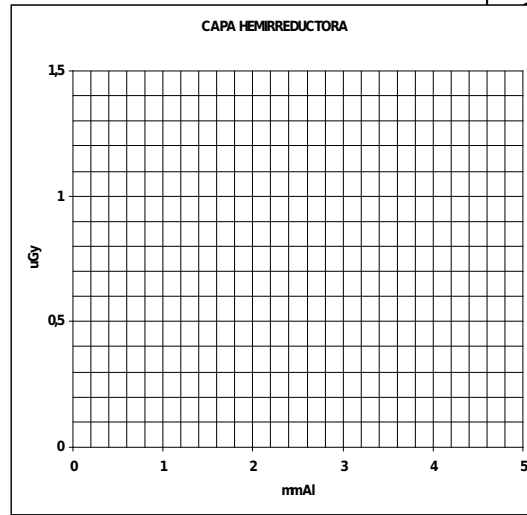
4. Capa hemirreductora:

CAPA HEMIRREDUCTORA			
Parametros	Exposición realizada sin filtro	uGy	Unidades
	Espesor de aluminio inferior a la capa hemirreductora	mm AL	
	exposición inferior a la capa hemirreductora	uGy	
	Espesor de aluminio superior a la capa hemirreductora	mm AL	
		uGy	

exposición superior a la capa hemirreductora		
HVL		

$$HVL = \frac{\left[t_2 \ln\left(\frac{2x_1}{x_0}\right) - t_1 \ln\left(\frac{2x_2}{x_0}\right) \right]}{\ln\left(\frac{x_1}{x_2}\right)}$$

Escala logarítmica para plotear los parámetros obtenidos en la prueba de HVL



5. Tamaño del punto focal:

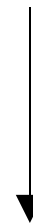
$$DPA = \frac{D1}{M - 1} \quad M = \frac{DIP}{DIH}$$

TAMAÑO DEL PUNTO FOCAL	
Magnificación	
Dimensión del punto focal paralelo al eje A - C	
Dimensión del punto focal perpendicular al eje A-C	
Punto focal efectivo paralelo al eje A - C	
Punto focal efectivo perpendicular al eje A - C	

6. Congruencia y ortogonalidad del haz de radiación:

L1 + L2

W1 + W2



CONGRUENCIA Y ORTOGONALIDAD DEL HAZ DE RADIACION	
Sumatoria de distancias L1 + L2	
Sumatoria de distancias W1 + W2	
Porcentaje de L1 + L2 respecto a la DFP	0,00%
Porcentaje de W1+ W2 respecto a la DFP	0,00%

7. Tamaño del punto focal

$$M = \frac{DIP}{DIH} \quad DPA = \frac{D1}{M-1} \quad DPE = \frac{D2}{M-1}$$

TAMAÑO DEL PUNTO FOCAL	
Magnificación	
Dimensión del punto focal paralelo al eje A - C	
Dimensión del punto focal perpendicular al eje A-C	
Punto focal efectivo paralelo al eje A - C	
Punto focal efectivo perpendicular al eje A - C	

8. Posicionamiento de la rejilla:

Comparación sobre la densidad óptica obtenida en la lectura de las películas

POSICIONAMIENTO DE LA REJILLA	
La densidad óptica en C es mayor que en B y C	
La densidad óptica en B y C es mayor que en A y E	

9. Compensación del CAE para diferentes espesores y voltajes:

Comparación sobre la densidad óptica obtenida en la lectura de las películas



COMPENSACION DE CAE	
La densidad óptica esta en el rango de 1.1 - 1.4	

10.Reproducibilidad del CAE:

$$Dstd = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)^2}{n-1}}$$

$$promedio = \frac{\sum ki}{n}$$

$$CV = \frac{Dstd}{promedio}$$

REPRODUCIBILIDAD			
PARAMETRO	PROM	DESV	CV
Exposición			

11.Exactitud del kilovoltaje:

$$\%Error = \frac{real - ideal}{ideal}$$



EXACTITUD DE KV			
KV seleccionado			
(kV eff)			

12.Resolución de alto y bajo contraste:

Resultado de lectura de las películas

RESOLUCION DE ALTO CONTRASTE	
Pares de línea claramente visibles en el monitor	
Pares de línea claramente visibles en la película	
Orificios claramente visibles en el monitor	
Orificios claramente visibles en la	

película	
----------	--

6.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS PROTOCOLOS APLICADOS

El análisis se basa en una comparación de todos los equipos, a partir de las características técnicas básicas o datos de placa de cada uno de ellos, y de los resultados de la aplicación de los protocolos.

El punto de partida del análisis es la elaboración de una matriz comparativa que albergue todas estas características e incluya los parámetros medidos en los equipos, para luego establecer una serie de conclusiones en función de la información.

Es decir, que la matriz comparativa pretende plantear el cúmulo de información referente a los equipos de tal forma que se pueda efectuar un análisis cualitativo que concluya cuáles equipos poseen el mejor rendimiento, o están en mejores condiciones, en función de su marca y fecha de fabricación.

La matriz se muestra en la tabla 38, en donde la información similar se ha agrupado de tal forma que se facilite la verificación de cada parámetro; se tiene

entonces información descriptiva e información funcional tanto para el equipo de rayos x como para las procesadoras y cuartos oscuros (tabla 39). La primera incluye lo referente al tubo de rayos x, al generador y al intensificador de imagen (en caso que el equipo posea). Este tipo de información simplemente es para identificar cada equipo según sus datos de placa y no para especificar el estado del mismo.

El otro conjunto de información es la funcional, e incluye: la reproducibilidad del equipo, su exactitud, resultado de la prueba de filtración, la condición de los parámetros geométricos y pruebas fluoroscópicas.

Para este tipo de información, se presenta la aceptabilidad de cada uno de los resultados procesados para cada equipo.

Tabla 38

MATRIZ COMPARATIVA DE EQUIPOS					
INFORMACION DESCRIPTIVA					
PARAMETRO	Instalación 1	Instalación 2	Instalación 3	...	Instalación "11"
TUBO DE RAYOS X					
Marca				...	
Modelo				...	
Serie				...	
Manufactura				...	
Foco Fino nominal				...	
Foco Grueso nominal				...	
Filtración adicional				...	
Filtración inherente				...	
GENERADOR					
Marca				...	
Modelo				...	
Serie				...	
Manufactura				...	
INTENSIFICADOR					
Marca				...	
Modelo				...	
Serie				...	
Manufactura				...	
INFORMACION FUNCIONAL					
PARAMETRO	Instalación 1	Instalación 2	Instalación 3	...	Instalación "n"
Linealidad del equipo				...	
Modelo				...	
Serie				...	
Manufactura				...	
INFORMACION FUNCIONAL					
PARAMETRO	Instalación 1	Instalación 2	Instalación 3	...	Instalación "11"
Linealidad del equipo				...	
REPRODUCIBILIDAD					
kV				...	
tiempo				...	
Exposición				...	
EXACTITUD					
kV				...	
Tiempo				...	
FILTRACION					
Capa hemirreductora				...	
PARAMETROS GEOMETRICOS					
Congruencia				...	
Ortogonalidad				...	
Punto focal real (S)				...	
Punto focal real (L)				...	
ESTADO DE LA REJILLA					
Rejilla				...	
FLUOROSCOPIA					
CAE (Espesor var)				...	
CAE (kV var)				...	

Tabla 39

MATRIZ COMPARATIVA PARA PROCESADORAS Y CUARTO OSCURO					
INFORMACION DESCRIPTIVA					
PARAMETRO	Instalación 1	Instalación 2	Instalación 3		Instalación "11"
Marca				...	
Modelo				...	
Manufactura				...	
Tiempo de revelado (seg)				...	
Temperatura de revelador (°F)				...	
INFORMACION FUNCIONAL					
Temperatura medida				...	
Velo Neto				...	
Indice de contraste				...	
Indice de sensibilidad				...	
CUARTO OSCURO					
Luz de seguridad funcional				...	
Una procesadora por cuarto				...	
Entradas de luz				...	
Se usa químicos vencidos				...	
Químicos de la misma marca				...	
Compartimiento para películas				...	
Encendido de luz normal fácil de				...	
Se guardan materiales no				...	
Termómetro digital para medir				...	

Habiendo explicado el formato de la matriz comparativa, es más accesible la comprensión de la información que se ha de ubicar en cada casilla. Entonces, de acuerdo a la información colectada en cada instalación visitada y a sus equipos, se presenta en las tablas 40 y 41 la matriz comparativa ya con todos los datos que se obtuvieron como resultado de la investigación.

Tabla 40²³

COMPARACION DE DATOS DE PLACA DE EQUIPOS DE RAYOS X CONVENCIONALES Y CON FLUOROSCOPIA											
INFORMACION DESCRIPTIVA	HB1	HB2	HB3	HP1	HP2	HR1	HR2	HR3	HR4	HRE1	HRE2
TUBO DE RAYOS X											
Marca	Siemens	Siemens	Siemens	***	Siemens	Commet	GE	Eureka	Shimadzu	Eureka	***
Modelo	1144104 V2049	1144104 V2049	115211 V2053	***	PX 1302 C	0181HS 28 70 150	46 194750 G1	Emerald 125	Cirdex	Emerald 125	***
Serie	262651 S20	263576 S20	265094 S20	***	171270D Q	9402 438270	164193 VKS	AG 26489	30688	A0 83345	33075
Manufatura	octubre 1996	Enero 2003	Septiembre 1999	**	Abril 1986	***	Marzo 1986	Mayo 1994	***	Septiembre 1993	***
Foco Fino nominal	1.2	1.2	0.6	***	1	0.6	***	0.6	0.6	1	1
Foco Grueso nominal	2	2	1	***	2	1.3	***	1.5	1.2	2	2
Filtracion adicional	1 mmAl	1 mmAl	1 mmAl	2 mm	1 mmAl	***	***	***	***	***	1 mmAl
Filtracion inherente	***	***	***	***	***	***	***	0,6 mmAl	1,5 mmAl	0,6 mmAl	1,5 mmAl
GENERADOR											
Marca	Siemens	Siemens	Siemens	Picker	Picker	***	GE	GE	Shimadzu	***	***
Modelo	Polymat 50	Polymat 50	Polymat 50	Gx 650	755 560 F	***	46 178400 G2	Compax 205	XED 150L 20	***	***
Serie	***	***	***	322	1649 AB	***	170599 VKS	RME 325 R	362168107	***	***
Manufatura	1989	1989	1989	***	Noviembre e 1987	***	Mayo 1986	Noviembre 1994	1999	***	***
INTENSIFICADOR											
Marca	No aplica	No aplica	Siemens	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica
Modelo	No aplica	No aplica	8832743 V5057	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica
Serie	No aplica	No aplica	90060 S06	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica
Manufatura	No aplica	No aplica	Septiembre 1990	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica	***	No aplica	No aplica

NOTA 1: El signo *** significa que la información correspondiente a dicha casilla no se pudo obtener debido a lo ilegible del dato en el equipo.

NOTA 2: El término "No aplica" se refiere a información que no se tiene debido a que el equipo no dispone de función para fluoroscopia.

²³ HB: Hospital Bloom; HP: Hospital Profamilia; HR: Hospital Rosales; HRE: Hospital Rosales Emergencia

Tabla 40 (continuación)

INFORMACION FUNCIONAL											
PARAMETRO	CRITERIO	HB1	HB2	HB3	HP1	HP2	HR1	HR2	HR3	HR4	HRE1
Linealidad	10%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	X	X	X	X	X	X
REPRODUCIBILIDAD											
kV	5%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
tiempo	5%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Exposicion	5%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
EXACTITUD											
kV	10%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tiempo	10%	<input checked="" type="checkbox"/>	X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FILTRACION											
Capa hemirreductora	>2,3%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PARAMETROS											
Congruencia	10%	X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X
Ortogonalidad	3°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X
Punto focal (S)	>FE	X	X	X	N/A	X	N/A	N/A	X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Punto focal (L)	>FE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	X	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FLUOROSCOPIA											
CAE (Espesor var)	10%	N/A	N/A	X	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CAE (kV var)	10%	N/A	N/A	X	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CAE (Reprod)	10%	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Exactitud: kV fluoro	10%	N/A	N/A	X	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A
Alto contraste	35	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Bajo contraste	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A

N/A: No aplica ; X: No aceptable ; : Aceptable.

Tabla 41

MATRIZ COMPARATIVA PARA PROCESADORAS							
INFORMACION DESCRIPTIVA							
PARAMETRO	HB	HP	HR	HRE			
Marca	kodak	kodak	kodak	kodak	kodak	kodak	kodak
Modelo	270 RA (1940)	270 RA (1955)	M35	270 RA	M6AW	M6B	M35
Manuf�ctura	1994	1994	1986	1994	1969	1984	1986
Tiempo de revelado (seg)	57	57	150	57	90	90	150
Temperatura de revelador (�F)	97.1	97.1	92	97.1	94.1	94.1	92
INFORMACION FUNCIONAL							
PARAMETRO	HB	HP	HR	HRE			
Temperatura medida	97	97	92.1	96.9	94	93.9	92
Velo Neto	0,27	0,29	0,21	0,21	0,23	0,2	0,19
Indice de contraste	1.35	1.6	1.44	1.43	1.5	1.5	1.6
Indice de velocidad	1.4	1.5	1.45	1.8	1.55	1.46	1.4
CUARTO OSCURO							
PARAMETRO	HB	HP	HR	HRE			
Luz de seguridad funcional	SI	SI	NO	SI	SI		
Una procesadora por cuarto oscuro	NO	SI	SI	SI	NO		
Entradas de luz	NO	NO	NO	NO	SI		
Se usa quimicos vencidos	NO	NO	NO	NO	NO		
Quimicos de la misma marca	SI	SI	SI	SI	SI		
Compartimiento para películas virgenes	SI	SI	NO	NO	NO		
Encendido de luz normal fácil de activar accidentalmente	NO	SI	NO	NO	NO		
Se guardan materiales no relacionados con el revelado	NO	NO	NO	NO	NO		
Termómetro digital para medir temperatura de quimicos	NO	NO	NO	NO	NO		

De las tablas se puede establecer las siguientes observaciones:

- Ninguno de los equipos analizados tiene una linealidad aceptable, a excepción de los equipos marca Siemens, instalados en las tres salas del Hospital Bloom.
- Todos los equipos superaron la prueba de filtración, unos mejor que otros, pero independientemente de la marca o fecha de fabricación, todos están dentro del porcentaje de aceptación.
- La exactitud de kilovoltaje, tiempo y mA es estable para todos los equipos, a pesar de que para algunos, como el equipo Siemens de la Sala 2 del Hospital Bloom y el equipo marca desconocida de la Sala 2 de Emergencia del Hospital Rosales, se tienen estaciones de tiempo que no son exactas. Pero si se obtiene el promedio del coeficiente de variabilidad del resto de estaciones, resulta que esos equipos son aceptables en cuanto a exactitud.
- Todos los equipos resultaron ser reproducibles para los parámetros de kilovoltaje, mA y tiempo.
- No todos los equipos pasaron la prueba de congruencia del haz de radiación. Para el caso de los once equipos evaluados, únicamente cinco poseen una congruencia aceptable. De estos cinco equipos tres de ellos son marca Siemens.
- Para la prueba de ortogonalidad, únicamente dos tubos no fueron aceptables: uno marca desconocida del Hospital Profamilia Sala 1 y el otro marca Eureka que data de 1993.
- Para el tubo Commet del equipo del Hospital Rosales Sala 1 no se efectuó ninguna prueba que necesite el uso de la iluminación del colimador, por tanto se infiere que la calidad del equipo para los parámetros geométricos no es aceptable.

- Los equipos con fluoroscopia Siemens, Commet y Shimadzu resultaron ser aceptables en relación a la resolución de alto contraste.
- Se observa que en la sala numero uno del Hospital Nacional Rosales no se tiene la información necesaria, debido a que el colimador no disponía de luz, la cual es un requisito para efectuar las pruebas de congruencia del haz, prueba de rejilla, entre otras. A pesar de ello, la falta de iluminación en el colimador de ese equipo, demuestra que mediante el control de calidad se puede aportar información acerca del estado del equipo para evitar dosis innecesarias al colimar el haz en áreas sin interés de diagnóstico.
- En ninguna de las instituciones se pudo evaluar el estado de la rejilla debido a que para la prueba de rejilla se requiere la angulación del tubo y en ninguna sala fue posible.
- En el Hospital Bloom los tubos de rayos x estudiados presentan mayor desgaste en el foco fino, esto se debe a la utilización mas frecuente del foco fino en exámenes en los cuales se podría utilizar el foco grueso. Lo mismo sucede en la sala tres del hospital Rosales.
Para el Hospital Rosales en la sala uno y dos no se tiene información puesto que la prueba de punto focal requiere la iluminación de colimador. En la sala uno del hospital Profamilia no se puede establecer un parámetro ya que no se conoce el punto focal nominal, debido a que el dato de placa no es legible.
- Se observa que en ninguno de los cuartos oscuros se cuenta con termómetro digital para efectuar un control diario de la temperatura de los químicos en cada una de las procesadoras.
- En todos los cuartos oscuros es aceptable el funcionamiento de la luz de seguridad, a excepción del cuarto donde se ubica la procesadora 270RA en el hospital Rosales.

- Se observa que ninguna de las instalaciones utilizan químicos de diferente marca para el proceso de revelado, el cual es un aspecto importante que en caso de no cumplirse afectaría en gran medida la calidad de imagen.

CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Este capítulo explica la evaluación y comparación de opciones con base en la relación costo beneficio. Esta es una técnica analítica que se utiliza para determinar si los beneficios esperados constituyen un retorno aceptable sobre la inversión y los costos estimados.

Como su nombre lo sugiere, el método de análisis costo beneficio está basado en la relación de los beneficios a los costos asociados con un proyecto en particular, que para este documento se trata de implementar en una institución para el cuidado de la salud, un protocolo de control de calidad para equipos de radiodiagnóstico. Se considerará viable y atractivo el proyecto si los beneficios derivados de su implementación exceden los costos asociados.

El análisis se torna un tanto complejo cuando se pretende medir los efectos no económicos puesto que no existe ningún precio de mercado para estos. El análisis de costo beneficio se aplica generalmente para escoger entre distintas opciones. Su principal virtud implica, a la vez, una cierta complejidad, pues la diversidad de criterios que se emplea obliga a explicitar aquellos que se usan en la toma de decisiones. Por tanto, a continuación se resumen los pasos para efectuar el análisis costo beneficio:

- Identificar todos los factores relacionados con cada opción y cuantificarlos.
- Escoger un plazo de vida para el proyecto.
- Definir una tasa de interés.
- Establecer cuál es el flujo de efectivo dependiendo del método a utilizar, el cual está asociado con los elementos cuantificables de las opciones, y puede ser Valor Actual Neto (VNA), Valor Futuro (VF), etc.
- Comparar las opciones y ordenarlas para la selección final.

Con el desarrollo de este análisis se pretende la evaluación de la factibilidad de la implementación de un programa de control de calidad para equipos de rayos x convencionales y con fluoroscopia en una institución para el cuidado de la salud. Entiéndase por implementación la compra del servicio a una empresa externa a la institución, o el desarrollo del protocolo de forma interna a la institución. Ambas opciones se confrontarán con una tercera opción que consiste en no efectuar ningún control de calidad, y por tanto mantener las condiciones actuales de la institución.

7.1 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE FACTORES RELACIONADOS.

La selección de los factores para el análisis requiere de la proyección cuidadosa para cada opción y el uso del sentido común para identificarlos, ya que solamente una opción se llevará a cabo.

Se debe considerar también el identificar los factores irrelevantes que son todos aquellos que en caso se implementase el proyecto, serán obligatorios. Es decir que antes de determinar los resultados de los flujos de caja para cada opción, deben separarse los elementos relevantes para no gastar esfuerzos en cuantificar costos o beneficios irrelevantes.

1.6.2 COSTOS IRRELEVANTES

7.1.1.1 Costos en la toma de decisiones

Generalmente está limitado al costo de tiempo del personal involucrado en dicho proceso y viajes, que comprende:

- Reuniones y estudios para determinar las funciones específicas del nuevo servicio, incluyendo estimados detallados de su utilización esperada.
- Tiempo empleado para la planeación del proyecto, en caso este sea implementado internamente en la institución.
- Para el caso en que el servicio se compre, se requieren reuniones para identificar suministrantes que puedan cumplir con las necesidades, definir los requisitos, evaluación de respuestas, negociaciones, remisión de órdenes de compra, calendarizaciones, selección de opciones de financiamiento, etc.

7.1.1.2 Costos de tramitación de financiamiento

Para un plan de préstamo:

- Suscribir descuentos asignados al proyecto
- Honorarios legales / logística / consultoría asignados al proyecto
- Negociaciones con prestamistas
- Preparación de estudios de viabilidad para prestamistas

Para un plan de arrendamiento:

- Negociación con posibles arrendadores

2.6.2 COSTOS RELEVANTES

Para implementación interna:

- Costo de equipos y herramientas a utilizar.
- Calibración de equipos.
- Costo de materiales consumibles requeridos.
- Selección y contratación de personal.
- Salarios y beneficios adicionales para el personal encargado de realizar las pruebas.
- Entrenamiento inicial y capacitaciones continuas.
- Pérdidas por interrupción del trabajo en las salas de rayos x.
- Depreciación de equipos de rayos x.

Para compra del servicio:

- Pago de ejecución de pruebas
- Costo de materiales consumibles requeridos.
- Pérdidas por interrupción del trabajo en las salas de rayos x.
- Depreciación de equipos de rayos x

7.2 SELECCIÓN DE PLAZO DE VIDA

Cuando ya se hayan valorado todos los costos y estimado los beneficios para cada opción, debe escogerse un horizonte de tiempo para el proyecto. Este dependerá del número y naturaleza de las opciones a ser evaluadas. Para el caso tratado en este documento se asume un plazo de vida de 10 años, asumiendo que el transcurso de este período será suficiente para recuperar la inversión.

7.3 SELECCIÓN DE TASA DE INTERÉS

La tasa de interés representa el retorno alternativo que tendrían los fondos gastados si se colocaran en otro tipo de inversión. A mayor tasa de interés o “factor de descuento”, menor será el valor presente del dinero.

Aunque seleccionar una tasa de descuento puede resultar complejo, se escoge una tasa válida y fácil de determinar. Una tasa empleada comúnmente es la tasa que pagan a los ahorros bancarios a corto plazo, que para el análisis presentado será de 3.19%, que corresponde a la tasa de interés promedio en US Dólares ponderado por los bancos, durante los primeros 11 meses del año de 2004, a un aplazo de 30 días²⁴.

7.4 ESTABLECIMIENTO DEL FLUJO DE EFECTIVO

Para el análisis que se presenta se utiliza el método del Valor Actual Neto (VNA) puesto que esta técnica produce resultados válidos, más que en la mayoría de técnicas utilizadas en este tipo de análisis.

La fortaleza de esta técnica radica en el reconocimiento del valor cronológico del dinero, es decir el reconocimiento explícito que el dinero recibido o gastado hoy, no es equivalente a su valor en el futuro. El análisis VNA determina el valor actual de ciertos flujos de efectivo, a una tasa de interés seleccionada por el tomador de decisiones.

²⁴ Registros del Banco Central de Reserva de El Salvador

En el desarrollo de un análisis VNA, se requiere la cuantificación de tantos costos y beneficios como sea posible.

7.5 SELECCIÓN FINAL

En el desarrollo del análisis se determina el valor actual de cada flujo de ingresos y salidas de efectivo y se suman los resultados. El valor resultante constituye el VNA para la opción analizada. Por regla general, la opción con el menor VNA (o menor costo actual neto) será implementada.

7.6 APLICACIÓN DE UN ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Con los aspectos mencionados anteriormente se puede elaborar el análisis costo beneficio de tal forma que se ejemplifique numéricamente la relación costo beneficio.

El hospital pretende determinar la viabilidad de la implementación de un programa de control de calidad para sus equipos de rayos x convencionales y con fluoroscopia. Para ello debe evaluarse la opción de ejecutar el proyecto de forma interna, la de contratar una empresa que proporcione el servicio o la opción de no efectuar acción alguna y mantener las condiciones actuales del departamento de rayos x.

Para el análisis se deben considerar los factores siguientes:

7.6.1 Costo de las herramientas especializadas

Para el desempeño de cada una de las pruebas de calidad, es primordial disponer de ciertas herramientas especializadas²⁵, adquiribles comercialmente. El costo de

²⁵ Instrumentación mínima definida en el capítulo 2 del presente documento.

tales herramientas es un factor determinante puesto que este rubro representa la mayor parte de la inversión inicial.

Se define por tanto el costo total del kit²⁶, marca GAMEX RMI. Adicionalmente se puntualiza la lista de herramientas especializadas como mínimo a incluir en un kit para control de calidad, según se detalla a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
1	Radiographic fluoro kit 181C	7,125

Dichos kits contienen los instrumentos de prueba necesarios para realizar las rutinas de control de calidad a sistemas radiográficos, fluoroscópicos y tomográficos. Cada herramienta de prueba está diseñada para evaluar alguno de los parámetros importantes de la imagen dentro del sistema de rayos x.

El kit GAMEX 181C incluye:

- Un medidor digital de kVp
- Cronómetro digital
- Herramienta de prueba del punto focal.
- Set de atenuadores para la determinación del HVL
- Barra escalonada de aluminio
- Herramienta de prueba tomográfica
- Herramienta de prueba de resolución de alto contraste
- Herramienta de prueba del contacto pantalla-película
- Herramienta de prueba de alineación de rejilla
- Herramienta de prueba de resolución de bajo contraste
- Herramienta de prueba del colimador
- Herramienta de prueba de la alineación del haz
- Dosímetro de baja energía
- Cargador de dosímetro

²⁶ Definiéndose únicamente el precio de la marca comercial GAMEX RMI ya que ofrece la maleta más completa para llevar a cabo las pruebas.

Al precio anterior se le agrega \$50 Dólares en concepto de flete, más cargos bancarios, manejo y aduana, además de los impuestos. Resultando en un total de 7,887.5 Dólares en concepto de herramientas especializadas.

3.6.2 Costo de otras herramientas

Se define como todo el resto de herramientas comunes y de difundida comercialización; aunque de gran utilidad para el aseguramiento de las condiciones normales y requerimientos de las pruebas.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
1	Extensión eléctrica	2.5
1	Nivel de burbuja	3
1	Cinta métrica	4.5
Total en concepto de otras herramienta:		10

Resultando en un total de 10 Dólares en concepto de herramientas no especializadas para el control de calidad de equipos de radiodiagnóstico²⁷.

7.6.3 Costos de calibración

Este consiste en los costos incurridos para asegurar que el equipo adquirido mantenga sus porcentajes de error en las mediciones dentro de los rangos aceptables de acuerdo a las características del mismo, la calibración debe efectuarse con una frecuencia anual. Este costo se asume de 235 dólares incluyendo gastos de envío, en el supuesto que no requiera de cambio de algún repuesto.

7.6.4 Costos de los insumos

Se refiere al precio de los materiales consumidos durante la ejecución de un control de calidad para sistemas de radiodiagnóstico, tales como películas radiográficas, papel, bolígrafo, plumón, cinta adhesiva, etc.

²⁷ Almacén VIDRI S.A de C.V.

Se asume que el hospital cuenta con dos salas de rayos x y una sala con fluoroscopia, la frecuencia de los controles de calidad será anual, de donde se obtiene la cantidad de tres estudios de control de calidad a realizarse en un período de un año, uno para cada sala.

Para las pruebas se utiliza un promedio de 6 películas radiográficas por control de calidad a equipos de radiodiagnóstico convencionales, y de 25 películas radiográficas por control de calidad a sistemas de radiodiagnóstico con fluoroscopia (incluido un margen de error para aquellas a repetir), todas ellas en tamaño 8 x 10. Se estima entonces:

$$(6 \text{ películas} \times 2 \text{ estudios/año}) + (25 \text{ películas} \times 1 \text{ estudios/año}) = 37 \text{ películas/año}$$

Esta cifra representa la cantidad de películas radiográficas a utilizar anualmente en la institución para control de calidad de los equipos.

El promedio del precio comercial de este tamaño de películas es de 100 Dólares el paquete de 100 unidades, resultando un total de 37 Dólares anuales en concepto de películas radiográficas.

También se considera el gasto de químicos para el revelado de las películas que son producto de las pruebas.

El suministro de químicos comúnmente se presenta como un set de soluciones listas para su preparación cuyo precio promedio un por galón de químico revelador y un galón de químico fijador, es de 150 dólares. Estos al ser diluidos rinden aproximadamente 5 galones de químico revelador y 5 de fijador.

De la experiencia se conoce que mensualmente por cada procesadora se consumen 20 galones de químicos, revelador y fijador. Aunque este dato es proporcional y permanece sujeto a la cantidad de películas reveladas en el período de tiempo.

Para efectos de cálculo se definirá el gasto de químico por película revelada, nos auxiliaremos del hecho de que en promedio la tasa de refuerzo de una procesadora es de 60ml por película para químico revelador y de 80ml por película para el químico fijador, esto es asumiendo un ciclo de revelado de 120 seg.

Ahora se puede calcular el costo anual en químicos por revelado de películas:

$$(150 \text{ dólares}/10 \text{ galones diluidos de químico}) \times (1 \text{ galón } /3785.41 \text{ ml}) \times (80+60)\text{ml} / \text{ película} \times 37 \text{ películas} = 20.53 \text{ dólares}$$

Esta cantidad representa el costo monetario producido por el gasto de químicos en el proceso de revelado de las películas utilizadas durante el desarrollo de las pruebas.

Adicionalmente al costo de las películas a utilizar y de los químicos, se requiere una inversión de 3.95 Dólares según se detalla a continuación, para otros consumibles:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
1/5	Resma de papel Bond tamaño carta	0.80
1	Bolígrafo	0.25
1	Lápiz graso	1.10
1	Plumón permanente	0.80
1	Rollo de cinta adhesiva	1.00
Total en concepto de insumos:		3.95

El total de insumos es el siguiente:

Costo de películas	\$ 37
Costo debido a gasto de químicos	\$ 20.53
Costo de otros insumos	\$ 3.95

Total 61.48 Dólares en concepto de insumos.

7.6.5 Costo de recursos humanos

Se refiere al rubro de salarios cancelados al profesional o grupo de profesionales encargados de efectuar las rutinas de control de calidad en el equipo de radiodiagnóstico.

Con el fin de determinar un monto referente a este rubro se asume la siguiente acepción: Los profesionales encargados de la ejecución de las rutinas serán producto de un proceso de selección y contratación. Se estima un salario mensual de 300 Dólares que corresponde al salario promedio percibido por un técnico en mantenimiento, puesto que se asume que el nuevo personal pasará a formar parte de la planilla de personal de mantenimiento.

La suposición anterior obedece a la razón de que estos profesionales tendrán otras funciones dentro de la institución que solamente implementar los protocolos de control de calidad y su respectivo análisis, sino que efectuarán de igual manera, tal vez, mantenimientos preventivos y correctivos de baja complejidad en los equipos de radiodiagnóstico.

Si se asumen 8 horas laborales diarias, durante 5 días por semana y un promedio de 4 semanas en un mes:

$$8 \text{ (horas laborales/día)} \times 5 \text{ (días/semana)} \times 4 \text{ (semanas/mes)} = 160 \text{ horas laborales/mes}$$

Resultando en una tasa mensual de: $300 \text{ dólares} / 160 \text{ horas laborales} = \mathbf{1.88 \text{ Dólares}}$

Este valor se duplica si se consideran dos técnicos destinados a ejecutar el control. Así pues se obtiene una tasa de 3.76 dólares por hora laboral para un control de calidad.

Ahora, el tiempo invertido en la ejecución de control de calidad es de 3.5 horas (rayos x convencional o fluoroscopia) más un promedio de 4 horas para lectura de

placas y análisis de estas²⁸. Resultando un total 7.5 horas por estudio, pero tratándose de dos salas de rayos x convencionales y una sala con fluoroscopia, se obtiene:

7.5 (horas requeridas para el control) x 3 (salas) = 22.5 horas

Este es el tiempo que se requiere para ejecutar el control de calidad en todas las salas.

Si se conoce el valor monetario de la hora laboral de cada técnico (1.88dólares) y a su vez se conoce la cantidad de horas necesarias para llevar a cabo el control de calidad, se puede entonces determinar cuál es el costo total de salario para el personal destinado a ejecutar el control mediante la siguiente fórmula

$$\mathbf{C_{per}=Chl \times N \times T}$$

En donde:

C_{per}: Costo en pago a personal

Chl: Costo de hora laboral

N: número de personas necesarias para ejecutar el control de calidad

T: tiempo requerido para ejecutar el control

Aplicando la fórmula:

1.88 (dólares) x 2 (técnicos) x 22.5 (horas) = 84.6 dólares

A esta cantidad se le agrega el costo en concepto de capacitaciones que recibirá el personal encargado de desarrollar las pruebas de control de calidad, este costo se asume de 9000 dólares cada cinco años. Para fines prácticos se asumirá que es un profesional extranjero quien vendrá al país a capacitar a los dos técnicos.

Totalizando se obtiene:

²⁸ Este promedio de tiempo se obtuvo a partir del tiempo que se necesitó para desarrollar las pruebas del protocolo propuesto para El Salvador.

9000/ 5años dólares + 84.6 Dólares = 1,884.6 Dólares anuales en concepto de costo de recursos humanos.

7.6.6 Costo por interrupción del servicio

Una sala de radiodiagnóstico puede realizar un promedio de 2.3 estudios radiográficos regulares (asumiendo que no requieren utilización de medio de contraste) en un período de una hora. Y un promedio de 1.4 estudios fluorográficos en el mismo intervalo de tiempo²⁹. Implicando la no realización de 17.25 estudios por radiografía convencional durante el tiempo que se llevan a cabo las pruebas en una sala y 10.5 estudios fluoroscópicos. El total para las tres salas es de:

2.3 (estudios) x 7.5 (horas) x 2 (salas) = 34.5 estudios no realizados para las 2 salas de rayos x convencional.

Para el caso de la sala con fluoroscopia se tiene:

1.4 (estudios) x 7.5 (horas) = 10.5 estudios no realizados en la sala con fluoroscopia.

Si se suman ambas cantidades se tiene un total de 10.5+34.5 = 45 estudios no realizados en el total de las salas.

Tomando en cuenta que el promedio de ingreso para la institución, indiferentemente del estudio, es de 21 Dólares asumiendo que se trata una institución de la red nacional con función social, se totalizan:

45 (estudios) x 21 (dólares)= 945 dólares en concepto de interrupción del servicio de imágenes médicas.

7.6.7 Depreciación del equipo

Esta se define en términos del costo de un disparo en un equipo de rayos x.

En promedio el precio de un tubo para un equipo de rayos x convencional y con fluoroscopia es de alrededor de 30,000 dólares, fabricado para realizar una cantidad de 60,000 disparos bajo garantía y una vida útil de entre 2 y 5 años. Los

²⁹ Departamento de Imágenes Médicas, Hospital Nacional San Rafael.

datos anteriores están sujetos a variaciones debido al uso y factores externos al equipo.

Del dato anterior se obtiene: $30,000 \text{ precio del equipo} / 60,000 \text{ disparos} = 0.5 \text{ dólares/disparo}$

Suponiendo que no se tiene la necesidad de repeticiones de disparos durante la realización de las pruebas de control de calidad se incurre en un costo de:

$37 \text{ disparos/control de calidad} * 0.5 \text{ dólares/disparo} = \underline{18.5} \text{ Dólares por control de calidad en concepto de depreciación del equipo.}$

7.6.8 Imprevistos

Este concepto se refiere a un porcentaje adicional al total de los costos monetarios para la implementación del control de calidad. Este porcentaje abarcaría cualquier gasto no considerado en los apartados anteriores, y se asume de 25% de la inversión inicial. Como criterio propio se incluye este costo en el estudio cada cinco años.

7.6.9 Costos por repetición de estudios en ausencia de control de calidad

Basado en la experiencia, dentro de una sala de rayos x se tiene una tasa de rechazo de películas de 8% mensual, lo anterior debido a problemas en el equipo y técnicas erradas. La tasa de rechazo aceptable debe ser menor a dos por ciento³⁰. Esta repetición implica otros costos como el acortamiento de la vida útil del equipo (contemplado en la depreciación), gasto de químicos, gasto de películas radiográficas y disminución del flujo de trabajo, este último aspecto se traduce en un costo de interrupción de trabajo.

Si se aplica este porcentaje en todos los factores relacionados se tiene:

De la experiencia se conoce que mensualmente se consumen, por reveladora, 20 y 20 galones de químico revelador y químico fijador, traduciéndose en 480 galones de químicos consumidos anualmente. El costo de 5 y 5 galones diluidos de

³⁰ Porcentaje propuesto por UNRA.

químicos reveladores y fijadores es de 150 dólares. Obteniendo un gasto anual en concepto de químicos de:

$480 \text{ galones} * 150 \text{ dólares}/10 \text{ galones} = 7,200 \text{ dólares}$, de los cuales se desperdician el 8%, resultando un total de costo por desperdicio de químicos de $7200 * 0.08 = \underline{576}$ dólares anuales por reveladora. Suponiendo para el total de tres salas de la institución dos reveladoras, totaliza 1,152 dólares.

En promedio la cantidad de películas consumidas es de alrededor de 1200 mensuales, representando un total de 14,400 películas radiográficas anuales.

$40 \text{ galones consumidos por reveladora} * 3785.41 \text{ mL/galón} * \text{película}/140 \text{ mL} = 1081.5 \text{ películas}$.

El desperdicio en películas resulta de:

$14400 \text{ películas anuales} * 0.08 = 1,152 \text{ películas}$ a un precio aproximado de un dólar. 1,152 dólares por sala, totalizando: 3,456 dólares anuales.

El número de películas reveladas se puede suponer representativo, de igual manera, al número de exposiciones realizadas. Conociendo que el costo por exposición es de aproximadamente 0.5 dólares, retomamos el valor de 3,456 exposiciones innecesarias. Totalizando 1,728 dólares.

La cantidad de dinero desperdiciado implícito al número de horas perdidas por repetición de estudios resulta de:

$3.7 \text{ estudios/hora} * 8 \text{ horas/día} * 5 \text{ días/semana} * 52 \text{ semanas/año} = 7,696 \text{ estudios/año}$, lo anterior debido a que es durante este período de tiempo que se presenta la mayor afluencia de pacientes en la institución. Conociendo que en promedio se percibe una cantidad de 21 dólares por estudio, obtenemos:

$7,696 \text{ estudios/año} * 21 \text{ dólares/estudio} = 161,616 \text{ dólares anuales}$. Resultando una pérdida de:

$161,616 \text{ dólares} * 0.08 = \underline{12,929.28}$ dólares.

7.6.10 Costos por frecuencia de mantenimientos correctivos

De los registros de los mantenimientos proporcionados a las salas de radiodiagnóstico de los hospitales bajo estudio, se observa que se le han brindado un promedio de 1.3 mantenimientos correctivos anualmente (indiferentemente la sala), resultando en un promedio de alrededor de 5,000 Dólares en concepto de compra de repuestos y mano de obra, a este valor es necesario agregarle el período de tiempo de in operabilidad de la sala.

El tiempo promedio anual en que el equipo se halla fuera de servicio de 46.8 días, significando 1,123.2 horas fuera de uso (debido a que el servicio funciona 24 horas bajo condiciones normales); retomando el dato de 2.3 estudios radiográficos convencionales y 1.4 estudios fluorográficos realizados en un período de una hora y el ingreso promedio por estudio para la institución de 21 Dólares. Tomando en cuenta que no las 24 horas se reciben estudios sino normalmente la tercera parte de ese tiempo (horas hábiles) produce para los efectos de cálculo un total de 374.4 horas de in operabilidad derivándose 18,083.52 Dólares o 11,007.36 Dólares en concepto de pérdida para la institución para el caso de una falla en el equipo de rayos x convencional o con fluoroscopia, respectivamente. Añadido el valor de la compra de repuestos resulta un total de pérdida de entre 16,007.36 y 23,083.52 Dólares. Para efectos prácticos usaremos el valor promedio de 19,545.44 dólares anuales en concepto de in operabilidad por ejecución de mantenimientos correctivos, los cuales debido a criterio propio retomaremos cada tres años.

El cálculo anterior puede resultar un tanto subjetivo por basarse ocasionalmente en supuestos, aunque resulta una suposición válida de las fallas y costos concernientes por estar fundamentado en estadísticas del servicio de imágenes médicas y experiencia de profesionales en el campo.

7.6.11 APLICACIÓN DEL VALOR ACTUAL NETO

Para aplicar la técnica VNA se definen las diferentes opciones de las cuales se dispone y los costos asociados con cada una de ellas. Estos costos definirán la conveniencia de cualquier opción, es decir que se escogerá la opción menor VNA, ya que este se representará en función de costos

OPCIÓN A

De las tres tablas presentadas anteriormente se observa el beneficio económico de la implementación de un programa de control de calidad en una institución para el cuidado de la salud, a partir de la comparación de no realizar acción alguna. Es decir que si se compara el valor actual neto de la segunda tabla (opción B: no

implementar el control de calidad) con el valor actual neto de la primera (opción A: implementar el control de calidad de forma interna a la institución) es evidente que la opción B posee un valor actual neto mucho mayor que la opción A, y como se ha planteado estos valores representan los costos del proyecto traídos al presente, por tanto la mejor opción será la de menor VNA. Luego, la opción C representa mayor conveniencia puesto su valor actual es menor que el de las otras opciones.

Con esto se puede concluir que si la institución está interesada en evitar gastos monetarios en sus salas de rayos x, deberá tomar la opción de implementar el control de calidad. Luego si se pretendiese conocer qué es más conveniente, si comprar el servicio o llevar a cabo el control de calidad de forma interna, se muestra que para este caso la mejor opción es comprar el servicio a una empresa. También se observa que los valores de VNA aumentarán en forma proporcional al número de salas que posea la institución.

El plazo de vida del proyecto se puede redefinir para que se finalice el análisis en el momento en el cual se empieza a recuperar la inversión. A partir del año en que se percibe el beneficio de recuperación de inversión en adelante todo es ingreso, que para este caso un ingreso es tratado como el ahorro que implica disminuir un costo.

Para retroalimentar el parámetro de vida del proyecto se requiere elaborar un cuadro que represente los ahorros generados bajo la asunción de que el control de calidad reducirá en un seis por ciento la tasa de rechazo mensual y que disminuirá la frecuencia de los costos por mantenimientos correctivos desde un valor de 3 años hasta un valor de 4 años, con lo que se puede generar un flujo de efectivo para esta nueva tasa de rechazo y comparar el resultado con una de las opciones de implementar el control de calidad, para este caso se escogió la opción A que posee la inversión inicial más alta:

IMPLEMENTACION INTERNA DEL PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9			
Equipo y herramientas especializadas	\$ 7.887,50												
Otras herramientas	\$ 10,00												
Insumos	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48	\$ 61,48			
Recursos humanos	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60	\$ 1.884,60			
Interrupción del servicio	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00	\$ 945,00			
Calibración de equipo		\$ 235,00	\$ 235,00	\$ 235,00	\$ 235,00	\$ 235,00	\$ 235,00	\$ 235,00	\$ 235,00	\$ 235,00			
Depreciación del equipo	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50	\$ 18,50			
Imprevistos					\$ 2.701,77						\$ 2.701,77		
Total	\$10.807,08	\$ 3.144,58	\$ 3.144,58	\$ 3.144,58	\$ 5.846,35	\$ 3.144,58	\$ 3.144,58	\$ 3.144,58	\$ 3.144,58	\$ 3.144,58	\$ 5.846,35	3,19%	Tasa de interés
	\$10.472,99	\$13.426,15	\$16.288,02	\$19.061,42	\$24.058,28	\$26.662,85	\$29.186,91	\$31.632,94	\$34.003,35	\$38.274,15		VNA a través del tiempo	

REDUCCIÓN EN UN 6% LA TASA DE RECHAZO MENSUAL

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9			
Gasto de químicos	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00	\$ 864,00			
Gasto de películas	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00			
Depreciación innecesaria	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00	\$ 1.296,00			
Ingresos no percibidos	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96	\$ 9.696,96			
In operabilidad por manttos. Correctivos				\$19.545,44				\$19.545,44					
Total	\$14.448,96	\$14.448,96	\$14.448,96	\$33.994,40	\$14.448,96	\$14.448,96	\$14.448,96	\$33.994,40	\$14.448,96	\$14.448,96	\$14.448,96	3,19%	Tasa de interés
	\$14.002,29	\$27.571,71	\$40.721,65	\$70.703,40	\$83.052,87	\$95.020,58	\$106.618,32	\$133.061,06	\$143.952,82	\$154.507,87		VNA a través del tiempo	

NOTA: Cada valor en la tabla de reducción de tasa de rechazo representa una cantidad de ahorro, no de costo. Por tanto el VNA de este flujo de efectivo es un valor de ahorro de costos.

Si se implementa el control de calidad existen ciertos costos reflejados para cada año, y se pretende conocer en que momento el ahorro logra compensar estos costos, y según la tabla anterior, en el flujo de efectivo para el primer año se observa que los ahorros representan una cantidad mayor a los costos generados por la inversión. Es evidente entonces que el control de calidad será rentable desde el primer año de su implementación.

Aunque la inversión monetaria para un programa de control de calidad para equipos de radiodiagnóstico es significativa, de igual manera son obvios los beneficios de la aplicación de dicho proyecto en el establecimiento para la salud. Entre estos beneficios se puede mencionar:

- El control de calidad arroja una serie de pruebas palpables acerca de la situación o condiciones de las tecnologías dentro del departamento, y de los resultados de tal control se puede observar si el uso de dichas tecnologías, produce beneficios que compensen el posible detrimento que puede generar el uso de las radiaciones ionizantes.
- Mediante el control de calidad, el departamento de rayos x puede prever aumentos en las dosis a los pacientes, debido a malas condiciones de las tecnologías. Situación que implica un ahorro a largo plazo en los costos de operación del departamento, y sobretodo produce un beneficio directo para los pacientes.
- Por otro lado, el control de calidad permite la aseguranza de imágenes con calidad para su correcta evaluación, con el objetivo de eliminar o disminuir la cantidad de diagnósticos erróneos producidos por calidad pobre en las imágenes adjudicadas al funcionamiento de los equipos.

- Adicionalmente, el control de calidad permite efectuar un monitoreo de las tecnologías, y si se combina con un mantenimiento preventivo adecuado, se puede lograr la prolongación de la vida útil de los equipos. Esto se traduce en un ahorro a largo plazo para la institución.

Todos los puntos tratados se convierten en un bloque de ventajas de un control de calidad, que apuntan hacia un solo objetivo que es el paciente, es decir, que desde cualquier punto que se trate, el programa de control de calidad implica beneficios para los pacientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se presentan se han agrupado por institución evaluada y tratan un parámetro específico de los equipos o de las instalaciones. Pero es importante mencionar que la recomendación de calibración o revisión de un parámetro no es excluyente, es decir que, por ejemplo, en caso de que se recomiende la calibración de una estación de corriente, es recomendable que así también se revise el resto de estaciones de corriente para dicho equipo.

Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom

Sala numero uno

- Se recomienda alinear el haz de luz con el campo de radiación en el colimador.

Sala numero dos

- Se recomienda verificar las estaciones de selección de tiempo para valores superiores a 1/10.

Sala numero tres

- Ninguna a la fecha.

Ambientes:

- Se recomienda la implementación de un programa de garantía de calidad para procesadoras y cuarto oscuro.

- Se recomienda una señalización preventiva adecuada para cada una de las salas.

Hospital Nacional Rosales

Equipos:

Sala numero uno

- Se recomienda alinear el haz de luz con respecto al haz de radiación (no existe campo de luz).
- Se recomienda revisar el funcionamiento de todos los mandos de control.
- Se recomienda calibrar cada una de las estaciones de corriente, y la estación de 40 kV.

Sala numero dos

- Se recomienda alinear la luz del colimador con respecto al haz de radiación.
- Se recomienda calibrar las estaciones de corriente inferiores a 100 mA.
- Se recomienda calibrar las estaciones de tiempo inferiores a 1/40.

Sala numero tres

- Se recomienda la calibración de cada una de las estaciones de corrientes mínimas y máximas.

Sala numero cuatro

- Se recomienda la calibración de las estaciones de corriente con valores abajo de 100 mA y las estaciones de tiempo inferiores a 1/40.

Sala numero uno de emergencia

- Para el equipo instalado en la sala uno de emergencia se recomienda alinear el campo de luz con el campo de radiación así como el haz central de radiación.
- Se recomienda calibrar las estaciones de corriente inferiores a los 200 mA y las estaciones de tiempos bajos.

Sala numero dos de emergencia

- Se recomienda calibrar las estaciones de tiempos bajos y revisar la calibración de las estaciones de corriente.

Ambientes:

- Se recomienda la implementación de un programa de garantía de calidad para procesadoras y cuarto oscuro.
- Se recomienda una señalización preventiva adecuada para cada una de las salas.
- Se observaron deficiencias en el blindaje de las salas uno y tres, tales como la ausencia de puerta blindada en la sala uno y huecos en las paredes hacia el pasillo exterior, por tanto se recomienda la mejora en la protección radiológica para ambas salas.

Hospital Pro-Familia**Sala numero uno**

- Se recomienda alinear el haz de luz con respecto al haz de radiación así como el haz central de radiación.
- Se recomienda calibrar las estaciones de selección de corriente inferiores a 50mA.

Sala numero dos

- Se recomienda calibrar las estaciones de selección de corriente inferiores a 50mA así como las estaciones de bajo kV.

Ambientes:

- Se recomienda la implementación de un programa de garantía de calidad para procesadoras y cuarto oscuro.
- Se recomienda una señalización preventiva adecuada para cada una de las salas.

CONCLUSIONES GENERALES

- La implementación de un programa de garantía de calidad aporta beneficios a corto y largo plazo tales como la reducción de exámenes repetidos, ahorro de materiales consumibles, alargamiento de la vida útil de los equipos, reducción en la exposición ocupacional, médica y de público.

- Las pruebas de control de calidad constituyen una forma de auditar la calidad de los servicios que brindan las empresas de mantenimiento, lo cual fomenta una cultura de seguridad pues genera mayor exigencia por parte de los titulares de los servicios de radiodiagnóstico, en cuanto a la atención que brindan las empresas de soporte técnico. Es decir, que se logra la inclusión de chequeos, reparaciones, ajustes y calibraciones de forma regular en los equipos.
- Los adelantos tecnológicos hacen necesaria la continua revisión y renovación de los protocolos de control de calidad, ya que con el surgimiento de nuevos modos de operación de los equipos y con la extinción de otros, se requerirá la aplicación de protocolos distintos a los propuestos en este documento.
- Los resultados de los protocolos de control de calidad poseen criterios de aceptación que no están ajustados de acuerdo a la antigüedad de los equipos, ni a las capacidades económicas de las instalaciones evaluadas. Es decir, que los criterios de aceptación se han manejado con equidad para todas las instalaciones y esto provoca que se recomienden aspectos que no se puedan lograr a corto plazo por la institución, por tanto, es trabajo de la autoridad competente el seguimiento de las recomendaciones hechas durante la aplicación de los protocolos.
- Existe la necesidad de un entrenamiento adecuado y constante a los usuarios y al personal encargado de la ejecución de las pruebas de control de calidad, como parte de un proceso completo de optimización, para lograr la aplicación correcta del aseguramiento de la calidad.
- El programa de control de calidad es una herramienta importante para lograr optimizar la operación de los equipos con bajo costo y sin sacrificar la

calidad de imagen. Es decir, que si se aplica la metodología de la medición de parámetros y su comparación con valores de referencia, el control de calidad es capaz de detectar deficiencias y hacer que se generen acciones correctivas.

- Es importante adoptar un programa de garantía de calidad para equipos médicos ya que de esta forma los controles de calidad de dicho equipos se realizaran en función de su necesidad misma y no por la necesidad de complementar requisitos administrativos.
- Los controles de calidad deben realizarse posteriormente a los mantenimientos correctivos importantes de los equipos ya que de esta forma se garantiza que las correcciones hechas al equipo no ocasionan desajustes imprevistos.

ANEXO I

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA UN EQUIPO DE RADIODIAGNÓSTICO
MÉDICO IDEAL**

1. GENERADOR DE ALTA TENSIÓN

Conexión a la red

Se requiere un toma corriente de pared o un generador separado de ca de 50/60 Hz, que pueda suministrar 2.3 kW dentro de un 10%. Esto corresponde a valores nominales de 10 A a 230 V o de 20 A a 115 V.

También son aceptables las soluciones sin conexión a la red, utilizando una batería con otro tipo de carga; por ejemplo, de celdas solares o un generador de CA pequeño.

Almacenamiento de energía

La capacidad de potencia del generador de rayos X debe ser mucho mayor que la potencia instantánea (2.3 kW) disponible de la fuente de CA descrita anteriormente. En consecuencia el generador de alta tensión debe tener una unidad integrada de almacenamiento de energía, para que actúe en disparos que requieran mayor potencia. No se recomiendan generadores sin almacenamiento de energía cuando van a ser operados directamente de la red.

Es preferible emplear una batería para el almacenamiento de energía, pero también pueden ser aceptables otros métodos, como grandes condensadores en el lado del primario del transformador de alta tensión.

Consola de control del generador

Los controles mínimos que se deben tener son los siguientes: encendido/apagado (ON-OFF), selector de kV, selector de mAs, rotación del ánodo y exposición. El interruptor de exposición debe estar montado en la consola de control de modo que durante las exposiciones, el operador deba ubicarse detrás de una barrera protectora o de una pared. Los valores seleccionados para kV y mAs se deben mostrar antes y después de la exposición. Es recomendable que se tenga una señal luminosa que indique si el generador está PREPARADO (READY) para la carga del tubo seleccionada. La carga real del tubo (exposición) se debe indicar con una señal luminosa o sonora.

Voltaje nominal del tubo de rayos X

El voltaje nominal del tubo de rayos X debe ser al menos de 120 kV.

El generador de alta tensión debe tener circuitos que protejan automáticamente al tubo de rayos X de una sobrecarga, ya sea de tensión o de temperatura.

Corriente del tubo de rayos X disponible

La corriente del tubo debe ser mayor o igual a 100 mA.

Selección de los factores de carga

La selección de los factores de carga (exposición) se optimiza limitando los valores de kV y mAs. Los valores de tiempo de exposición y de mA no se fijan por separado, sino como productos de tiempo y corriente (valores mAs). El tiempo de exposición más corto posible y el valor más alto posible de mA deben ser seleccionados automáticamente para cada valor de mAs usado.

La información adecuada sobre cuáles son los factores de carga (kV y mAs) del tubo de rayos X que se emplean debe estar disponible para el operador antes, durante y después de la carga del tubo.

a) Los valores del voltaje del tubo de rayos X se deben medir como kilovoltaje pico pero se indicarán como kilovoltios (kV), porque el rizado del voltaje no es más que 4%.

Valores recomendados de la tensión del tubo de rayos X: 46-53-(60)-70-80-90-(100)- 120 kV

Nota: Se requieren 60 kV y 100 kV para efectos de prueba, pero no son necesarios para uso clínico. No es aceptable un mayor número de pasos de kV o una tensión del tubo continuamente variable. El valor seleccionado de kV no debe disminuir más de un 5 % del valor inicial durante la exposición.

b) Los valores de la corriente del tubo de rayos X deben seleccionarse automáticamente y no mostrarse. Si la corriente del tubo es constante durante la exposición, su valor mínimo debe ser de 100 mA. Si la corriente del tubo desciende durante la exposición, el valor inicial deberá estar en el intervalo de 200 - 320 mA.

c) Los valores del tiempo de carga (tiempo de exposición) no necesitan mostrarse. El tiempo más corto de exposición reproducible (medido como el tiempo durante el cual el kV es 75% del valor seleccionado) debe ser de 5 ms o menor. No se permiten tiempos de exposición mayores a 2,5 segundos.

d) Los valores del producto tiempo-corriente se indican en miliamperio-segundos (mAs) y se eligen en múltiplos decimales y submúltiplos de los valores siguientes:

1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6.3	8
---	------	-----	---	-----	-----	---	---	-----	---

El rango mínimo de valores fijos de mAs a emplear es el siguiente:

							0,5	0.63	0,8
l	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6.3	8
10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80
100	125	160	200	250	(320)				

Nota: No se requiere que todo el rango de valores de mAs esté disponible para todas las tensiones del tubo.

e) Los productos precalculados de tiempo-corriente deben mostrarse en la consola de control. Debe indicarse el valor más bajo de mAs que esté dentro de los intervalos específicos de cumplimiento para la linealidad y constancia.

Nota: Esta información es muy importante. La pérdida de energía en el circuito de alta tensión puede ser del orden de 0,06 kW en cada exposición, lo que corresponde a 0,5 mAs a 120 kV (la combinación más baja posible de factores de carga usada en radiografía de tórax).

2. TUBO DE RAYOS X

Debido al largo tiempo requerido generalmente para cambiar un tubo de rayos X en una ubicación remota y el costo muy alto de reemplazo del tubo. La longevidad del tubo de rayos X es una característica muy importante. Un tubo de rayos X debe tener características de diseño que promueven una vida larga del tubo; por ejemplo, un diámetro del ánodo grande y una aleación de renio/wolframio en la superficie del ánodo.

Punto focal

Debe emplearse un ánodo rotatorio. El punto focal del tubo de rayos X debe tener un tamaño nominal no mayor a 1 mm.

Ángulo del ánodo

El ángulo del ánodo debe estar en el intervalo de 12-15°. No se da ninguna recomendación especial acerca del diámetro del ánodo o la velocidad de rotación. Un ángulo del ánodo de 12° permite fácilmente un campo de irradiación de 45 x 45 cm sin efecto talón visible en las condiciones de trabajo esperadas.

El envejecimiento del ánodo depende mucho de cómo puede resistir el calor. Los ánodos hechos de wolframio puro quizás no cumplan con los requisitos especificados en este párrafo. No se dispone de cifras confiables de la disminución de rendimiento del ánodo por uso clínico normal. La tasa de rendimiento de un blanco de wolframio conteniendo 10% de renio y 90% de wolframio disminuye en un 25% de la tasa para un blanco puro de wolframio. La vida general de un blanco de 90/10% de wolframio/renio es cerca de 4 veces más larga que la de un blanco puro de wolframio.

Capacidad de tubos

La capacidad de alta tensión del tubo de rayos X debe ser 125 kV como mínimo.

Filtración de tubos

La filtración total (inherente + agregada) debe estar dentro del intervalo de 3-4 mm Al. La filtración se determina midiendo la capa hemirreductora de la radiación emergente.

Colimador del haz, de radiación

Se recomienda emplear un colimador estándar, de multiplano con un haz luminoso. Debe prestarse una atención especial a las siguientes características:

- Los controles deben tener indicadores de formato confiables (por ejemplo para 12, 18, 24, 35 y 43 cm) para una distancia de foco-película de 140 cm, con el objeto de que el colimador pueda emplearse también en caso de falla de corriente eléctrica o si se funde la bombilla del colimador.
- Resulta ventajoso que los controles del colimador no estén a más de 110 cm de la pared frontal del soporte del chasis, permitiendo que una persona no más alta de 155 cm los pueda alcanzar cuando el tubo de rayos X esté en la posición normal para el examen de un paciente reclinado en una mesa de 70 cm de altura.
- El colimador debe estar diseñado de tal manera que la bombilla pueda reemplazarse en la misma posición sin usar herramientas especiales.
- Deben proporcionarse suficientes bombillas extras para el colimador para un consumo de unos 10 años.

3. ESPECIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE RAYOS X

Descripción general

La unidad de examen consta de un soporte del tubo de rayos X y del soporte del chasis, llamado generalmente el brazo de soporte y una mesa de pacientes.

La unidad de examen combina las funciones de una unidad de tórax, un bucky vertical y una mesa con el brazo de soporte del tubo de rayos X. Debe permitir el

uso del haz de rayos X horizontal, vertical y angulado con los pacientes reclinados, sentados y de pie; también en las situaciones de emergencia.

Soporte del tubo de rayos X y del chasis

Es necesario emplear un diseño del brazo que asegure que el tubo de rayos X siempre pueda estar conectado al portachasis de una manera rígida y estable, proporcionando un centrado del haz de rayos X preciso y sencillo.

Portachasis

El portachasis debe fijarse en un ángulo recto con respecto al haz de rayos X central y debe aceptar cualquier formato estándar de chasis en la posición longitudinal y transversal.

Debe ser posible cambiar el chasis con mínima dificultad, incluso cuando el haz de rayos X se emplea en la dirección vertical con la mesa ubicada sobre el portachasis.

Debe permitir una carga de al menos 15 kg sin movimientos indeseados hacia abajo o pérdida de alineación de la rejilla focalizada.

Rejilla antidifusora

La rejilla antidifusora debe estar focalizada a una distancia de 135-140 cm. La relación de la rejilla debe ser 10:1 con una densidad de líneas de 40-60 líneas/cm.. Una rejilla con 40 líneas/cm es satisfactoria y prácticamente invisible cuando está focalizada correctamente y cuando la película resultante se mira a una distancia mayor de 30 cm. Una rejilla de plomo con aluminio intercalado es ventajosa en el intervalo de 90-120 kV y aceptable en el intervalo de 70-80 kV.

Las rejillas que emplean fibra de carbono como material intercalado generalmente vienen con al menos 60 líneas/cm. Son ventajosas en el intervalo de 53-70 kV pero no son igualmente eficaces (produciendo un contraste inferior) en el intervalo de 90-120 kV.

Mesa de examen

La tapa de la mesa será rígida y podrá soportar un peso de pacientes de 110 kg, sentados en la mitad de la mesa, sin distorsión apreciable. La densidad equivalente de la tapa de la mesa no debe ser más de 1 mm de Al.

El diseño de la mesa debe permitir el uso del portachasis en la posición horizontal bajo la mesa, de manera que la distancia entre la tapa de la mesa y el plano de película no exceda 8 cm.

Resumen de las dimensiones críticas de la unidad de examen

Distancia foco-película	140 cm
Movimiento lateral posible mínimo de la mesa de pacientes con respecto al haz de rayos X vertical:	± 12 cm del haz de rayos X central distancia mínima del brazo al haz de rayos X central: 25 cm
Angulación del brazo del tubo/portachasis desde las posiciones vertical y horizontal: - Freno para la rotación del brazo - Freno para el ajuste de la altura (opción adicional) - Distancia del pivote al haz central de rayos X	$\pm 30^\circ$ mecánico mecánico(freno electromagnético)
Altura sobre el piso para el haz horizontal:	variable: min. 50-170 cm
Portachasis - Distancia entre la pared frontal y la película: - Formatos de chasis:	2-3 cm pequeño, intermedio, largo y grande
Mesa de pacientes: Ancho de la mesa Longitud de la mesa Altura de la mesa Equivalencia de densidad de la tapa de la mesa Distancia de la tapa de la mesa a la película	65-70 cm 200-210 cm 70cm \pm 1 cm 1 mm Al o menos máximo 8 cm

sin angulación del tubo de rayos X:	
-------------------------------------	--

4. DISPOSITIVOS PROTECTORES

Se recomienda que la consola de control esté instalada detrás de una pantalla o pared protectora, que separe un área de la sala de radiografía, suficientemente grande para dos personas. La equivalencia de plomo de la pared no debe ser menor de 0,5 mm Pb.

La pantalla o pared debe tener una ventana de vidrio plomado, ajustada a la altura promedio de un técnico de rayos X de pie, proporcionando una buena visibilidad del paciente que se está examinando. La ventana de vidrio plomado puede ser tan pequeña como de 30 x 30 cm en una pantalla delgada, pero debe ser al menos de 40 x 50 cm en una pared de ladrillo.

ANEXO II

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ORGANIZACIÓN, DESARROLLO, GARANTÍA DE CALIDAD Y RADIOPROTECCIÓN EN LOS SERVICIOS DE RADIOLOGÍA: IMAGINOLOGÍA Y RADIOTERAPIA. Organización

Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud; Editor: Cari Borrás;
Diciembre 1997

[2] INSTRUMENTATION REQUIREMENTS OF DIAGNOSTIC RADIOLOGICAL PHYSICISTS. American Association of Physicists in Medicine. Report No. 60. Report of Task Group 4 Diagnostic X-Ray Imaging Committee. 1998

[3] FUNDAMENTOS DE LA IMAGEN RADIOGRÁFICA, Dpto. de Productos Radiográficos Kodak.

[4] Elementos de Radiografía, Kodak, 1980

[5] FILM PROCESSING IN MEDICAL IMAGING, Arthur G. Haus Editor, Medical Physics Publishing, 1993

[6] CAHOON'S FORMULATING X-RAY TECHNIQUES, Thomas T. Thompson, ninth edition, Duke University Press, 1979

[7] THE PHYSICS OF RADIOLOGY, Harold Elford Johns, 4a. edición, Charles Cthomas publisher.

[8] ATLAS DE POSICIONES RADIOGRÁFICAS Y PROCEDIMIENTOS RADIOLÓGICOS, Philip W. Ballinger.

[9] ESPACIO VIRTUAL DE LA FISICA, Escuela de Fisica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, ISSN 1659-100.

[10] REUNION EUROPEA SOBRE FORMACION EN FISICA MÉDICA, Sociedad Española de Fisica Médica.

[11] ESTUDIO, ANALISIS Y RECOMENDACIONES DE LAS PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES DE USO RADIODIAGNÓSTICO. Tesis Universidad Don Bosco, Ing. Fernando Garay. 2001.

[12] CHRISTENSEN'S PHYSICS OF DIAGNOSTIC RADIOLOGY, THOMAS S. CURRY, III; JAMES E. DOWDEY; ROBERT C. MURRY, JR; 1990, Cuarta Edición, editorial Williams & Wilkins.

[13] REGLAMENTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, El Salvador.

[14] CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS DE RAYOS X EXCLUSIVO PARA EQUIPOS ESTACIONARIOS. Tesis Universidad Don Bosco, Ing. Guillermo Medrano, 1999.

[15] GAMMEX RMI "Quality Control in Diagnostic Radiology" (Catalogue), USA.

[16] QUALITY CONTROL IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY. American Association of Physicists in Medicine. Report No. 74. Report of Task Group 12 Diagnostic X-Ray Imaging Committee. 1998

[17] CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS DE RADIOGRAFÍA, Guía Técnica CCEEM GT-07, Ministerio de Salud Pública, Centro de Control Estatal de Equipos Médicos,1998.

[18] CONTROL DE CALIDAD DE CUARTOS OSCUROS Y DISPOSITIVOS DE VISUALIZACIÓN DE IMAGEN. Guía Técnica CCEEM GT-09, Ministerio de Salud Pública, Centro de Control Estatal de Equipos Médicos,1998.

[19] PROTOCOLO ESPAÑOL DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO. 2002

