



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**  
**CARRERA DE BIOFÍSICA**

**ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE EL USO DEL FANTOMA DE ACREDITACIÓN MAMOGRÁFICO MODELO 156 PARA EL EQUIPO DE MAMOGRAFÍA MODELO MAMMOMAT 3000 NOVA DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES FUERZAS ARMADAS NO.1**

Tesis de grado previo a la obtención del título de:

**BIOFÍSICA**

**AUTOR: JESSICA MARLENE FARES SIMBAÑA**

**TUTOR: DR. FREDDY BENALCÁZAR**

Riobamba-Ecuador

2015

Yo, Jessica Marlene Fares Simbaña soy responsable de las nociones, pensamientos y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE EL USO DEL FANTOMA DE ACREDITACIÓN MAMOGRÁFICO MODELO 156 PARA EL EQUIPO DE MAMOGRAFÍA MODELO MAMMOMAT 3000 NOVA DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES FUERZAS ARMADAS NO.1, de responsabilidad de la señorita Jessica Marlene Fares Simbaña, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

**FECHA**

**FIRMA**

**Dr. Freddy Benalcázar**  
**DIRECTOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Dra. Myrian Borja**  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTA FINAL**

\_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTO**

A mi querido padre celestial Jehová por ser el apoyo incondicional de mi vida.

A mis padres Roberto y Carmen, mis hermanos Bryan, Jhoana y Daniela por el apoyo recibido en cada etapa de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a los docentes de la escuela de Física y Matemática que contribuyeron a mi formación académica y personal.

A mi asesor docente Dr. Freddy Benalcázar por su empeño y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia y motivación han cooperado en la elaboración de este proyecto de investigación.

Al Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1, especialmente a los Físicos Médicos: Ing. Juan Velasco, Ing. Elizabeth Hidalgo, al comité de Bioética, a la dirección de Seguridad Radiológica y a la unidad de Mamografía, por la colaboración en este trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios, mis padres Roberto y Carmen, mí querida abuelita Humbelina, mis amigas Gladys, Silvia, Gaby y Betty.

## TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Páginas
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	6
1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Mamografía.....	6
1.1.1 <i>Cáncer de mama</i> .....	6
1,1,1,1 <i>Anatomía de la mama</i> .....	6
1,1,1,2 <i>Definición de cáncer de mama</i> .....	8
1.1.2 <i>Programas de Screening</i> .....	9
1,1,2,1 <i>Ministerio de Salud</i> .....	9
1,1,2,2 <i>Club de Leones</i> .....	10
1,1,2,3 <i>Fundación Poly Ugarte</i> .....	10
1,1,2,4 <i>Cepreme</i> .....	10
1.1.3 <i>¿Qué es la mamografía?</i> .....	11
1,1,3,1 <i>Características de la mamografía</i> .....	11
1,1,3,2 <i>Técnica de estudio mamográfico</i> .....	11
1,1,3,3 <i>Uso de la mamografía</i> .....	17
1,1,3,3,1 <i>Mamografía de tamizaje o de exploración</i> .....	17
1,1,3,3,2 <i>Mamografía de diagnóstico</i> .....	18
1.1.4 <i>Tipos de equipos de mamografía</i> .....	18
1,1,4,1 <i>Mamografía Analógica</i> .....	18
1,1,4,2 <i>Mamografía Digitalizada</i> .....	19
1,1,4,3 <i>Mamografía Digital</i> .....	20
1.1.5 <i>Mamógrafo Modelo Mammomat 3000 Nova</i> .....	22
1.1.6 <i>Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156</i> .....	26
CAPITULO II.....	28
2. MARCO METODOLOGICO.....	28
2.1 <b>Protocolos Internacionales de Control de Calidad Mamográfico</b> .....	28
2.1.1 <i>Procesos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico</i> .....	28

2,1,1,1	<i>Pruebas de seguridad del equipo</i> .....	28
2,1,1,2	<i>Prueba de almacenamiento de películas</i> .....	28
2,1,1,3	<i>Prueba del sistema de imagen</i> .....	29
2,1,1,4	<i>Pruebas del generador y tubo de rayos X</i> .....	29
2,1,1,5	<i>Pruebas de control de rejilla</i> .....	29
2,1,1,6	<i>Pruebas del control automático de exposición (CAE)</i> .....	29
2,1,1,7	<i>Pruebas Geométricas</i> .....	30
2,1,1,8	<i>Pruebas del sistema de compresión</i> .....	30
2,1,1,9	<i>Pruebas del detector</i> .....	30
2,1,1,10	<i>Pruebas de calidad de imagen</i> .....	30
2,1,1,11	<i>Pruebas Dosimétricas</i> .....	31
2,1,1,12	<i>Pruebas de condiciones de visualización de las imágenes</i> .....	31
2,1,1,13	<i>Pruebas de control del monitor</i> .....	31
2.1.2	<b>Protocolos de control de calidad</b> .....	31
2,1,2,1	<i>Protocolo de control de calidad en mamografía elaborado en el marco de dos proyectos regionales Acuerdo Regional de Cooperación para la promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe, Organismo Internacional de Energía Atómica ARCAL/OIEA</i> .....	32
2,1,2,2	<i>Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico elaborado por la Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Radiología Médica para mamografía digital</i> .....	35
2.1.3	<b>Otros protocolos de control de calidad en mamografía</b> .....	40
<b>CAPITULO III</b> .....		41
3.	<b>MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	41
...		
3.1	<b>Protocolo de control de calidad para el equipo de mamografía modelo Mammomat 3000 Nova usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156</b> .....	41
3.1.1	<b>Presentación</b> .....	41
3,1,1,1	<i>Objetivo</i> .....	41
3,1,1,2	<i>Organización del Protocolo</i> .....	41
3.1.2	<b>Personal involucrado en la garantía de calidad del servicio de mamografía</b> ....	42
3.1.3	<b>Pruebas de control de calidad</b> .....	43

3,1,3,1	<i>Pruebas diarias</i> .....	43
3,1,3,1,1	<i>Inspección visual de los interruptores del equipo mamográfico</i> .....	43
3,1,3,1,2	<i>Inspección visual de los indicadores de angulación</i> .....	44
3,1,3,1,3	<i>Inspección visual del receptor de imagen</i> .....	45
3,1,3,1,4	<i>Inspección física del portachasis</i> .....	46
3,1,3,1,5	<i>Inspección física del sistema de compresión</i> .....	47
3,1,3,1,6	<i>Inspección visual de las barreras de protección</i> .....	48
3,1,3,1,7	<i>Inspección visual del panel de control</i> .....	49
3.1.3.2	<b><i>Pruebas semanales</i></b> .....	50
3,1,3,2,1	<i>Almacenamiento de películas</i> .....	50
3,1,3,2,2	<i>Evaluación de la compensación del CAE para diferentes tensiones y espesores</i> .....	52
3,1,3,2,3	<i>Evaluación de la calidad de imagen</i> .....	54
3,1,3,2,4	<i>Evaluación de la densidad óptica del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156</i> .....	56
3,1,3,2,5	<i>Inspección visual de la imagen impresa</i> .....	58
3.1.3.3	<b><i>Pruebas mensuales</i></b> .....	59
3,1,3,3,1	<i>Estudio de la tasa de rechazo de placas mamográficas</i> .....	59
3.1.3.4	<b><i>Pruebas semestrales</i></b> .....	60
3,1,3,4,1	<i>Uniformidad entre chasis</i> .....	60
3,1,3,4,2	<i>Exactitud y repetibilidad de la tensión del tubo</i> .....	62
3,1,3,4,3	<i>Exactitud y repetibilidad del miliamperage por segundo</i> .....	63
3,1,3,4,4	<i>Radiación de fuga</i> .....	65
3,1,3,4,5	<i>Fuerza de compresión</i> .....	67
3,1,3,4,6	<i>Iluminación de las salas de observación para mamografía</i> .....	68
3,1,3,4,7	<i>Luminancia y homogeneidad de los negatoscopios</i> .....	69
3.1.3.5	<b><i>Pruebas anuales</i></b> .....	70
3,1,3,5,1	<i>Evaluación de la repetibilidad del CAE</i> .....	70
3,1,3,5,2	<i>Evaluación del incremento de densidad óptica por el paso del selector de densidades</i> .....	72
3,1,3,5,3	<i>Coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación</i> .....	73
3,1,3,5,4	<i>Coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen</i> .....	74
3,1,3,5,5	<i>Alineación de la bandeja de compresión con el soporte de mama</i> .....	76
3,1,3,5,6	<i>Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión</i> .....	77
3,1,3,5,7	<i>Determinación de la distancia foco-imagen</i> .....	78



<b>CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	86
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Figura 1-1</b>	Estructura interna y externa de la mama.....	7
<b>Figura 2-1</b>	Ligamentos de Cooper.....	7
<b>Figura 3-1</b>	Proyección medio lateral oblicua derecha.....	12
<b>Figura 4-1</b>	Proyección medio lateral oblicua izquierda.....	13
<b>Figura 5-1</b>	Proyección cráneo-caudal derecha.....	13
<b>Figura 6-1</b>	Proyección cráneo-caudal izquierda.....	14
<b>Figura 7-1</b>	Proyección medio lateral.....	14
<b>Figura 8-1</b>	Proyección cráneo-caudal exagerada.....	15
<b>Figura 9-1</b>	Proyección de hendidura o escote.....	15
<b>Figura 10-1</b>	Proyección caudo craneal.....	16
<b>Figura 11-1</b>	Magnificación con compresión localizada.....	16
<b>Figura 12-1</b>	Compresión localizada o focal.....	17
<b>Figura 13-1</b>	Mamografía analógica.....	19
<b>Figura 14-1</b>	Mamografía digital indirecta.....	20
<b>Figura 15-1</b>	Mamografía digital directa.....	21
<b>Figura 16-1</b>	Mamógrafo Modelo Mammomat 3000 Nova.....	22
<b>Figura 17-1</b>	Panel de control del Mammomat 3000 Nova.....	25
<b>Figura 18-1</b>	Fantoma de acreditación mamográfica modelo.....	27
<b>Figura 1-3</b>	Interruptores del equipo mamográfico.....	44
<b>Figura 2-3</b>	Indicador de angulación.....	45
<b>Figura 3-3</b>	Receptor de imagen.....	46
<b>Figura 4-3</b>	Deslizamiento del chasis en el portachasis.....	47
<b>Figura 5-3</b>	Visualización del compresor.....	48
<b>Figura 6-3</b>	Protector facial.....	49
<b>Figura 7-3</b>	Indicadores del panel de control.....	50
<b>Figura 8-3</b>	Medición de temperatura en el almacenamiento de películas usando el HD32.3 – WBGT - PMV – PPD.....	51
<b>Figura 9-3</b>	Medición de humedad en el almacenamiento de películas usando el HD32.3 – WBGT - PMV – PPD.....	51
<b>Figura 10-3</b>	Comprobación del CAE para un espesor de 4,2 cm usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.....	52
<b>Figura 11-3</b>	Comprobación del CAE para un espesor de 2 cm de PMMA usando	

	placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).....	53
<b>Figura 12-3</b>	Comprobación del CAE para un espesor de 4 cm de PMMA usando placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).....	53
<b>Figura 13-3</b>	Comprobación del CAE para un espesor de 5 cm de PMMA usando placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).....	53
<b>Figura 14-3</b>	Comprobación del CAE para un espesor de 6 cm de PMMA usando placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).....	54
<b>Figura 15-3</b>	Evaluación de la calidad de imagen en el negatoscopio.....	56
<b>Figura 16-3</b>	Medición de densidad óptica en un punto adyacente al disco de acrílico...	57
<b>Figura 17-3</b>	Medición de densidad óptica en el centro geométrico de la imagen.....	57
<b>Figura 18-3</b>	Comparación en el negatoscopio entre dos escalas de grises.....	59
<b>Figura 19-3</b>	Placas mamográficas almacenadas en mamografía.....	60
<b>Figura 20-3</b>	Verificación de uniformidad y atenuación de chasis usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.....	61
<b>Figura 21-3</b>	Medición de la tensión aplicada al tubo de rayos X.....	62
<b>Figura 22-3</b>	Medición del miliamperage por segundo.....	64
<b>Figura 23-3</b>	Comprobación de radiación de fuga usando chasis mamográfico.....	66
<b>Figura 24-3</b>	Medición de radiación de fuga usando una cámara de ionización y un detector semiconductor tipo T60005-001028.....	66
<b>Figura 25-3</b>	Medición de fuerza de compresión.....	67
<b>Figura 26-3</b>	Medición de la sala de iluminación usando el luxómetro.....	68
<b>Figura 27-3</b>	Medición de la luminancia de los negatoscopios usando el luxómetro.....	69
<b>Figura 28-3</b>	Verificación de repetibilidad del CAE usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 de 4,2 mm de espesor.....	71
<b>Figura 29-3</b>	Medición de la densidad óptica por cada paso de selector de densidad usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 de 4,2 mm de espesor.....	72
<b>Figura 30-3</b>	Evaluación de la coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación.....	74
<b>Figura 31-3</b>	Evaluación de la coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen.....	75
<b>Figura 32-3</b>	Evaluación de la bandeja de compresión con el soporte de mama.....	77
<b>Figura 33-3</b>	Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.....	78

<b>Figura 34-3</b>	Medición de la distancia foco-imagen.....	79
--------------------	---	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2</b>	Pruebas de control de calidad: inspección visual, almacenamiento de películas, sistema de imagen.....	32
<b>Tabla 2-2</b>	Pruebas de control de calidad: equipo radiológico, CAE, geometría.....	33
<b>Tabla 3-2</b>	Pruebas de control de calidad: sistema de colimación, condiciones de visualización de las imágenes, calidad de la imagen.....	34
<b>Tabla 4-2</b>	Pruebas de control de calidad: parámetros geométricos, calidad del haz, tiempo de exposición.....	35
<b>Tabla 5-2</b>	Pruebas de control de calidad: rendimiento, rejilla, CAE.....	36
<b>Tabla 6-2</b>	Pruebas de control de calidad: compresor, detector, calidad de imagen, dosimetría.....	37
<b>Tabla 7-2</b>	Pruebas de control de calidad: digitalizador, impresora, negatoscopios.....	38
<b>Tabla 8-2</b>	Pruebas de control de calidad del monitor.....	39

## ABREVIATURAS

ARCAL-OIEA	Acuerdo Regional de Cooperación para la promoción de la ciencia y tecnología nucleares en América Latina y el Caribe- Organismo Internacional de Energía Atómica.
CAE	Control Automático de Exposición
CEI	Comisión Electrónica Internacional
CEPREME	Centro para la Capacitación y Prevención de las Enfermedades de la Mujer Ecuatoriana.
CV	Coficiente de Variación
CR	Radiografía Computarizada
Cx	Puntuación de los objetos
DD	Diferencia de Densidades
DFP	Distancia Fuente Pared torácica.
DFI	Distancia Fuente Imagen
DG	Dosis Glandular
DO	Densidad Óptica
EHR	Espesor Hemirreductor
Hz	Hertz
kV	Kilovoltios
$L_{amb}$	Luminancia ambiental
$L_{max}$	Luminancia máxima
$L_{min}$	Luminancia mínima del monitor
$L_p$	Pares de líneas
mA	miliamperage.
mAs	miliamperage por segundo.
máx	máximo
mm	milímetros
Mo	molibdeno
Mo/W	molibdeno/tungsteno wolframio
N	Newton
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PMMA	Polimetacrilato de Metilo
PMV	Predicted Mean Vote

PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
SEFM	Sociedad Española de Física Médica
SEPR	Sociedad Española de Protección Radiológica
SERAM	Sociedad Española de Radiología Médica
SOLCA	Sociedad de Lucha Contra el Cáncer.
U	Voltaje
V	voltios
VR	Valor Referencia
WBGT	Wet Bulb Glob Temperature
$\mu\text{m}$	micrómetros
$\Delta\text{máx}$	Variación máxima

## RESUMEN

Se elaboró un protocolo de control de calidad mediante el uso del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 para el equipo de mamografía modelo MAMMOMAT 3000 NOVA del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 con la finalidad de garantizar una alta calidad mamográfica y una baja dosis para la paciente. Esta investigación incluyó un proceso aplicativo descriptivo que incorporó la especificación del estado de funcionamiento del equipo, determinación de los elementos que conforman el área de mamografía, reunificación de pruebas realizadas en protocolos ya establecidos y aplicabilidad de pruebas de control de calidad. Además se dispuso de observación sistemática para examinar los componentes y funcionamiento del equipo mamográfico. El protocolo comprendió una presentación, un segmento descriptivo de referencia a las funciones que realizó el personal involucrado, además del desarrollo de las pruebas de control de calidad. Como resultado se obtuvo que de los parámetros evaluados: pruebas de seguridad del equipo, almacenamiento de películas, sistema de imagen, pruebas del generador y tubo de rayos X, control automático de exposición (CAE), pruebas geométricas, sistema de compresión, calidad de imagen, condiciones de visualización de las imágenes, el 100% de las pruebas se encontraron dentro de los criterios de calidad establecidos en el protocolo. Se concluye que el mamógrafo modelo MAMMOMAT 3000 NOVA funciona correctamente, asegurando un diagnóstico más acertado en la prevención y detección temprana de cáncer de mama, lo que establece una mejora en la calidad del servicio que ofrece el área de mamografía del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1. Para una mejor eficacia del equipo mamográfico se recomienda implementar el presente protocolo de control de calidad en el área de mamografía del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1

**Palabras claves:** <PROTOCOLO DE CONTROL>, < FANTOMA [INSTRUMENTO]>, < MAMOGRAFÍA [TÉCNICA RADIODIAGNÓSTICA]>, < MAMMOMAT [MODELO MAMÓGRAFO]>, < MAMÓGRAFO [EQUIPO DIGITALIZADO]



## SUMMARY

A protocol of quality control was elaborated through the use of mammography accreditation phantom model 156 for the mammography equipment model MAMMOMAT 3000 NOVA that belongs to the Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 (The Army Specialties Hospital No.1) as to guarantee a high mammography quality and a low dose for the patient. This research included an applicative descriptive process that incorporated the specification of the functioning status of the equipment, the determination of the elements that constitutes the mammography area, the reunification of conducted tests within established protocols, and the applicability of quality control tests. Moreover, it included systematic observation to examine the components and functioning of the mammography equipment. The protocol had a presentation, a descriptive segment concerning the functions that the staff performed, and the development of the quality control tests. The results showed that the assessed parameters: equipment security tests, film storage, image system, generator and x-ray tube tests, exposition automatic control, geometric tests, compression system, image quality, and image visualization conditions comply with the 100% of the required quality criteria within the protocol. It is concluded that the mammography equipment model MAMMOMAT 3000 NOVA functions correctly. It ensures a reliable diagnosis for early detection and prevention of breast cancer which promotes a better quality service in the area of mammography of the Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1. In order to have an even higher performance of the equipment, it is recommended to implement the present protocol of quality control in the area of mammography of the Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1.

**Key words:** <CONTROL PROTOCOL>, <PHANTOM [TOOL]>, <MAMMOGRAPHY [RADIODIAGNOSTIC TECHNIQUE]>, <MAMMOMAT [MAMMOGRAPHY EQUIPMENT]>, <MAMMOGRAPHY EQUIPMENT [DIGITALIZED EQUIPMENT]>.

## INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es un problema de salud pública a nivel mundial. Su elevada incidencia, las consecuencias biológicas, el impacto psicológico y económico hacen de esta enfermedad causa de interés social. (Beltrán Ortega, 2010, p.1)

La Organización Mundial de la Salud (OMS), indica que el cáncer de mama es el más frecuente en las mujeres. Según la última cifra del Registro Nacional de Tumores de SOLCA (Sociedad de Lucha Contra el Cáncer), año 2009, indica que 14 de cada 100 ecuatorianos murieron de cáncer. (Agencia Pública de Noticias de Quito, 2014, p.1)

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud, Ecuador posee una de las tasas anuales más altas de cáncer en Latinoamérica con un 11,6 por ciento, de acuerdo al promedio de la Región que alcanza un 9%. (Agencia Pública de Noticias de Quito, 2014, p.1)

El grupo de edad donde se diagnostica con mayor predominio es el de 50 a 59 años de edad. De acuerdo a los Registros de Tumores de SOLCA, encargados de investigar los casos nuevos de cáncer en el Ecuador, entre 2006 y 2008 la mayor tasa de incidencia de cáncer de mama, en mujeres, se registró en Quito, donde 36 de cada 100.000 quiteñas fueron diagnosticadas con este tipo de cáncer y un total de 890 casos registrados en tres años. (SOLCA, 2013, p.1)

Actualmente en nuestro país se han llevado a cabo varias campañas de prevención contra el cáncer de mama como “Tócate” impulsado por la fundación Poly Ugarte, “Quito te toca” impulsada por el Ministerio de Salud, “Todos juntos contra el cáncer” impulsado por CEPREME.

Para una detección temprana de cáncer de mama se utilizan estudios selectivos como las mamografías de detección que es la técnica individual más importante en detección precoz y ecografías mamarias, que son útiles en el análisis de lesiones específicas.

Las mejores interpretaciones que los radiólogos pueden dar a los estudios mamográficos dependen de la calidad de la imagen y lo que se pretende es obtener imágenes que cumplan dichas condiciones y con menor dosis para la paciente.

Este proyecto de tesis está constituido de la siguiente manera: El primer capítulo comprende los factores relacionados a cáncer de mama y programas de screening; características, técnicas, uso y tipos de mamografía; descripción del equipo y del fantoma mamográfico.

El segundo capítulo comprende una descripción general de los procesos de control de calidad en radiodiagnóstico, protocolos de control de calidad que contienen la denominación de la prueba con sus respectivos rangos de tolerancia.

El tercer capítulo comprende la elaboración del protocolo de control de calidad usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 para el equipo de mamografía modelo Mammomat 3000 Nova para el Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 en donde para cada prueba se estableció instrumentación, periodicidad, criterios de calidad, procedimiento y método de cálculo. Adicional al cuerpo de tesis se incluyen conclusiones y recomendaciones al trabajo desarrollado.

Como anexos se hace constar una descripción de las características de la instrumentación empleada, así como las hojas de registro de las pruebas desarrolladas como del protocolo.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo ayudaría a aprovechar las bondades del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 el establecimiento de un protocolo de control de calidad para el mamógrafo modelo MAMMOMAT 3000 NOVA?

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS**

El desarrollo de la mamografía digital ha significado un avance en la detección precoz de cáncer de mama, disminuyendo de esta forma la mortalidad en las mujeres a causa de esta enfermedad.

El Ecuador cuenta con estos equipos mamográficos, los cuales se dirigen fundamentalmente a establecer un diagnóstico lo más temprano posible, para poder ofrecer un tratamiento con máximas expectativas de curación, pero para poder tener un diagnóstico acertado, el equipo debe operar en las mejores condiciones posibles, lo cual se conseguirá sólo si se realiza un control de calidad del equipo mamográfico.

El control de calidad consiste en técnicas operacionales y actividades que se utilizan para cumplir los requisitos de calidad. Dentro de mamografía un control de calidad consiste en evaluar el desempeño del servicio para obtener una buena calidad de imagen y una menor dosis en la paciente.

Aplicar un control de calidad reporta varios beneficios como:

- ❖ Aplicar una dosis precisa.
- ❖ Verificar la compresión para disminuir el grosor de la mama, lo cual reduce la dosis, la radiación difusa, la borrosidad geométrica y el movimiento, evitando causar daño o perder uniformidad en la mama.
- ❖ Conseguir un buen contraste para distinguir las diferencias de atenuación entre los distintos tejidos mamarios.
- ❖ Obtener una buena exposición evitando repetir el examen que a la vez reduce los niveles de radiación en la paciente.
- ❖ Reducir el ruido o moteado aumentando la posibilidad de discernir los pequeños detalles, como es el caso de las microcalcificaciones.
- ❖ Adquirir una buena definición, consistente en la capacidad para definir un borde o límite evitando así borrosidad de los bordes de las estructuras lineales, de las estructuras tisulares o de las calcificaciones.
- ❖ Disminuir la posibilidad de generación de artefactos que puedan obstaculizar la lectura de la imagen obtenida, facilitando así un diagnóstico más certero.
- ❖ Ajustar el colimador de manera correcta ayudando a evitar enmascarar lesiones de mama.
- ❖ Correlacionar el campo luminoso con el campo radiante, permitiendo una irradiación correcta solo de las zonas deseadas.

Para realizar un control de calidad es necesario basarse en un protocolo en el cual se establecen las pruebas a efectuar para comprobar si el equipo se encuentra dentro del rango de tolerancia exigible (establecido) para asegurar su correcta operación.

Realizar el control de calidad en función de un protocolo reporta varias ventajas como: permite detectar indirectamente anomalías graves en el funcionamiento de los equipos o en los procedimientos y protocolos clínicos aplicados, también permite evaluar la eficacia del propio control de calidad de los parámetros técnicos y dar indicaciones, en algunos casos, sobre la causa de la anomalía para conseguir el objetivo del control de calidad.

En general, será difícil detectar el origen del funcionamiento incorrecto mediante los indicadores globales únicamente, pero pueden servir de ayuda para identificar el problema a grandes rasgos.

Los indicadores globales incluidos en el protocolo son: dosimetría al paciente, calidad de imagen y tasa de rechazo de imágenes, establece además, las frecuencias mínimas de las medidas, las tolerancias, y equipamiento necesario para la realización de las pruebas de control así como sus requisitos de calibración.

Pero lamentablemente el país cuenta con pocos programas de control de calidad para mamografía así como también dispone de pocos profesionales calificados que realicen pruebas de control de calidad sobre estos equipos.

En el departamento de Imagenología del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 se cuenta con un mamógrafo modelo MAMMOMAT 3000 NOVA y para garantizar la calidad de imagen que con dicho equipo se adquieren se dispone de un fantoma de acreditación mamográfico modelo 156, sin embargo no se cuenta con un protocolo de control de calidad para el uso del mismo y la realización de las pruebas requeridas.

Por esta razón he visto necesario realizar mi tesis en esta área, elaborando y verificando la aplicabilidad del protocolo de control de calidad para el equipo de mamografía de esta casa de salud, mediante el uso del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 para garantizar una alta calidad mamográfica y una baja dosis para la paciente, apoyándome en protocolos ya establecidos por organismos internacionales y a la vez aprovechando todo el conocimiento adquirido durante mi carrera y de los materiales y equipos adicionales con los que se cuenta en el hospital.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES:**

- ❖ Elaborar un protocolo de control de calidad para el equipo de mamografía modelo MAMMOMAT 3000 NOVA del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 que permita aprovechar las bondades del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 para garantizar una alta calidad mamográfica y una baja dosis para la paciente.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ❖ Describir el mamógrafo modelo MAMMOMAT 3000 NOVA del Hospital De Especialidades Fuerzas Armadas No.1.
- ❖ Revisar protocolos de control de calidad mamográficos.
- ❖ Desarrollar pruebas de control de calidad para el mamógrafo modelo MAMMOMAT 3000 NOVA usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.
- ❖ Generar un protocolo de control de calidad basado en pruebas a través del uso del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 para el mamógrafo modelo MAMMOMAT 3000 NOVA del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1
- ❖ Verificar la aplicabilidad del protocolo elaborado para el mamógrafo modelo MAMMOMAT 3000 NOVA del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Mamografía**

##### **1.1.1 *Cáncer de mama***

##### **1,1,1,1 *Anatomía de la mama***

#### **Posición Anatómica**

Las mamas son dos glándulas que presentan forma cónica, se encuentran en la parte anterior del tórax, se prolongan desde la segunda a la séptima costilla y del esternón a la línea media axilar.

#### **Estructura de la mama**

Las mamas se componen de una estructura externa y una estructura interna.

#### **Estructura externa**

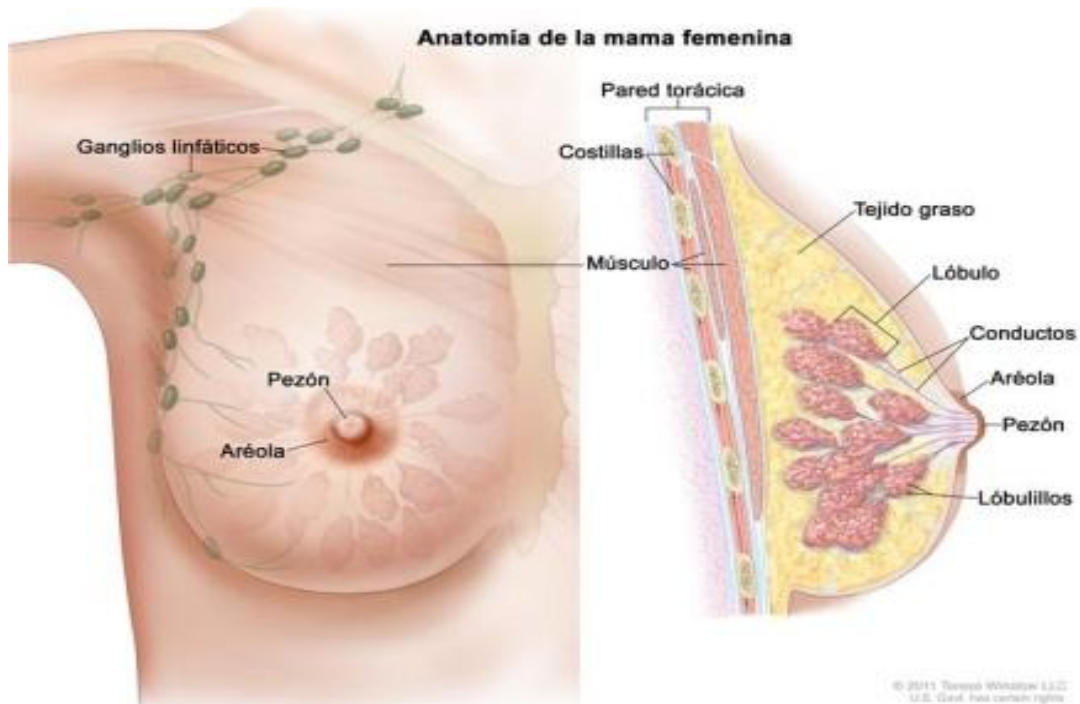
La mama externamente está formada por un tegumento epidérmico en donde se encuentra la areola y una protuberancia llamada papila mamaria o pezón.

#### **Estructura interna**

La glándula mamaria se compone de: parénquima y estroma.

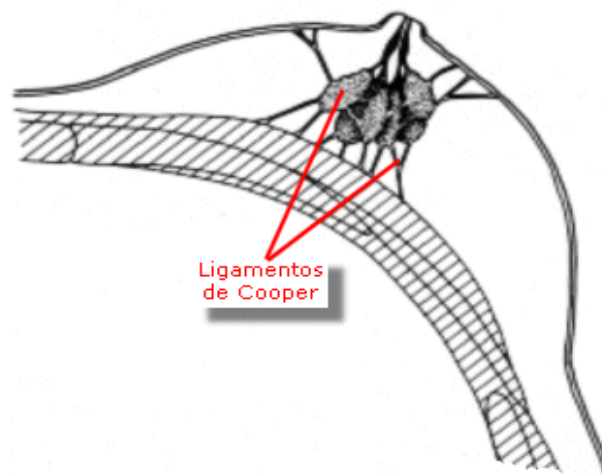
La porción funcional de la mama llamada parénquima, está formada de prominencias y conductos, los lóbulos presentes en cada mama son de 16 a 20, que se dividen en lobulillos, y a su vez en pequeños tubos productores de leche.

Cada lobulillo contiene de 10 a 100 células glandulares, estas pequeñas unidades se disponen en forma de racimos de uvas formando los alveolos, en donde un pequeño tubo galactóforo drena a cada alveolo hasta llegar al pezón. (Larruskain, 2015, p.1)



**Figura 1-1** Estructura interna y externa de la mama.  
Fuente: (Larruskain, 2015).

La porción estructural de la mama llamada estroma sirve de esqueleto y relleno, está formada de tejido graso y fibroso, en la parte anterior de la mama se insertan unas crestas fibro- glandulares conocidas como crestas de Duret en donde se reimplantan laminillas llamadas ligamentos de Cooper, estas pequeñas láminas sostienen a las mamas.



**Figura 2-1** Ligamentos de Cooper  
Fuente: (Santisteban, 2001)



## **Drenaje Linfático**

Cada mama presenta vasos sanguíneos y vasos linfáticos. La aportación sanguínea de la glándula mamaria fundamentalmente proviene de la arteria mamaria interna y solo una tercera parte procede de la rama axilar y de las arterias intercostales.

Cerca de las tres cuartas partes de linfa derivada de la mama es conducida a los ganglios linfáticos de la axila del mismo lado, mientras que la fracción restante se dirige a los nódulos paraesternales de la mama del lado opuesto.

Los ganglios axilares se estructuran en tres categorías: la primera comprende los ganglios adyacentes al borde superficial del músculo pectoral menor, en la segunda categoría están los ganglios que se encuentran en la región baja del músculo pectoral menor y en el tercer nivel están los ganglios céntricos al borde intrínseco del músculo pectoral menor.

El conocimiento del sistema de drenaje linfático constituye un importante cimiento para el tratamiento de cáncer de mama ya que por medio de este sistema las células malignas se propagan a otras partes del organismo.

### **1,1,1,2** *Definición de cáncer de mama*

El cáncer de mama es un cáncer invasivo que se origina en el tegumento glandular mamario por el crecimiento descontrolado de las células, las cuales adquieren la capacidad de invadir los órganos y tejidos alejados, produciéndose así metástasis.

El cáncer de mama es un tipo de cáncer que se forma en el epitelio de la mama, generalmente en los conductos que llevan la leche al pezón y en las glándulas productoras de leche.

Este cáncer invasor es un grupo heterogéneo de lesiones tumorales, que se diferencian en su presentación, diagnóstico, patología, pronóstico y tratamiento. (Jiménez., 2007, p.20)

## **Factores de Riesgo**

Los principales factores de riesgo de contraer cáncer de mama son:

- ❖ Edad avanzada
- ❖ La primera menstruación a temprana edad

- ❖ Edad avanzada en el momento del primer parto o nunca haber dado a luz
- ❖ Antecedentes familiares de cáncer de mama
- ❖ Consumir hormonas como estrógeno y progesterona
- ❖ Consumir licor

Entre 5 a 10 % de los casos, el cáncer de mama es causado por mutaciones genéticas heredadas. (Jiménez., 2007, p.21)

### **1.1.2 *Programas de Screening***

Las cifras hablan por sí solas: una de cada 8 mujeres desarrolla un cáncer de mama a lo largo de su vida y una de cada 30 muere a causa de esta enfermedad. Es el cáncer más frecuente en la mujer, y alrededor de 700.000 casos nuevos se reportan en el mundo cada año. (Oliva; Sartori; Gotta; 2004, p.11)

Su frecuencia y la posibilidad de un tratamiento eficaz hacen del cáncer de mama un desafío para la salud pública: los programas de detección precoz son una herramienta de utilidad indudable en la reducción de la mortalidad, pero existen algunas discusiones acerca de su empleo. No contamos con ningún método para prevenir la enfermedad. La estrategia de control debe basarse en la detección temprana seguida del tratamiento adecuado. (Oliva; Sartori; Gotta; 2004, p.11)

En español, screening significa tamizar, cribar. Por eso, un programa de screening mamográfico serviría para atrapar en su red y rescatar a aquellas mujeres que presenten signos de enfermedad y dejar pasar a aquellas que presenten condiciones de normalidad. Las cifras muestran que mediante este método disminuye el tamaño y el estadio en que se diagnostica el cáncer, generando una disminución en el número de muertes por cáncer de mama. En mujeres de más de 49 años, por ejemplo, la mortalidad puede disminuir hasta un 30%. (Oliva; Sartori; Gotta; 2004, p.11)

En el Ecuador se llevan a cabo varios programas de screening y cribado mamográfico como los efectuados por: el Ministerio de Salud, Club de Leones, Fundación Poly Ugarte, Cepreme.

#### **1,1,2,1 *Ministerio de Salud***

El 24 de octubre de 2007 se realizó el lanzamiento de la Campaña de Detección Oportuna del Cáncer de Mama en la ciudad de Ambato. Esta importante campaña que se extiende en todo el país, incluye el desarrollo de actividades educativas sobre la importancia de la prevención y

detección precoz, autoexamen mamario, examen físico y se complementa con el acceso fácil y oportuno a la atención en los establecimientos de salud y exámenes radiológicos cuando se requieran.

En el mes de octubre del 2013 se difundió la campaña de prevención del cáncer de mama “Quito te toca”. Esta cruzada tuvo como fin concienciar a la urbe quiteña, específicamente a la población femenina, a cerca del cuidado de su salud y de la prevención del cáncer de mama mediante la publicación de anuncios sobre la detección temprana de esta enfermedad, además de una atención médica apropiada.

#### **1,1,2,2** *Club de Leones*

En el día mundial contra el cáncer de mama, el Club de Leones realizó jornadas de atención y charlas de prevención del cáncer de mama en la sala de mamografía del centro médico Dr. Gene Alarcón Castro. El objetivo fue ayudar tanto a mujeres como a hombres que padecen esa patología, que se ha convertido en la primera causa de muerte oncológica, de la cual son víctimas muchas mujeres del país. (Diario Manabita, 2014, p.1)

#### **1,1,2,3** *Fundación Poly Ugarte*

La Fundación es una entidad de servicio y desarrollo humano sin fines de lucro, que nace para luchar contra el cáncer de seno; desde la prevención hasta el manejo terapéutico de las pacientes, buscando una mejor calidad de vida de la mujer.

La última campaña realizada por esta fundación fue del 18 de mayo al 8 de junio del 2015 en Guayaquil con el tema: “EL PODER ROSA – GUAYAQUIL TÓCATE” evento en el cual se ofrecieron charlas audiovisuales de capacitación sobre prevención de cáncer de mama, así como también exámenes gratuitos primarios de mama. (Poly Ugarte, 2015, p.1)

#### **1,1,2,4** *Cepreme*

Esta fundación tiene como propósito innovar una cultura de prevención en el Ecuador que impulse el mejoramiento de la calidad de vida de la mujer y su familia, mediante aprendizaje, preparación y orientación personal.

El último aporte de esta fundación es una aplicación móvil que permite a las mujeres tener conocimiento de los días del mes donde el autoexamen de mama es posible, además esta aplicación incluye una guía completa para la autoexaminación.

### **1.1.3**    *¿Qué es la mamografía?*

La mamografía es una técnica que consiste en un examen de evaluación de imagen resultante de la aplicación de rayos X a la glándula mamaria, mediante la utilización de un equipo de rayos X denominado mamógrafo.

#### **1,1,3,1**    *Características de la mamografía*

La técnica mamográfica presenta las siguientes características:

- ❖ Posibilita la detección temprana de signos de cáncer de mama.
- ❖ La tensión aplicada al tubo de rayos X es baja y usualmente está entre 25 kV - 32 kV.
- ❖ Al aumentar el kilovoltaje disminuye el contraste.
- ❖ La disminución de kilovoltaje produce un aumento de dosis.
- ❖ En mamografía los niveles de radiación debido a la exposición son muy bajos por lo que disminuye el riesgo de contraer cáncer por radiación.
- ❖ El ruido o moteado es reducido por lo que aumenta la posibilidad de discernir detalles pequeños.
- ❖ Posee una buena definición, característica que permite definir los bordes de las diferentes estructuras presentes en la mama.
- ❖ La compresión aplicada a la mama disminuye su grosor, logrando una irradiación casi uniforme, disminuye el tiempo de exposición lo que permite reducir la dosis de radiación.

#### **1,1,3,2**    *Técnica de estudio mamográfico*

Durante un examen de mamografía el técnico posiciona la mama en la parte central del receptor de imagen, entonces se procede a comprimir la mama de la paciente, la misma que está ubicada entre el receptor de imagen y la bandeja de compresión, esta compresión dura unos segundos mientras perdure la exposición. Se debe tener en cuenta que una buena compresión es importante para obtener mamografías con dosis bajas y una mejor calidad de imagen.

Para obtener un mejor diagnóstico, el estudio mamográfico se realiza desde diferentes proyecciones:

❖ Proyección medio lateral oblicua

Angulación del brazo: La inclinación del brazo del tubo de rayos X oscila entre 50°-60° para pacientes pequeñas, entre 30° - 40° para pacientes corpulentas, y entre 40° - 50° para pacientes de contextura media.

Posicionamiento: La paciente se colocará en dirección al mamógrafo, con el borde lateral del tórax en posición adyacente al portachasis, luego colocar la extremidad superior del lado de la mama a comprimir en el brazo del tubo de rayos X e indicar a la paciente que gire hacia adelante y lateralmente.

Levantando el pliegue submamario posicionar a la mama sobre el Bucky con el pezón orientado lateralmente, con una mano sostener la mama mientras desciende el compresor retirándola antes de la compresión total.



**Figura 3-1** Proyección medio lateral oblicua derecha.

Fuente: Jessica Fares



**Figura 4-1** Proyección medio lateral oblicua izquierda.  
Fuente: Jessica Fares

❖ Proyección cráneo-caudal

Angulación del brazo: El brazo del tubo de rayos X se encuentra a  $0^\circ$ .

Posicionamiento: El técnico se colocará detrás de la paciente y levantará el brazo correspondiente a la mama a examinar para elevar el pliegue infra-mamario hacia arriba y hacia afuera, separándolo de la pared torácica. El ángulo mamario se ubicará a nivel del portachasis y se localizará la mama encima, con el pezón orientado hacia el centro, una vez colocada la mama comprimirla.



**Figura 5-1** Proyección cráneo-caudal derecha.  
Fuente: Jessica Fares



**Figura 6-1** Proyección craneo-caudal izquierda.  
**Fuente:** Jessica Fares

❖ Proyección medio lateral

Angulación del brazo: El brazo del tubo de rayos X se encuentra inclinado  $90^\circ$ .

Posicionamiento: Colocar el brazo a examinar a  $90^\circ$  sobre el soporte de mama, alejar la mama de la pared costal y centrar en la bandeja de compresión, girar a la paciente cuidadosamente hacia el chasis. En el momento que la bandeja de compresión haya superado el esternón continuar con la rotación hasta que la mama esté correctamente centrada en el soporte de mama.



**Figura 7-1** Proyección medio lateral.

**Fuente:** (Acuerdo regional de cooperación para la promoción de la ciencia y tecnología nucleares en América Latina y el Caribe, Organismo Internacional de Energía Atómica. [ARCAL/OIE], 2006)

❖ Proyección craneo-caudal exagerada

Angulación del brazo: El brazo del tubo de rayos X se encuentra inclinado  $5^\circ$  en sentido lateral.

Posicionamiento: Colocar a la paciente en la misma posición que para un examen cráneo-caudal, elevar el pliegue infra-mamario y girar a la paciente hasta cuando la parte lateral de la mama se encuentre sobre el soporte de mama.



**Figura 8-1** Proyección cráneo-caudal exagerada.  
Fuente: (ARCAL/OIEA, 2006)

❖ Proyección de hendidura o escote

Angulación del brazo: El brazo del tubo de rayos X se encuentra a  $0^{\circ}$

Posicionamiento: Alejar la cabeza de la paciente lateralmente de la zona de interés, el técnico se colocará detrás de la paciente y con sus dos manos empujará ambas mamas hasta que queden colocadas sobre el soporte de mama, asegurándose que la parte media de las mamas quede sobre la bandeja de examen.



**Figura 9-1** Proyección de hendidura o escote.  
Fuente: (ARCAL/OIEA, 2006)



❖ Proyección caudo craneal

Angulación del brazo: El brazo del tubo de rayos X se encuentra a  $180^\circ$ .

Posicionamiento: Es una posición inversa a la proyección cráneo-caudal. Levantar el pliegue infra-mamario hasta que la parte superior de la mama se ubique a la misma altura que el portachasis; con la ayuda de una mano sobre y la otra debajo de la mama colocarla sobre el Bucky, de tal modo que el pezón sea paralelo al detector, luego comprimirla.



**Figura 10-1 Proyección caudo craneal.**

Fuente: (ARCAL/OIEA, 2006)

❖ Magnificación con compresión localizada

Angulación del brazo: El brazo del tubo de rayos X se encuentra a  $0^\circ$

Posicionamiento: Colocar la mama posicionada centralmente sobre el soporte del dispositivo de compresión, utilizar compresión normal asegurándose que la mama esté bien sujeta, ya que el examen requiere un tiempo prolongado de exposición.



**Figura 11-1 Magnificación con compresión localizada.**

Fuente: Jessica Fares

#### ❖ Compresión localizada o focal

Angulación del brazo: El brazo del tubo de rayos X se encuentra a 0°

Posicionamiento: El técnico procede a ubicar la zona a examinar visualizando las imágenes previas. Para localizar la zona es importante tener en cuenta los siguientes parámetros: depresión respecto a la línea media que se extiende desde el pezón hacia la parte posterior de la mama, la distancia de la línea media a la contusión en sentido medio-lateral o ínfero-superior y la distancia de la lesión a la piel. (ARCAL/OIEA, 2006, p.114)



**Figura 12-1 Compresión localizada o focal.**

Fuente: Jessica Fares

### **1,1,3,3** *Uso de la mamografía*

La mamografía es utilizada con dos propósitos: como método de tamizaje o exploración y como método de diagnóstico.

#### **1,1,3,3,1** *Mamografía de tamizaje o de exploración*

Un mastograma es utilizado con la finalidad de explorar cambios en las mamas de las pacientes, por lo que este examen en mamografía de tamizaje se realiza en dos proyecciones que son cráneo-caudal y medio lateral oblicua.

El uso de mamografía con este propósito permite detectar anomalías en las mamas incluso dos años antes de que puedan ser detectadas por el médico o por la paciente.

### **1,1,3,3,2 Mamografía de diagnóstico**

La mamografía es utilizada con la finalidad de diagnosticar a una paciente que tras realizarse una mamografía de exploración o al detectar anomalías por la misma paciente o por el médico tratante presenta resultados clínicos anormales tales como la presencia en las mamas de nódulos. En este caso para un diagnóstico acertado se realizan a más de las proyecciones realizadas en mamografía de tamizaje las proyecciones adicionales medio lateral, cráneo-caudal exagerada, de hendidura o escote, caudo craneal, magnificación con compresión localizada, compresión localizada o focal, según la necesidad, en función de los resultados de la mamografía de tamizaje.

#### **1.1.4 Tipos de equipos de mamografía**

Existen tres tipos de equipos de mamografía: mamógrafos analógicos o convencionales, mamógrafos digitales indirectos o digitalizados y mamógrafos digitales directos, los cuales utilizan el mismo equipo radiológico, pero difieren en el receptor de imagen, adquisición y en su procesamiento.

##### **1,1,4,1 Mamografía Analógica**

#### **Receptor de imagen**

Llamada también mamografía convencional, este tipo de mamografía utiliza un detector formado por un portachasis con rejilla antidifusora, un chasis que contiene una película radiográfica específica para mamografía con una pantalla intensificadora que transforma la radiación en fotones de luz que graban la película.

#### **Procesamiento**

En mamografía convencional el procesado de la película difiere de los otros dos tipos de mamografía, pues en el cuarto oscuro se procede a extraer la película y a introducirla en el revelador en donde a través de procesos químicos se adquiere una radiografía de la mama.

## Características

La película radiográfica obtenida al final no puede modificarse, ni tampoco es posible su almacenamiento a largo plazo.



**Figura 13-1** Mamografía analógica.

Fuente: (Instituto Nacional de Cáncer. Argentina, 2013)

### 1,1,4,2 Mamografía Digitalizada

#### Receptor de imagen

Este tipo de mamografía tiene como detector un portachasis con rejilla antidifusora, un chasis que contiene tan solo una lámina de fósforo fotoestimable encargada de almacenar la información adquirida durante la realización del estudio mamográfico.

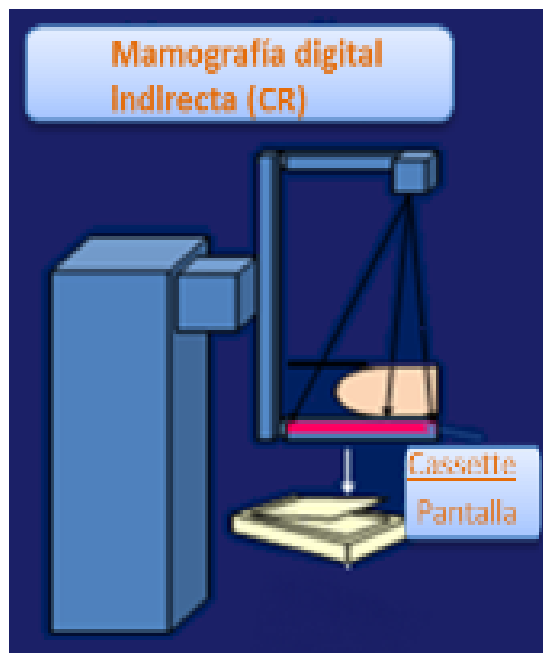
#### Procesamiento

El chasis cargado con la lámina de fósforo fotoestimable para su procesamiento es introducido en el digitalizador, en donde la lámina de fósforo es extraída del chasis y mediante fotoestimulación con láser y un procedimiento electrónico, la información contenida en la lámina de fósforo finalmente es transformada en una imagen digital, la cual está constituida por pequeños elementos denominados píxeles.

## Características

La imagen digital obtenida puede modificarse, tal modificación está sujeta a los parámetros establecidos por el médico tratante, también es posible almacenar y transmitir la imagen a la red de monitores de los profesionales involucrados en el tratamiento de la paciente.

Al igual que en mamografía convencional, en mamografía digitalizada es posible obtener la imagen impresa en un film radiográfico.



**Figura 14-1** Mamografía digital indirecta.

Fuente: (Instituto Nacional de Cáncer. Argentina, 2013)

### 1,1,4,3 Mamografía Digital

#### Receptor de imagen

Este tipo de mamografía a diferencia de los dos anteriores no necesita de un chasis, una pantalla o una película pues utiliza detectores que se ubican directamente justo debajo de la mama para medir los fotones que pasan a través de ella.

Estos detectores tienen la ventaja de recibir los primeros fotones de luz y almacenar mayor cantidad de dichos fotones.

## Procesamiento

Existen dos tipos de detectores:

Fósforo- silicioamorfo: este tipo de detector convierte los rayos X en impulsos eléctricos mediante dos fases en la primera los rayos X son convertidos en fotones de luz al atravesar la sección de fósforo, en la segunda fase los fotones de luz son atraídos por una sección de silicio amorfo en donde se transforman en impulsos eléctricos, los cuales pueden ser expresados numéricamente por un sistema electrónico que los transformará en imagen digital. (Instituto Nacional de Cáncer. Argentina, 2013, p.15)

Selenio amorfo: En este tipo de detector reacciona el selenio amorfo con los rayos X, formando pares electrón-hueco, la energía liberada durante este proceso es atraída a una capa de selenio al aplicar un campo eléctrico potente entre dos electrodos, en donde una matriz activa de transistores de película delgada transforma la carga en impulsos eléctricos, los cuales pueden ser expresados numéricamente por un sistema electrónico que los convierte en imagen digital.

## Características

Tal como sucede con mamografía digital indirecta en mamografía digital directa es posible transformar, almacenar, transferir la imagen obtenida.



**Figura 15-1** Mamografía digital directa.  
Fuente: (Instituto Nacional de Cáncer. Argentina, 2013)

### 1.1.5 Mamógrafo Modelo Mammomat 3000 Nova

MAMMOMAT 3000 Nova, es un sistema de anclaje en Siemens, proporciona una gama de soluciones para el cuidado de la caja torácica, ofreciendo detección, evaluación diagnóstica y capacidades de biopsia estereotáxica en una sola unidad.

Es un sistema de alto rendimiento, fiable para el paciente, fácil de usar, y produce imágenes de alta calidad. Su objetivo es diagnosticar con precisión la enfermedad de mama en sus etapas más tempranas y tratables.



**Figura 16-1** Mamógrafo Modelo Mammomat 3000 Nova.

Fuente: Jessica Fares

#### Características

- ❖ Mammomat 3000 Nova garantiza una tecnología versátil en la formación de imágenes, su diseño abierto, así como la incorporación de funciones aseguran un mejor rendimiento del equipo.
- ❖ Es una unidad que cumple con las funciones de cribado, diagnóstico, además de la realización de exámenes especiales.

- ❖ Este tipo de mamógrafo maximiza el aprovechamiento del sistema potencial y del ahorro de espacio.
- ❖ Este mamógrafo puede ser utilizado para casos especiales en las pruebas de detección, ampliación o magnificación de las lesiones o localización de la aguja.

### **Diseño del equipo**

MAMMOMAT 3000 Nova es un equipo de rayos X de tipo digitalizado que permite realizar estudios mamográficos, este sistema se compone de las siguientes estructuras:

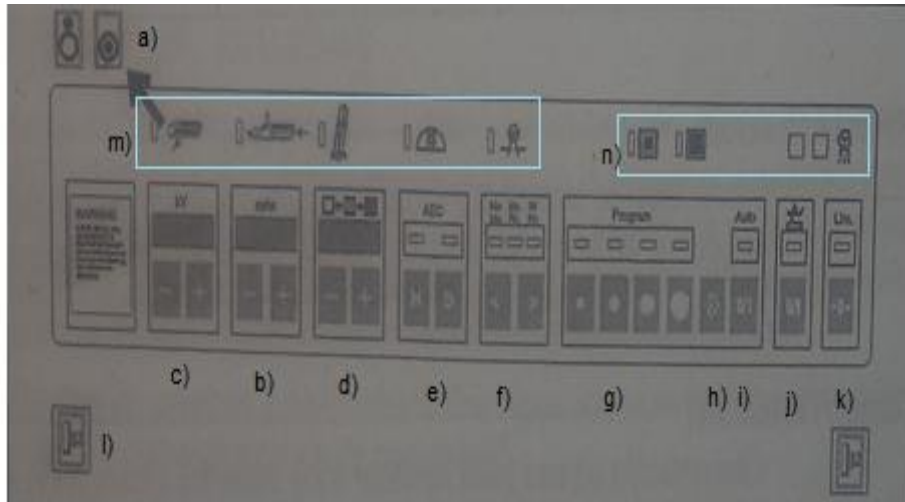
- ❖ Un soporte con brazo portachasis basculante para dos portachasis de diferentes dimensiones (18cm×24cm y 24cm ×30cm) con emisor de rayos X de Mo (tubo de ánodo giratorio de molibdeno) o con emisor de rayos X de Mo/W (tubo de ánodo giratorio de molibdeno/tungsteno).
- ❖ Una ventanilla de soporte situada en la parte inferior del soporte que presenta tres micro ventanillas, las mismas que indican los valores de fuerza de compresión, espesor comprimido, y ángulo del sistema de brazo basculante, que puede presentar una amplia gama de rotación, + 135° a la derecha, -180° a la izquierda.
- ❖ Dos tipos de emisores de rayos X, el emisor de Mo/W con ánodo giratorio de molibdeno/tungsteno y cuatro manchas focales; el emisor de Mo con ánodo giratorio de molibdeno y dos manchas focales.
- ❖ Una unidad de colimador que comprende los siguientes componentes: disco filtrante giratorio con emisor de Mo con filtros de molibdeno de 30 µm y rodio de 25 µm y con emisor de Mo/W con filtros de molibdeno de 30 µm, rodio de 25 µm y rodio de 50 µm, espejo, bombilla de luz de campo, diafragmas internos.
- ❖ Un brazo portachasis basculante que posibilita un cambio rápido y sencillo entre dos portachasis distintos de dimensiones 18 cm × 24 cm y 24 cm × 30 cm.
- ❖ Portachasis que se ubica sobre la placa base y permite utilizar los portachasis siguientes: 24 cm × 30 cm con rejilla móvil, 18 cm × 24 cm con rejilla móvil, 24 cm × 30 cm sin rejilla, 18 cm × 24 cm sin rejilla, mesa de amplificación para 18 cm × 24 cm con factor de amplificación 1,8 ó 1,5.
- ❖ Una placa base que incluye el detector CAE (Control Automático de Exposición), el mecanismo de fijación para el portachasis y un conector para el equipo electrónico. Actuando en conjunción con el portachasis, la placa base funciona a manera de obturador del haz.



- ❖ Dos unidades de pedales conmutadores para la compresión y descompresión motorizadas.
- ❖ Consola de mandos que consta del panel de mandos y del escudo de antirradiación.(Siemens,2006,pp. 8-13)

**Panel de mandos:** Cuenta con botones de control para las siguientes funciones:

- a) Botones ON/OFF del sistema.
- b) Selección +/- mAs e indicador del valor de dosificación.
- c) Selección +/- kV.
- d) Ajuste y presentación de la densidad de la película +/-.
- e) Activación del modo CAE (Control Automático de Exposición).
- f) Botones para seleccionar la combinación de ánodo/filtro.
- g) Panel de modo de programación, con botones de programa para seleccionar entre cuatro calidades distintas del haz preprogramadas para diversos intervalos de espesor de mama.
- h) Botón de memoria para el almacenamiento de parámetros de exposición para cada intervalo de espesor de la mama.
- i) Botón “Auto” para seleccionar/desactivar el modo automático. En este modo se sugiere automáticamente el programa apropiado (kV, densidad, combinación de ánodo/filtro).
- j) Botón ON/OFF para seleccionar/deseleccionar la descompresión automática después de la exposición.
- k) Botón de límite (confirmación) para reajustar el sistema cuando se producen errores.
- l) Botón de disparo de exposición con lámpara indicadora de color verde.
- m) Además cuenta con cinco lámparas que indican errores de funcionamiento como: la ausencia de casete, el casete ya ha sido expuesto y requiere sustitución, el portachasis no está asegurado en la posición, riesgo de colisión entre el conjunto del emisor de rayos X y el suelo (está activado el conmutador limitador), el detector del CAE no se encuentra en la posición de pared torácica, el diafragma no se encuentra en la posición correcta.
- n) Presenta indicadores que muestran las condiciones de exposición como: los cuadros contorneados indican la mancha focal, la luz verde indica que la unidad está preparada para la exposición, la luz amarilla y una señal acústica indican que la radiación está activada, la lámpara de límite indica error de límite. (Siemens,2006,pp. 14-16)



**Figura 17-1 Panel de control del Mammomat 3000 Nova.**  
**Fuente:** (Siemens, 2006)

## Especificaciones Técnicas

### Suministro eléctrico

110 V monofásico, 208 V monofásico o bifásico, 400 V bifásico, 50 Hz ó 60 Hz; fluctuaciones máximas permitidas en el suministro de la red  $\pm 10\%$ , fusible 20 A, 35 A, 110V.

### Generador

Forma de onda de alta tensión, multiimpulso (alta frecuencia); tensión de exposición de 23 kV a 35 kV, en pasos de 1 kV; tiempos de exposición entre 10 ms y 4 s para revisión, entre 10 ms a 7 s para técnica de amplificación; precisión kV  $\pm 5\%$  medida en el circuito de alta tensión; precisión mAs  $\pm 10\%$  medida en el circuito rectificado de alta tensión. (Siemens, 2006, p. 69)

### Escudo antirradiación

Integrado con el generador, vidrio de plomo equivalente a 0,30 mm de plomo.

### Control automático de exposición

Control automático de exposición (CAE), con compensación de transparencia, detectores semiconductores, funciones CAE para todos los parámetros clínicos disponibles (23 kV a 35 kV), con un kV clínico apropiado y espesores variables del objeto (2-6 cm), la precisión de la

densidad óptica es  $\pm 0,15$  DO de la densidad óptica media; con una corrección de densidad  $\pm 3$  puntos de exposición, ajustable en  $1/8$  puntos de exposición en donde la ventanilla de presentación muestra valores entre  $-24$  y  $+24$ . (Siemens, 2006, p. 69)

### **Conjunto del emisor de rayos X**

Emisor de rayos X (Mo o Mo/W) con ánodo giratorio de molibdeno o molibdeno/tungsteno con ventanas de berilio, dos o cuatro manchas focales con valores nominales 0,3 y 0,15 según la Comisión Electrónica Internacional (CEI) y 0,1 (en estrella).

Corriente máxima del emisor con ánodo de molibdeno con mancha focal grande de 150 mA a 25 kV, con mancha focal pequeña 28 mA a 25 kV; corriente máxima del emisor con ánodo de tungsteno con mancha focal grande 188 mA a 25kV, con mancha focal pequeña 34 mA a 25 kV.

Tensión nominal del emisor de 35 kV, máximo 134 mA; con una distancia fuente a receptor de imagen de 650 mm fija. (Siemens, 2006, p. 70)

#### **1.1.6 *Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156***

El fantoma de acreditación mamografía modelo 156 está diseñado para examinar el rendimiento de un sistema de mamografía mediante la evaluación de su capacidad para obtener imágenes de pequeñas estructuras, similares a aquellas que se detectan clínicamente.

Los objetos dentro del fantoma simulan microcalcificaciones, estructuras fibrosas en conductos y masas de apariencia tumoral, estructuras pequeñas que son importantes en la detección temprana del cáncer de mama. El tamaño de los objetos de prueba oscila entre aquellos que se pueden ver en cualquier sistema hasta aquellos que resultan difíciles de observar incluso en los mejores sistemas de mamografía.

#### **Características**

El fantoma de mamografía está compuesto por un bloque de cera que contiene 16 juegos diferentes de objetos de prueba, una base de acrílico de 3.3 cm de grosor, una bandeja para colocar el bloque de cera y una cubierta de 0.3 cm de grosor. Todos estos elementos simulan una mama comprimida de 4.2 cm.

Se incluyen en el inserto de cera cinco grupos de microcalcificaciones simuladas, seis fibras de nylon de diferentes tamaños que simulan las estructuras fibrosas y cinco masas de apariencia tumoral con diferentes tamaños. (Alvarado. D, 2005, p.1)



**Figura 18-1 Fantoma de acreditación mamográfica modelo 156.**  
Fuente: Jessica Fares

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLOGICO

#### 2.1 Protocolos Internacionales de Control de Calidad Mamográfico

##### 2.1.1 *Procesos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico*

Dentro de radiodiagnóstico se realizan procedimientos que van encaminados a un mejor funcionamiento de los servicios radiológicos; cada uno de los procesos a realizar en radiodiagnóstico tienen un propósito, en función a los parámetros a evaluar.

##### 2.1.1.1 *Pruebas de seguridad del equipo*

Este tipo de pruebas tienen como propósito:

- ❖ Realizar una inspección visual del funcionamiento del equipo de rayos X.
- ❖ Verificar que todos los elementos mecánicos del equipo funcionen correctamente.

##### 2.1.1.2 *Prueba de almacenamiento de películas*

Los propósitos de este tipo de pruebas son:

- ❖ Comprobar que las películas se encuentren almacenadas dentro de condiciones ambientales establecidas por los criterios de calidad.
- ❖ Verificar el posicionamiento adecuado de los films radiográficos.
- ❖ Controlar el inventario de las películas radiográficas.

### **2,1,1,3 Prueba del sistema de imagen**

Este tipo de prueba tiene como propósito:

- ❖ Verificar que los chasis no se encuentren dañados y que estén libres de artefactos que puedan interferir en el diagnóstico de la imagen.
- ❖ Comprobar la hermeticidad, uniformidad en la velocidad, y uniformidad en los chasis.

### **2,1,1,4 Pruebas del generador y tubo de rayos X**

Estas pruebas se realizan para:

- ❖ Estimar la radiación de fuga emitida por el tubo de rayos X.
- ❖ Verificar la exactitud y repetibilidad de la tensión aplicada al tubo de rayos X así como del tiempo de exposición.
- ❖ Comprobar que la filtración conjunta del haz de rayos X se correlacione con los criterios de calidad de las normativas nacionales e internacionales.
- ❖ Comprobar el valor de rendimiento (kerma en aire por cada miliamperage por segundo), la repetibilidad de kerma en aire y la linealidad con los factores de miliamperage por segundo.

### **2,1,1,5 Pruebas de control de rejilla**

Este tipo de pruebas se hacen para:

- ❖ Comprobar que la rejilla esté alineada.
- ❖ Verificar que las líneas de la rejilla no se manifiesten sobre la imagen de interés diagnóstica.

### **2,1,1,6 Pruebas del control automático de exposición (CAE)**

Los propósitos de este tipo de pruebas son:

- ❖ Comprobar el ajuste, reproducibilidad entre sensores del CAE.
- ❖ Valorar la repetibilidad del CAE, la compensación del CAE para diferentes tensiones y espesores, así como el incremento de tensión y densidad óptica por paso de selector de densidades.

### **2,1,1,7** *Pruebas Geométricas*

Estas pruebas se hacen para:

- ❖ Evaluar la presencia de artefactos en el equipo.
- ❖ Determinar el factor de ampliación, la distancia fuente-receptor de imagen.
- ❖ Comprobar la coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación, coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen.

### **2,1,1,8** *Pruebas del sistema de compresión*

Estas pruebas tienen como finalidad:

- ❖ Verificar la fuerza de compresión aplicada, así como la alineación de la bandeja de compresión con el soporte de mama.
- ❖ Comprobar la exactitud del espesor determinado por el sistema de imagen.

### **2,1,1,9** *Pruebas del detector*

Estas pruebas tienen como finalidad:

- ❖ Comprobar el tipo de función de respuesta del detector, la perseverancia de este modelo de función.
- ❖ Definir la porción de tejido mamario que no se visualiza en la zona torácica.
- ❖ Comprobar la efectividad del ciclo de borrado.

### **2,1,1,10** *Pruebas de calidad de imagen*

Estas pruebas se realizan para:

- ❖ Verificar que la densidad óptica de fondo, diferencia de densidades y calidad de imagen se encuentren dentro de los criterios de calidad establecidos por organismos nacionales e internacionales.
- ❖ Evaluar la resolución a alto contraste, analizar las causas de rechazo de films radiográficos.

### **2,1,1,11** *Pruebas Dosimétricas*

Estas pruebas tienen como propósito:

- ❖ Evaluar el kerma incidente en aire en la superficie de entrada del fantoma utilizado para mamografía.
- ❖ Determinar la dosis glandular promedio.

### **2,1,1,12** *Pruebas de condiciones de visualización de las imágenes*

Estas pruebas se realizan para:

- ❖ Verificar que la luminancia e iluminación correspondientes a los negatoscopios.
- ❖ Comprobar que las salas de iluminación tengan condiciones de visualización adecuadas para una buena lectura de los films radiográficos.

### **2,1,1,13** *Pruebas de control del monitor*

Estas pruebas tienen como propósito:

- ❖ Evaluar la apariencia general de la imagen.
- ❖ Determinación la presencia de artefactos o falta de uniformidad en la imagen.

## **2.1.2 Protocolos de control de calidad**

Un protocolo, en términos generales, es definido como un acuerdo entre profesionales expertos en un determinado tema y en el cual se han clarificado las actividades a realizar ante una determinada tarea.

Desde ésta forma de ver las cosas, serían susceptibles de protocolizarse aquellas actividades que son planificadas y realizadas por los profesionales.

En radiodiagnóstico un protocolo de control de calidad consiste en un conjunto de pruebas a efectuar para comprobar si el equipo se encuentra dentro del rango de tolerancia exigible para asegurar su correcta operación. (ARCAL/OIEA, 2006, p.1)



**2,1,2,1** *Protocolo de control de calidad en mamografía elaborado en el marco de dos proyectos regionales Acuerdo Regional de Cooperación para la promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe, Organismo Internacional de Energía Atómica ARCAL/OIEA*

El protocolo de control de calidad en mamografía establecido por ARCAL-OIEA contiene una parte introductoria que abarca conceptos generales sobre garantía de calidad, control de calidad en radiodiagnóstico, generalidades sobre mamografía, así como los objetivos y alcances de este protocolo; también se hace referencia a las normas internacionales básicas de seguridad; además incluye las funciones del personal involucrado con el programa de aseguramiento de la calidad y por último se presenta una descripción de los procedimientos de control de calidad para el área de mamografía, en donde para cada procedimiento se detallan objetivo, indicadores, materiales, metodología, criterios de calidad, sugerencias y acciones correctivas.

En la siguiente tabla se presentan las pruebas de inspección y evaluación visual de la unidad mamográfica, así como las pruebas necesarias en el almacenamiento de películas., cada una de las cuales presenta sus respectivos criterios de calidad.

**Tabla 1-2:** Pruebas de control de calidad: inspección visual, almacenamiento de películas.

<b>PRUEBA</b>	<b>CRITERIOS DE CALIDAD</b>
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>	
Inspección y evaluación visual de la unidad mamográfica	Está conforme con el funcionamiento mecánico de equipo.
<b>ALMACENAMIENTO DE PELÍCULAS</b>	
Temperatura	20°C-25°C
Humedad	40%-60%
Posicionamiento de las cajas y chasis	Vertical
Seguimiento de los lotes (inventario)	<3meses
Nivel de radiación	<20μGy/sem
<b>SISTEMA DE IMAGEN</b>	
Hermeticidad de los chasis	Manchas ≤ 0,5 cm
Uniformidad (de velocidad) entre las pantallas	DO: $\Delta_{\max}$ (variación máxima)< 0,30 DO
Uniformidad (de atenuación) entre los chasis	mAs: $\Delta_{\max} \leq 5\%$

Fuente: ARCAL/OIEA ,2006.

En la siguiente tabla se presentan las pruebas de control de calidad que se realizan al generador y al tubo de rayos X, las pruebas que se realizan para determinar el funcionamiento del control automático de exposición, además de las pruebas geométricas. Cada uno de estas pruebas presenta su respectivo criterio de calidad.

**Tabla 2-2:** Pruebas de control de calidad: generador y tubo de rayos X, CAE, geometría.

<b>PRUEBA</b>	<b>CRITERIOS DE CALIDAD</b>
<b>EQUIPO RADIOLÓGICO (GENERADOR Y TUBO DE RAYOS X)</b>	
Radiación de fuga	1 mSv/h a 1 m
Exactitud y repetibilidad de la tensión del tubo, kilovoltaje(kV)	Exactitud: 5% Repetibilidad: < 2%
Espesor hemirreductor (EHR)	Mo/Mo, 28KV, con compresor $0,31 \leq \text{EHR} \leq 0,40 \text{ mmAl}$
Repetibilidad y linealidad del rendimiento	Repetibilidad: < 10% Linealidad: < 10%
Valor del rendimiento	> 30 $\mu\text{Gy/mAs}$ a 1 m 28 kV, Mo/Mo
<b>CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN</b>	
Repetibilidad del control automático (DO y kerma en aire)	Repetibilidad de mAs o kerma (mGy): 5% Desviación máxima DO < 0,1
Compensación del control automático de exposición para diferentes tensiones y espesores.	Máxima desviación en DO: 0,2
Incremento del DO por paso del selector de densidades	DO: 0,1-0,2 mAs: 12% y 15%
<b>GEOMETRÍA</b>	
Distancia foco-película (DFP)	DFI > 60cm Indicador $\pm 2\%$

Fuente: ARCAL/OIEA ,2006.

En la siguiente tabla se presenta las pruebas para determinar el funcionamiento del sistema de colimación, las condiciones de los sistemas de visualización, pruebas que permiten evaluar la calidad de imagen, además de pruebas que corresponden a la determinación de dosis.

**Tabla 3-2:** Pruebas de control de calidad: sistema de colimación, condiciones de visualización de las imágenes, calidad de imagen y dosis.

<b>PRUEBA</b>	<b>CRITERIOS DE CALIDAD</b>
<b>SISTEMA DE COLIMACIÓN</b>	
Coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen	±5 mm de la pared torácica ≤ 2% DFP en los otros lados
Coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación	± 2% del DFP
Alineación del compresor con el soporte de mama	≤ 1% DFP
<b>CONDICIONES DE VISUALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES</b>	
Iluminación de la sala de interpretación	≤ 50 lux
Luminancia de los negatoscopios	> 3000 cd/m <sup>2</sup> nit
Homogeneidad de los negatoscopios	<30 % en un negatoscopio <15 % entre negatoscopios
<b>CALIDAD DE LA IMAGEN</b>	
Estudio de la tasa de rechazo de placas mamográficas	≤ 10%
Densidad óptica de fondo	DO fondo: 1,5 DO - 1,9 DO
Diferencia de densidades(DD)	DD: 0,40±0,05
Evaluación de la calidad de imagen	Fibras ≥ 4 Microcalcificaciones ≥ 3 Masas ≥ 3
Resolución espacial	≥ 10 pl/mm
<b>DOSIS</b>	
Dosis en aire en la superficie de entrada	Sin Rejilla < 6 mGy Con Rejilla < 15 mGy
Dosis glandular promedio	Sin Rejilla < 1 mGy Con Rejilla < 3 mGy

Fuente: ARCAL/OIEA, 2006.

**2,1,2,2** *Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico elaborado por la Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Radiología Médica para mamografía digital.*

Este protocolo comprende una descripción general de la filosofía, aplicación y utilización del protocolo, conocimientos generalizados sobre el tipo de pruebas de control de calidad planteadas en este protocolo, así como personal involucrado en la realización de este tipo de pruebas; incluye conceptos sistémicos para establecer parámetros indicadores correspondientes a las técnicas y protocolos clínicos aplicados, además trata sobre los principios clínicos relacionados a la calidad de imagen; también se presenta una explicación de las pruebas de control de calidad a las que se somete cada equipo radiológico en donde se incluye las pruebas a realizar para mamografía.

En la siguiente tabla se presentan las pruebas de control de calidad para evaluar los parámetros geométricos, determinar calidad del haz y comprobar la exactitud y repetibilidad del tiempo de exposición.

**Tabla 4-2:** Pruebas de control de calidad: parámetros geométricos, calidad del haz, tiempo de exposición.

<b>PRUEBA</b>	<b>CRITERIOS DE CALIDAD</b>
<b>PARÁMETROS GEOMÉTRICOS</b>	
Distancia foco – detector de imagen	$\geq 60$ cm
Coincidencia campo de radiación-detector	$\leq + 5$ mm en el lado de la pared del tórax
Factor de ampliación	Según las especificaciones del fabricante
Artefactos del equipo	Imagen sin artefactos
<b>CALIDAD DEL HAZ</b>	
Exactitud y repetibilidad de la tensión	Exactitud: Desviación $\leq \pm 1$ kV Repetibilidad: Máxima desviación $\leq 0,5$ kV
Filtración capa hemirreductora	$KVp/100 + 0,03 \leq CHR$ (mmAl) $\leq KVp/100 + C$
<b>TIEMPO DE EXPOSICIÓN</b>	
Tiempo de exposición	$\leq 2$ s (exposición en condiciones clínicas para 4,5 cm de PMMA)

**Fuente:** SEFM-SEPR-SERAM, 2011. (Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica & Sociedad Española de Radiología Médica)

En la siguiente tabla se describen las pruebas de control de calidad propuestas por la Sociedad Española de Física Médica para determinar repetibilidad, reproducibilidad y linealidad del rendimiento del kerma en aire para un miliamperaje por segundo, pruebas para evaluar la rejilla y el control automático de exposición.

**Tabla 5-2:** Pruebas de control de calidad: rendimiento, rejilla, CAE.

<b>PRUEBA</b>	<b>CRITERIOS DE CALIDAD</b>
<b>RENDIMIENTO DEL KERMA EN AIRE PARA UN MILIAMPERAJE POR SEGUNDO</b>	
Repetibilidad y reproducibilidad del rendimiento	Repetibilidad: máxima desviación $\leq 5\%$ Reproducibilidad: Desviación $\leq 10\%$ con respecto a los valores de referencia
Linealidad del rendimiento con la carga del tubo	Coefficiente de linealidad $\leq 0,1$
<b>REJILLA</b>	
Factor de exposición de la rejilla o del sistema de rejilla	$< 3$
Artefactos de la rejilla	Sin artefactos
<b>CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN (CAE)</b>	
Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades	Densidad óptica clínica: 1,4 - 1,9 DO (Densidad Óptica)
Incremento de la DO por paso del selector de densidades	Intervalo ajustable de DO $> 1$ DO Incremento de DO por paso de selector de densidades $\leq 0,2$ DO
Repetibilidad del CAE	En DO: máxima desviación $\leq 0,1$ DO En mAs o kerma: máxima desviación $< 5\%$
Compensación del CAE con el espesor, la tensión y los modos de operación	Desviación máxima con respecto a DO de un fantoma de 4,5cm PMMA (Polimetacrilato de metilo): $< \pm 0,15$ DO
Evaluación semanal del CAE	Desviación máxima con respecto a DO de un fantoma de 4,5cm PMMA: $< \pm 0,15$ DO
Reproducibilidad entre sensores del CAE	Desviación máxima entre sensores $\leq 0,2$ DO

Fuente: SEFM-SEPR-SERAM, 2011

En la siguiente tabla se describen las pruebas y criterios de calidad necesarios para determinar la exactitud, fuerza, deformación y alineación del compresor; para establecer el estado del detector, evaluar la calidad de imagen mamográfica así como para verificar la dosimetría.

**Tabla 6-2:** Pruebas de control de calidad: compresor, detector, calidad de imagen, dosimetría.

PRUEBA	CRITERIOS DE CALIDAD																											
<b>COMPRESOR</b>																												
Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión	Desviación $\leq \pm 5$ mm																											
Fuerza de compresión y atenuación del compresor	Máxima fuerza de compresión: 150-200 N en los dispositivos motorizados. Atenuación: $\leq 25\%$ Exactitud: Desviación $\leq \pm 20$ N.																											
Deformación y alineación del compresor	Deformación: $\leq 5$ mm Alineación: No debe superar en más de 1% de la DFD																											
<b>DETECTOR</b>																												
Pérdida de imagen en la pared del tórax	Anchura región perdida $\leq 5$ mm																											
Barrido del láser	Uniformidad en la imagen de un borde recto																											
Artefactos en los CR (Radiografía computarizada)	Sin artefactos																											
Efectividad del ciclo de borrado	No deben observarse imágenes latentes, artefactos y la imagen debe ser uniforme																											
<b>CALIDAD DE LA IMAGEN</b>																												
Evaluación de la calidad de imagen	Nº detalles-Valor referencia (VR) $\leq$ Repetibilidad VR																											
Distorsión geométrica	Sin distorsión																											
Remanencia de la imagen	Factor de remanencia $< 0,3$																											
<b>DOSIMETRÍA</b>																												
Dosis glandular promedio	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Espesor (cm)</th> </tr> <tr> <th>PMMA</th> <th>Mama</th> <th>DG(mSv)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>2,1</td> <td>&lt;1,0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,2</td> <td>&lt;1,5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4,5</td> <td>&lt;2,0</td> </tr> <tr> <td>4,5</td> <td>5,3</td> <td>&lt;2,5</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6,0</td> <td>&lt;3,0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>7,5</td> <td>&lt;4,5</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>9,0</td> <td>&lt;6,5</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor (cm)			PMMA	Mama	DG(mSv)	2	2,1	<1,0	3	3,2	<1,5	4	4,5	<2,0	4,5	5,3	<2,5	5	6,0	<3,0	6	7,5	<4,5	7	9,0	<6,5
	Espesor (cm)																											
	PMMA	Mama	DG(mSv)																									
	2	2,1	<1,0																									
	3	3,2	<1,5																									
	4	4,5	<2,0																									
	4,5	5,3	<2,5																									
	5	6,0	<3,0																									
6	7,5	<4,5																										
7	9,0	<6,5																										

Fuente: SEFM-SEPR-SERAM, 2011. (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA, SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA & SOCIEDAD ESPAÑOLA DE RADIOLOGÍA MÉDICA)

En la siguiente tabla se presentan pruebas de control de calidad con sus respectivos criterios de calidad para determinar la funcionalidad del digitalizador, impresora y negatoscopios.

**Tabla 7-2:** Pruebas de control de calidad: digitalizador, impresora, negatoscopios.

<b>PRUEBA</b>	<b>CRITERIOS DE CALIDAD</b>
<b>DIGITALIZADOR</b>	
Rendimiento densitométrico (escala de grises)	Exactitud $\leq \pm 5 \%$ Reproducibilidad $\leq 5 \%$
Uniformidad de la imagen	Desviación $\leq \pm 5 \%$
Exactitud geométrica	Desviación $\leq \pm 5 \%$
Resolución de alto y bajo contraste	Visualización nítida de los patrones de alto y bajo contraste
<b>IMPRESORA</b>	
Inspección visual de la imagen impresa	Imágenes de ensayo impresas sin distorsión, sin artefactos y visualización completa de la escala de grises
Distorsión geométrica	Desviaciones entre medidas ortogonales $< 2\%$
Niveles extremos de densidad óptica	$D_{min} < 0,25 \text{ DO}$ $D_{max} > 3,40 \text{ DO}$
Uniformidad de la imagen	Uniformidad $< 0,1$
Artefactos	Sin artefactos
<b>NEGATOSCOPIOS</b>	
Inspección visual	Apreciación visual
Brillo	Negatoscopios de mamografía: brillo $> 3000 \text{ cd/m}^2$
Uniformidad del brillo	$\leq \pm 30\%$ en un mismo negatoscopio $\leq \pm 15\%$ entre distintos negatoscopios
Iluminación ambiental	$\leq 50 \text{ lux}$

**Fuente:** SEFM-SEPR-SERAM, 2011. (Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica & Sociedad Española de Radiología Médica)

En la siguiente tabla se mencionan pruebas y criterios de calidad establecidos para evaluar la distorsión geométrica, iluminación ambiental, respuesta en luminancia, uniformidad del brillo, del monitor, así como la resolución espacial de alto y bajo contraste, ruido y velo luminoso.

**Tabla 8-2:** Pruebas de control de calidad del monitor.

PRUEBA	CRITERIOS DE CALIDAD
Estimación visual de la calidad de imagen	Apariencia general de la imagen correcta, sin artefactos, sin distorsión ni pérdidas de contraste
Distorsión geométrica	$\leq 2\%$ entre medidas ortogonales para monitores de diagnóstico $\leq 5\%$ entre medidas ortogonales para monitores de visualización
Iluminación ambiental	$L_{\min}(\text{luminancia mínima del monitor}) \geq 1,5 L_{\text{amb}}(\text{luminancia ambiental})$
Respuesta en luminancia	Monitores de diagnóstico: $L_{\max}(\text{luminancia máxima del monitor}) \geq 170 \text{ cd/m}^2$ $L_{\max}/L_{\min} \geq 250$ $\Delta L^{\max}(\text{diferencia de luminancias máximas incluyendo la contribución de la luz ambiental entre monitores de la misma estación de trabajo}) \leq 10\%$ Monitores de visualización: $L_{\max} \geq 100 \text{ cd/m}^2$
Uniformidad del brillo o luminancia	Monitores de diagnóstico: $2(L_{\max}-L_{\min})/(L_{\max}+L_{\min}) < 0,3$ Monitores de visualización: $2(L_{\max}-L_{\min})/(L_{\max}+L_{\min}) < 0,3$
Resolución espacial de alto y bajo contraste	Frecuencia Nyquist visible, diferencia 5% brillo visibles Monitores de diagnóstico: $0 < \text{Puntuación objetos } (C_x) < 4$ Monitores de visualización: $0 < \text{Puntuación objetos } C_x < 6$
Ruido	Monitores de diagnóstico: Los objetos de contraste y tamaño decrecientes visibles $\geq 3$ cuadrantes Monitores de visualización: Los objetos de contraste y tamaño decrecientes visibles $\geq 2$ cuadrantes
Velo luminoso	Monitores de diagnóstico: $\geq 3$ objetos visibles Monitores de visualización: $\geq 1$ objeto visibles
Verificación del sistema de calibración de la escala de grises	Diferencia $< \pm 5\%$ con respecto a un medidor externo

Fuente: SEFM-SEPR-SERAM, 2011.



### **2.1.3 *Otros protocolos de control de calidad en mamografía***

En la investigación realizada con relación a la elaboración de protocolos de control de calidad en mamografía que han sido publicados, aquí se describe varios proyectos que se han desarrollado en los últimos 10 años.

Nataly Bonilla (2011, p.6) desarrolló un proyecto sobre “ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PARA EL MAMÓGRAFO DIGITAL TIPO MELODY DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL PROVINCIAL GENERAL DOCENTE RIOBAMBA” cuya investigación hace referencia a la elaboración de este protocolo para aprovechar de manera eficaz el uso de las radiaciones, obteniendo de esta manera una buena calidad de imagen y también protección tanto para el personal como para la paciente.

Álvaro Ruiz (2011, p.5) desarrollo un proyecto sobre “ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PARA EL MAMÓGRAFO ANALÓGICO SIEMENS MAMMOMAT 3000 NOVA DEL HOSPITAL ONCOLÓGICO DR. JULIO ENRIQUE PAREDES C. SOLCA - TUNGURAHUA” con el fin de obtener imágenes de buena calidad, así como establecer criterios que permitan el aprovechamiento eficaz de la radiación para protección del personal y del paciente.

Fundación Pio XII - Hospital de Cáncer de Barretos, Brasil (2010, p.3) desarrolló “UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD CLÍNICA EN MAMOGRAFÍA” cuyo objetivo principal es la búsqueda incansable para ofrecerle a la mujer una prueba de detección confiable al proporcionarles las habilidades esenciales a todos los profesionales involucrados, ya que el error humano sigue siendo el principal factor que compromete la excelencia en la calidad de la mamografía.

Brandan y Villaseñor, México (2006, p.1) presentaron el tema “DETECCIÓN DEL CÁNCER DE MAMA: ESTADO DE LA MAMOGRAFÍA EN MÉXICO”, entre los puntos analizados se destaca la calidad de las mamografías realizadas en México, se mencionó que con la llegada de los equipos digitales se tuvieron que crear nuevos protocolos de control de calidad que requieren más tiempo para su realización y de mayor cuidado en su manejo ya que la calidad de imagen puede verse afectada por varios factores.

## CAPITULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Protocolo de control de calidad para el equipo de mamografía modelo Mammomat 3000 Nova usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.

##### 3.1.1 *Presentación*

El presente protocolo está basado principalmente en el Protocolo de Control de Calidad en Mamografía elaborado en el marco de dos proyectos regionales Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe, Organismo Internacional de Energía Atómica (ARCAL/OIEA), pero además se ha utilizado como complemento el Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico elaborado por la Sociedad Española de Física Médica para mamografía digital.

##### 3,1,1,1 *Objetivo*

El objetivo de este documento es elaborar un protocolo de control de calidad para el equipo de mamografía modelo MAMMOMAT 3000 NOVA del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 que permita aprovechar las bondades del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 para garantizar una alta calidad mamográfica y una baja dosis para la paciente.

##### 3,1,1,2 *Organización del Protocolo*

El presente documento contiene una parte introductoria que comprende objetivos y organización del protocolo de control de calidad.

Una sección en donde se expone el personal involucrado en la garantía de calidad del servicio de mamografía.

Por último se describen las pruebas de control de calidad, las cuales están clasificadas según su periodicidad en pruebas diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales. En cada una de

las pruebas presentadas en este protocolo se considera los materiales utilizados, criterios de calidad, procedimiento y método de cálculo. Adicionalmente se han diseñado hojas de registro para cada una de las pruebas, las mismas que constan en la parte final del proyecto de tesis en la sección de anexos.

### **3.1.2 *Personal involucrado en la garantía de calidad del servicio de mamografía***

El área de mamografía como todo servicio de radiodiagnóstico deberá disponer de personal especializado que conste de: médico radiólogo especialista en mamografía, físico médico, técnico o tecnólogo médicos en imagenología, así como de un ingeniero encargado del mantenimiento.

#### Médico Radiólogo

Entre las funciones que cumple este especialista están:

- ❖ Colaborar en las auditorias de rendimiento de la institución.
- ❖ Valorar la calidad de los estudios mamográficos.
- ❖ Examinar las causas de una mala calidad de imagen.
- ❖ Presentar los registros concernientes a la evaluación e interpretación de las imágenes mamográficas.
- ❖ Participar de estudios mamográficos de diagnóstico.
- ❖ En el análisis de las mamografías el médico radiólogo toma en cuenta los siguientes aspectos: examinación cuidadosa de las estructuras de la mama (en lo posible con la ayuda de una lupa), correlación de las mamografías preexistentes con las mamografías actuales en el caso de que existieran.
- ❖ Análisis del historial clínico de la paciente.
- ❖ Valorar ordenadamente la disposición del tejido mamario con la mama contralateral.

#### Físicos Médico

Especialista en radiodiagnóstico encargado dentro de mamografía de realizar las siguientes funciones:

- ❖ Valorar la actividad mecánica y de seguridad del mamógrafo.

- ❖ Realizar y registrar las pruebas de control de calidad.
- ❖ Realizar informes sobre el estado de funcionamiento del equipo mamográfico.
- ❖ Encargarse de la seguridad radiológica de la instalación.
- ❖ Asesorar sobre las características técnico-operacionales para adquisición de equipo o accesorios.
- ❖ Sugerir modificaciones en la estructura o funcionamiento en el servicio de mamografía de ser necesario.

Técnico o tecnólogo en radiodiagnóstico

El técnico o tecnólogo en radiodiagnóstico encargado del área de mamografía es responsable de cumplir con las siguientes funciones:

- ❖ Velar por la integridad física de la paciente.
- ❖ Operar el equipo mamográfico bajo criterios técnicos.
- ❖ Realizar el examen mamográfico, velando que la calidad de la imagen obtenida al final del examen mamográfico sea la mejor.
- ❖ Realizar las pruebas de control de calidad del equipo mamográfico que se le asignen.

Ingeniero encargado del mantenimiento del mamógrafo

Es un especialista en reparación y mantenimiento del mamógrafo, entre sus funciones están las siguientes:

- ❖ Realizar los mantenimientos preventivos según un cronograma establecido para cada año.
- ❖ Realizar los mantenimientos correctivos según la necesidad del servicio.
- ❖ Participar en la verificación de la radiación de fuga emitida por el equipo mamográfico.
- ❖ Participar en la comprobación de la exactitud y repetibilidad del kilovoltaje y del miliamperage segundo.

### **3.1.3 Pruebas de control de calidad**

#### **3,1,3,1 Pruebas diarias**

##### **3,1,3,1,1 Inspección visual de los interruptores del equipo mamográfico**

Materiales:

- ❖ No aplica en este caso.

Criterios de Calidad:

- ❖ Los cables de conexión a tierra del equipo mamográfico no presentarán daños físicos.

Procedimiento:

- ❖ Observar los cables de conexión a tierra del mamógrafo y comprobar su estado físico.
- ❖ Anotar las observaciones en las hojas de registro.



**Figura 1-3** Interruptores del equipo mamográfico.

Fuente: Jessica Fares

### 3,1,3.1.2 Inspección visual de los indicadores de angulación

Materiales:

- ❖ No aplica en este caso

Criterios de Calidad:

- ❖ Los indicadores de angulación deben funcionar correctamente.

Procedimiento:

- ❖ Girar el brazo del mamógrafo en diferentes direcciones.
- ❖ Comprobar que la angulación de los indicadores ubicados en la ventanilla de soporte corresponde a la posición del brazo del mamógrafo.
- ❖ Anotar las observaciones en las hojas de registro.



**Figura 2-3** Indicador de angulación.

Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,1,3** Inspección visual del receptor de imagen

Materiales:

- ❖ No aplica en este caso

Criterios de Calidad:

- ❖ El receptor de imagen no presentará vibraciones.

Procedimiento:

- ❖ Encender el equipo mamográfico.
- ❖ Observar si se da la presencia de vibraciones en el receptor de imagen.
- ❖ Anotar las observaciones en las hojas de registro.



**Figura 3-3** Receptor de imagen.

Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,1,4** *Inspección física del portachasis*

Materiales:

- ❖ Chasis mamográfico

Criterios de Calidad:

- ❖ El chasis mamográfico se deslizará sin dificultad.

Procedimiento:

- ❖ Colocar un chasis mamográfico en el portachasis.
- ❖ Verificar si existe o no dificultad en el deslizamiento.
- ❖ Anotar las observaciones en las hojas de registro.



**Figura 4-3** Deslizamiento del chasis en el portachasis.  
Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,1,5** Inspección física del sistema de compresión

Materiales:

- ❖ No aplica en este caso

Criterios de Calidad:

- ❖ El sistema de compresión debe funcionar correctamente.

Procedimiento:

- ❖ Observar el compresor de mama.
- ❖ Verificar que el compresor este localizado correctamente en el equipo mamográfico.
- ❖ Apreciar visualmente la presencia de daños físicos en el compresor.
- ❖ Para comprobar la funcionalidad en la liberación del sistema de compresión utilizar los pedales conmutadores para subir y bajar el compresor.
- ❖ Anotar las observaciones en las hojas de registro.





**Figura 5-3** Visualización del compresor.

Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,1,6** *Inspección visual de las barreras de protección*

Materiales:

- ❖ No aplica en este caso

Criterios de Calidad:

- ❖ Las barreras de protección no presentarán daños físicos.

Procedimiento:

- ❖ Examinar la barrera de protección para el operador.
- ❖ Verificar el estado físico de la barrera de protección.
- ❖ Observar el protector facial para la paciente.
- ❖ Comprobar la integridad del protector facial.
- ❖ Anotar las observaciones en las hojas de registro.



**Figura 6-3** Protector facial.  
Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,1,7** *Inspección visual del panel de control*

Materiales:

- ❖ No aplica en este caso

Criterios de Calidad:

- ❖ El panel de control deberá funcionar de forma correcta.

Procedimiento:

- ❖ Encender el equipo radiográfico.
- ❖ Seleccionar diferentes valores de miliamperage por segundo, kilovoltaje, tamaño de punto focal, densidad en el panel de control.
- ❖ Observar el estado de funcionamiento del panel de mandos.
- ❖ Anotar las observaciones en las hojas de registro.



**Figura 7-3** Indicadores del panel de control.

Fuente: Jessica Fares

### 3,1,3,2 Pruebas semanales

#### 3,1,3,2,1 Almacenamiento de películas

Materiales:

- ❖ HD32.3-(Wet Bulb Glob Temperature: temperatura a bulbo umido e del globo-termómetro) WBGT-(Predicted Mean Vote Temperature: Voto Promedio Previsto) PMV-Predicted Percentage of Dissatisfied Temperature: Porcentaje Previsto de Insatisfechos) PPD.

Criterios de Calidad:

- ❖ Temperatura: 20°C-25°C, humedad: 40%-60%
- ❖ Posición de cajas de películas y chasis: Vertical
- ❖ Actualización del inventario: <3meses
- ❖ Nivel de radiación:<20μGy/sem

Procedimiento:

- ❖ Para medir la temperatura utilizar el HD32.3 – WBGT - PMV – PPD, conectar en las entradas para las sondas sicram las siguientes sondas: HP3201.2 oHP3201, TP3276.2 o TP3275,TP3207.2 o TP3207, con la tecla “on” encender el instrumento, con la tecla “menú” plantear los parámetros de funcionamiento de temperatura, con la tecla “unit” elegir la unidad de medida de la temperatura (°C, °F, °K), para la medición colocar el instrumento cerca de las cajas de almacenamiento de películas a unos 5 cm de distancia, leer el valor promedio y anotar en las hojas de registro.

- ❖ Para medir la humedad utilizar el HD32.3 –WBGT - PMV – PPD, conectar en las entradas para las sondas sicram las siguientes sondas: AP3203.2 o AP3203, TP3276.2 o TP3276, HP3217.2 o HP3217 con la tecla “on” encender el instrumento, con la tecla “menú” plantear los parámetros de funcionamiento de humedad, para la medición colocar el instrumento cerca de las cajas de almacenamiento de películas, a unos 5 cm de distancia, leer el valor promedio y anotar en las hojas de registro.
- ❖ En el lugar de almacenamiento de las cajas de películas radiográficas observar su correcto posicionamiento, así como el ordenamiento de las cajas por fecha de caducidad y verificar el inventario, anotar las observaciones correspondientes en las hojas de registro.
- ❖ En la sala de mamografía observar el posicionamiento correcto de los chasis, conforme a los criterios de calidad establecidos (los chasis deben estar ubicados en posición vertical) y anotar las observaciones en las hojas de registro.



**Figura 8-3** Medición de temperatura en el almacenamiento de películas usando el HD32.3 – WBGT - PMV – PPD.

Fuente: Jessica Fares



**Figura 9-3** Medición de humedad en el almacenamiento de películas usando el HD32.3 – WBGT - PMV – PPD.

Fuente: Jessica Fares

### 3,1,3.2,2 Evaluación de la compensación del CAE para diferentes tensiones y espesores

Materiales:

- ❖ Seis láminas de polimetacrilato de metilo (PMMA) de 1 cm de espesor, fantoma de acreditación mamográfico modelo 156, chasis para mamografía, densitómetro (rango de 0,7 DO a 3,45 DO).

Criterios de Calidad:

- ❖ Máxima desviación en DO: 0,2

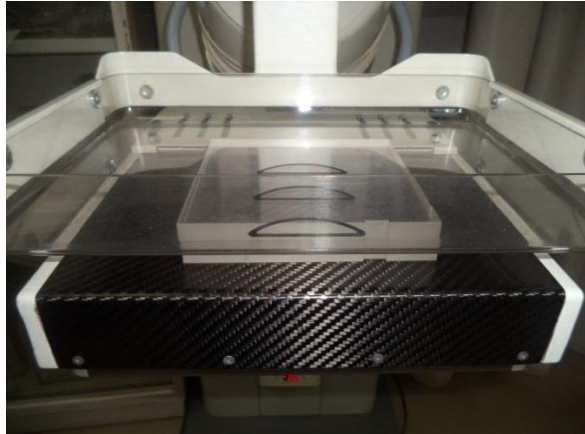
Procedimiento:

- ❖ Escoger el modo de exposición automática del equipo.
- ❖ En el panel de control del equipo ubicar el control de densidades y elegir la posición 0.
- ❖ Usar el chasis utilizado en todas las pruebas y colocarlo en el portachasis.
- ❖ Ubicar el fantoma de acreditación mamográfico de 4,2 cm de espesor sobre el soporte de mama y bajar el compresor.
- ❖ Realizar una exposición.
- ❖ Repetir el mismo procedimiento para otros espesores de 2 cm, 4 cm, 5 cm y 6 cm de PMMA; exponer un solo chasis para cada espesor.
- ❖ Anotar los valores de kV y de mAs registrados durante cada exposición.
- ❖ Procesar los chasis, medir las densidades ópticas en una zona situada a 4 cm de la pared torácica y centrada lateralmente.

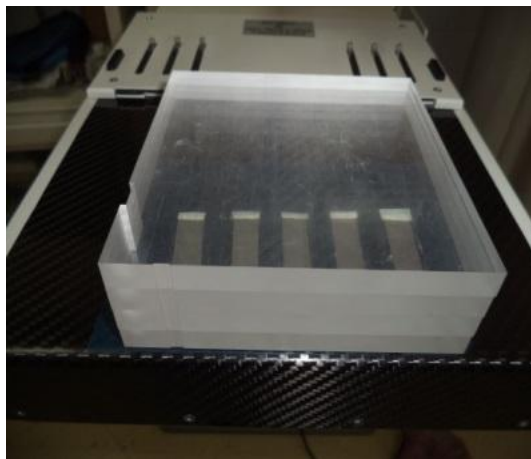


**Figura 10-3** Comprobación del CAE para un espesor de 4,2 cm usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.

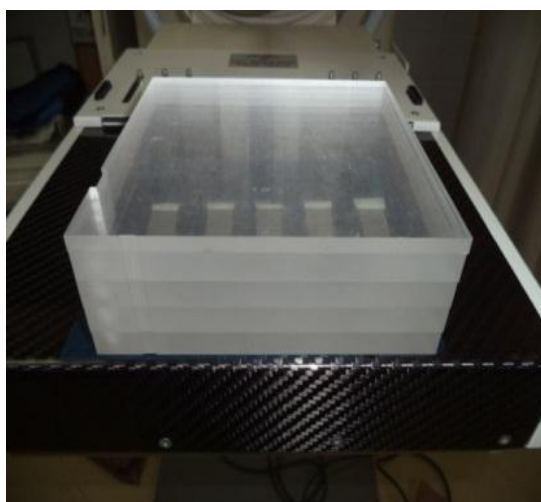
Fuente: Jessica Fares



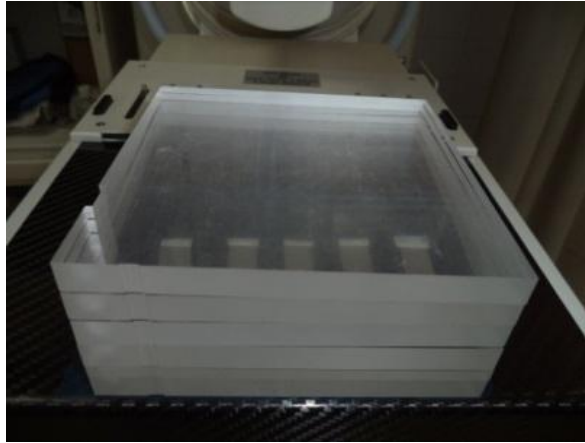
**Figura 11-3** Comprobación del CAE para un espesor de 2 cm de PMMA usando placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).  
**Fuente:** Jessica Fares



**Figura 12-3** Comprobación del CAE para un espesor de 4 cm de PMMA usando placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).  
**Fuente:** Jessica Fares



**Figura 13-3** Comprobación del CAE para un espesor de 5 cm de PMMA usando placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).  
**Fuente:** Jessica Fares



**Figura 14-3** Comprobación del CAE para un espesor de 6 cm de PMMA usando placas de polimetacrilato de metilo (PMMA).

**Fuente:** Jessica Fares

#### Método de cálculo

Establecer la máxima desviación de densidad óptica de las imágenes obtenidas con diferentes espesores.

$$\text{Máxima desviación} = |DO_i - DO_{promedio}|_{max}$$

En donde  $DO_i$  son cada uno de los valores de DO medidos en cada espesor y  $DO_{promedio}$  es el promedio de los valores de DO medidos de todos los espesores.

#### 3.1,3.2,3.3 Evaluación de la calidad de imagen

##### Materiales:

- ❖ Maniquí específico de mama. Fantoma de acreditación mamografía modelo 156, el cual está compuesto por un bloque de cera que contiene 16 juegos diferentes de objetos de prueba, una base de acrílico de 3.3 cm de grosor, una bandeja para colocar el bloque de cera y una cubierta de 0.3 cm de grosor. Todos estos elementos simulan una mama comprimida de 4.2 cm. Se incluyen en el inserto de cera cinco grupos de microcalcificaciones simuladas, seis fibras de nylon de diferentes tamaños que simulan las estructuras fibrosas y cinco masas de apariencia tumoral con diferentes tamaños.
- ❖ Lupa
- ❖ Negatoscopio
- ❖ Chasis y película radiográfica

## Criterios de Calidad

- ❖ Fibras  $\geq 4$  puntos.
- ❖ Microcalcificaciones  $\geq 3$  puntos.
- ❖ Masas  $\geq 3$  puntos.

## Método de evaluación de la imagen del maniquí

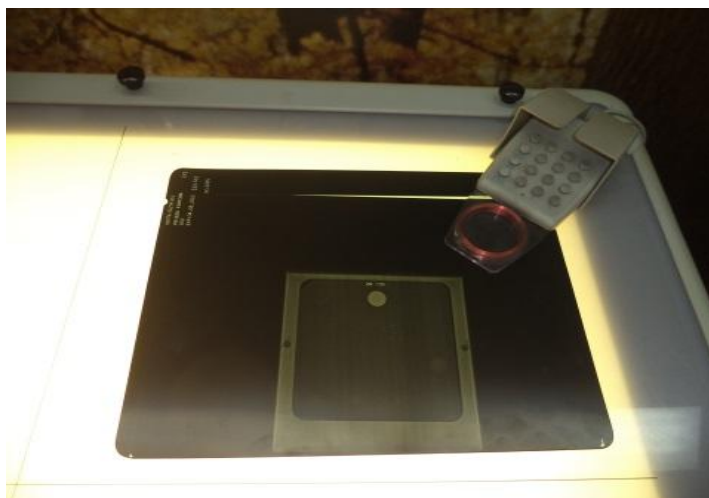
- ❖ Cada una de las estructuras fibrosas debe recibir un punto si la estructura es visible en toda su extensión y la ubicación y orientación de la estructura son correctas. Si la estructura fibrosa es visible en más de un 50% y su ubicación y orientación son correctas debe recibir 0,5 puntos. Si aparece un artefacto con aspecto de estructura fibrosa en cualquier parte de la imagen pero sin que la ubicación ni la orientación de la estructura resulten correctas, se debe restar el artefacto en forma de estructura fibrosa a partir de la puntuación asignada a la última estructura fibrosa real.
- ❖ Si se observa la agrupación entera de microcalcificaciones, cada agrupación de microcalcificaciones recibirá un punto. En caso de que sean visibles dos o tres microcalcificaciones de la agrupación y su ubicación y orientación son correctas debe recibir 0,5 puntos. Si aparecen artefactos o ruidos con aspecto de microcalcificaciones en cualquier parte de la imagen pero sin que la ubicación ni la orientación de las mismas resulten correctas, se debe restar el artefacto en forma de microcalcificación a partir de la puntuación asignada al último grupo de microcalcificaciones reales.
- ❖ Cada una de las masas tumorales recibirá un punto si la masa está ubicada en la posición y orientación correcta y además se puede ver la forma completa de la masa. Si en la masa se puede distinguir una diferencia de densidad y la masa está en la posición correcta pese a no ser visible completamente, de manera que no presenta su forma definida, recibirá 0,5 puntos. Si aparecen masas en cualquier parte de la imagen pero sin que la ubicación ni la orientación de las mismas sean correctas, se debe restar el artefacto en forma de masa a partir de la última puntuación asignada a la masa contada como real.

## Procedimiento:

- ❖ Encender el equipo y esperar 10 minutos.
- ❖ Seleccionar un chasis cargado de mamografía (asegurarse de que siempre sea el mismo) y colocarlo en el portachasis.



- ❖ Colocar el maniquí sobre el soporte de mama, tomando en cuenta que el borde más grueso del fantoma debe ser junto a la pared torácica.
- ❖ Colocar el chasis mamográfico en el portachasis.
- ❖ Bajar el compresor.
- ❖ Realizar una exposición usando control automático.
- ❖ Revelar el chasis e imprimir la película.
- ❖ Colocar el film impreso sobre el negatoscopio; observar con la ayuda de una lupa las estructuras visibles en la imagen asignando a cada grupo de estructuras una puntuación, anotar estos resultados en las hojas de registro.



**Figura 15-3** Evaluación de la calidad de imagen en el negatoscopio.  
Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,2,4** Evaluación de la densidad óptica del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156

Materiales:

- ❖ Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156, disco acrílico de 2 mm de espesor y aproximadamente 1 cm de diámetro, densitómetro en el rango de 0,7 DO a 3,45 DO, chasis mamográficos y películas, lupa de 2X o mayor a esta resolución, negatoscopio.

Criterios de Calidad:

- ❖ Densidad óptica de fondo de la imagen del fantoma: en un intervalo de 1,5 DO - 1,9 DO
- ❖ Variación de densidad óptica entre control y control  $\leq 0,2$  DO
- ❖ DD(Diferencia de densidades):  $0,40 \pm 0,05$

Procedimiento:

- ❖ Colocar el chasis mamográfico en el portachasis.
- ❖ Ubicar el fantoma sobre el soporte de mama y el disco acrílico sobre el mismo aproximadamente a 0,5 cm del borde más delgado del maniquí.
- ❖ Colocar el chasis mamográfico en el portachasis.
- ❖ Bajar el compresor.
- ❖ Realizar una exposición.
- ❖ Procesar el chasis e imprimir en una película radiográfica.
- ❖ Medir la densidad óptica de fondo la misma que es medida en el centro geométrico de la imagen y anotar el valor medido en la hoja de registro.
- ❖ Medir la densidad óptica del disco así como la densidad óptica en un punto adyacente al disco perpendicular al eje cátodo-ánodo.
- ❖ Calcular la diferencia de densidad óptica entre la densidad del disco y la densidad del punto adyacente, tomar el valor absoluto de la diferencia, calcular su error absoluto y anotar los resultados en las hojas de registro.



**Figura 16-3** Medición de densidad óptica en un punto adyacente al disco de acrílico.

Fuente: Jessica Fares



**Figura 17-3** Medición de densidad óptica en el centro geométrico de la imagen.

Fuente: Jessica Fares

Método de cálculo

$$DD = |Densidad\ del\ disco - Densidad\ del\ punto\ adyacente|$$

$$Error\ absoluto = Valor\ medido - Valor\ promedio$$

### **3,1,3,2,5** Inspección visual de la imagen impresa

Materiales:

- ❖ Films vírgenes, film que presenta escala de grises.

Periodicidad:

- ❖ Semanal/Tras cambios.

Criterios de Calidad:

- ❖ Las imágenes que presentan los films deben ser sin artefactos, sin distorsión y se deberá tener una completa visualización de la escala de grises.

Procedimiento:

- ❖ Inspeccionar brevemente las condiciones de la red de visualización.
- ❖ Observar el film impreso en un negatoscopio para determinar la presencia o no de artefactos, distorsión que pueda afectar la calidad de imagen.
- ❖ Colocar sobre el negatoscopio el film que presenta el patrón de escala de grises y realizar una observación visual de la misma.
- ❖ Comparar el patrón de escala de grises actual con el patrón de escala de grises anterior, observando que no exista variación de densidades en la escala, pues las dos escalas se presentarán similares, en caso de detectar anomalías efectuar un control más detallado de la impresora.



**Figura 18-3** Comparación en el negatoscopio entre dos escalas de grises.  
Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,3 Pruebas mensuales**

#### **3,1,3,3,1 Estudio de la tasa de rechazo de placas mamográficas**

Materiales:

- ❖ Películas rechazadas

Criterios de Calidad:

- ❖ Tasa de películas rechazadas entre el 6%-10% al principio de los programas de garantía de calidad, con el paso del tiempo suele reducirse a valores inferiores al 5%.

Procedimiento:

- ❖ Reunir las películas rechazadas durante un período de 15 días a un mes.
- ❖ Anotar en las hojas de registro el número total de estudios realizadas durante el mismo período de tiempo, así como también el encargado de decidir la repetición del estudio.
- ❖ Reconocer en cada caso los motivos específicos del rechazo.
- ❖ Representar con una clave y anotar en la hoja de registro junto con el tipo de proyección realizada.
- ❖ Calcular la tasa de rechazo y anotar en las hojas de registro.



**Figura 19-3** Placas mamográficas almacenadas en mamografía.

Fuente: Jessica Fares

Método de cálculo

$$Tasa\ de\ rechazo(\%) = \frac{N^{\circ}\ de\ películas\ rechazadas}{N^{\circ}\ de\ películas\ realizadas}$$

### **3,1,3,4 Pruebas semestrales**

#### **3,1,3,4,1 Uniformidad entre chasis**

Materiales:

- ❖ Chasis cargados, películas radiográficas, fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.

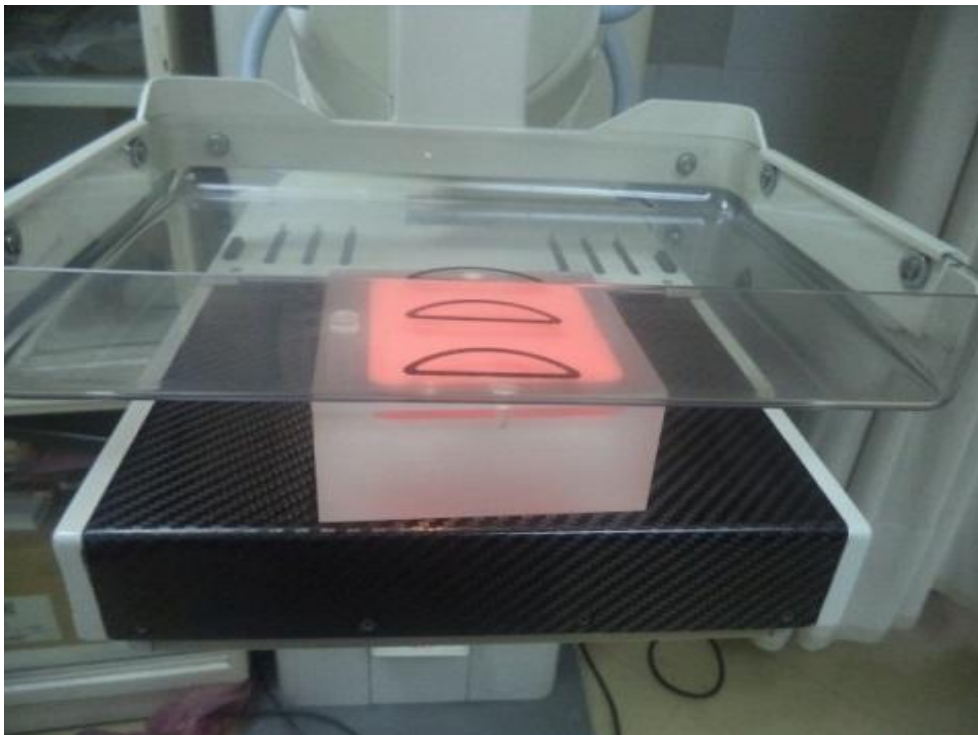
Criterios de Calidad:

- ❖ Uniformidad: < 0.3 DO, Atenuación: < 5 %

Procedimiento:

- ❖ Clasificar los chasis a ser evaluados según la utilidad de los mismos, incluir en la hoja de registro el número de serie de cada chasis.
- ❖ Ubicar el chasis cargado en el portachasis.

- ❖ Colocar el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 sobre el soporte de mama, asegurarse de que el lado de cera del fantoma se ubique sobre los detectores del control automático de exposición.
- ❖ Bajar el compresor hasta contactar con el fantoma.
- ❖ Usando el modo CAE exponer el chasis y anotar los factores de exposición (27 kV, 78 mAs- 87.5 mAs), repetir el mismo procedimiento para cada chasis.
- ❖ Procesar el chasis e imprimir en una película radiográfica, para cada chasis.
- ❖ Para medir la densidad óptica, encender el densitómetro, encerarlo y esperar diez minutos, comprobar su correcto funcionamiento mediante las tiras de control de densidad, colocar el film radiográfico sobre la lente del densitómetro ubicando la imagen del fantoma a 4 cm de la pared torácica y centrado lateralmente, medir la densidad.
- ❖ Anotar estos valores en la hoja de registro; repetir estos pasos para cada chasis a ser evaluado.
- ❖ Entre todos los valores medidos por inspección visual buscar los valores que presentan una densidad óptica máxima y mínima, hallar su diferencia, anotar en la hoja de registro; buscar los valores de mAs máximo y mAs mínimo, hallar su diferencia, anotar en la hoja de registro.



**Figura 20-3** Verificación de uniformidad y atenuación de chasis usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.

Fuente: Jessica Fares

### 3,1,3,4,2 Exactitud y repetibilidad de la tensión del tubo

Materiales:

- ❖ Multímetro (Intervalo: 50 V-500 V)

Criterios de Calidad:

- ❖ Exactitud: < 5%, Repetibilidad: < 2%

Procedimiento:

- ❖ Escoger por lo menos tres valores de voltaje (U) dentro del rango establecido (23 kV a 35 kV) por el fabricante del equipo.
- ❖ Anotar en la hoja de registro los valores de kV seleccionados y el tamaño de foco utilizado.
- ❖ Conectar el multímetro a uno de los puertos de entrada para kilovoltaje en la consola.
- ❖ Colocar un chasis en el portachasis.
- ❖ En forma manual realizar como mínimo tres exposiciones para cada valor escogido; se recomienda usar valores de miliamperage por segundo en el intervalo de 61mAs a 72 mAs y anotar estos valores en la hoja de registro.



**Figura 21-3** Medición de la tensión aplicada al tubo de rayos X.  
Fuente: Jessica Fares

Método de cálculo

Exactitud

Establecer para cada valor de U (voltaje medido en kV) escogido, la desviación porcentual resultante entre el valor nominal y el valor medido (para cada voltaje escogido, tomar el primer valor), conforme la siguiente fórmula:

$$Desviación(\%) = 100 \frac{(U_{nom} - U_{medido})}{U_{nom}}$$

Donde  $U_{nom}$  es el valor nominal que indica el tubo,  $U_{medido}$  es el valor medio medido.

Anotar en la hoja de registro los resultados obtenidos.

Repetibilidad

Dentro de los valores medidos para cada kilovoltaje (U) calcular el valor promedio  $U_{prom}$ , la desviación estándar  $s_U$  y el coeficiente de variación (CV):

$$CV(\%) = 100 \frac{s_U}{U_{prom}}$$

### **3,1,3,4,3** Exactitud y repetibilidad del miliamperage por segundo

Materiales:

- ❖ Medidor de miliamperage por segundo

Criterios de Calidad:

- ❖ Exactitud: 2%
- ❖ Repetibilidad: 5%

Procedimiento:

- ❖ Escoger por lo menos tres valores de mAs dentro del rango establecido por el fabricante del equipo (28 mAs a 188 mAs).
- ❖ Anotar en la hoja de registro los valores de mAs seleccionados y el tamaño de foco utilizado.
- ❖ Conectar el medidor de intensidad de corriente a uno de los puertos de entrada para el miliamperage por segundo en la consola.



- ❖ Colocar un chasis en el portachasis.
- ❖ En forma manual realizar como mínimo tres exposiciones para cada valor escogido; se recomienda usar valores de kilovoltaje en el intervalo de 22 kV a 23 kV para no dañar el tubo y anotar estos valores en la hoja de registro.



**Figura 22-3 Medición del miliamperage por segundo.**

Fuente: Jessica Fares

Método de cálculo

Exactitud

Establecer para cada valor de mAs escogido la desviación porcentual resultante entre el valor nominal (20 mAs, 80 mAs, 180 mAs) y el valor medido (para cada mAs escogido, tomar el primer valor) conforme la siguiente fórmula:

$$Desiación(\%) = 100 \frac{(mAs_{nom} - mAs_{medido})}{mAs_{nom}}$$

Donde  $mAs_{nom}$  es el valor nominal que indica el tubo,  $mAs_{medido}$  es el valor medio medido. Anotar en la hoja de registro los resultados obtenidos.

Repetibilidad

Dentro de los valores medidos para cada mAs, calcular el valor promedio  $mAs_{prom}$ , la desviación estándar  $s_{mAs}$  y el coeficiente de variación (CV):

$$CV(\%) = 100 \frac{S_{mAs}}{mAs_{prom}}$$

### **3,1,3,4,4 Radiación de fuga**

Materiales:

- ❖ Tapa plomada ajustada a las mediciones de la ventana de emisor de rayos X, cuatro chasis para mamografía, cámara de ionización apropiada para mamografía.

Criterios de Calidad:

- ❖ En caso de detectar la presencia de radiación de fuga, el valor de la tasa de radiación de fuga será  $< 1$  mSv en 1 hora a una distancia de 1 m del foco del tubo de rayos X y a la máxima carga del tubo promediando sobre un área que no exceda los 100 cm<sup>2</sup>.

Procedimiento:

- ❖ Colocar la tapa plomada en el colimador para impedir la emisión de radiación primaria.
- ❖ Cubrir el cabezal del tubo de rayos X con la ayuda de cuatro chasis señalados para su posterior identificación, los cuales serán sujetados con cinta adhesiva.
- ❖ Hacer una exposición con el máximo valor de la tensión aplicada al tubo de rayos X (35 kV) y un valor razonable de mAs (80 mAs) para de esta manera no dañar el tubo.
- ❖ Procesar los chasis, imprimir las imágenes obtenidas en films radiográficos e identificar aquellos que presentan puntos negros con mayor nivel de ennegrecimiento lo cual indica la presencia de radiación de fuga.
- ❖ Medir los valores de kerma en aire en la zona o zonas en donde se ha indicado la presencia de radiación de fuga, ubicando una cámara de ionización a una distancia aproximada de 5 cm; anotar en la hoja de registro las lecturas obtenidas y además el valor de la tasa de kerma en mGy/h a una distancia de 1 m del foco del tubo de rayos X.



**Figura 23-3** Comprobación de radiación de fuga usando chasis mamográficos.  
Fuente: Jessica Fares



**Figura 24-3** Medición de radiación de fuga usando una cámara de ionización y un detector semi conductor tipo T60005-001028.  
Fuente: Jessica Fares

#### Método de cálculo

Transformar las lecturas extraídas a mGy/h a una distancia de 1 m del foco del tubo de rayos X y a la máxima carga del tubo aplicando la siguiente ecuación:

$$K_{RF} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{I_0} K_0$$

Donde  $K_{RF}$  es la tasa de radiación de fuga,  $I_{m\acute{a}x}$  el valor de intensidad de corriente máxima del tubo especificada por el fabricante,  $I_0$  es la corriente empleada y  $K_0$  es la lectura transformada a mSv/h, expresada en dosis equivalente ambiental; anotar los datos en la hoja de registro.

### **3,1,3,4,5 Fuerza de compresión**

Materiales:

- ❖ Báscula analógica, dos toallas.

Criterios de Calidad:

- ❖ La fuerza de compresión debe estar en un rango de 110 (N) newton (25 libras fuerza o 11.5 kilogramos fuerza) a 200 (N) newton (45 libras fuerza o 20.4 kilogramos fuerza). Si después de procesar los datos medidos se observa un resultado distinto al rango de tolerancia admisible comunicar al encargado de mantenimiento del equipo.

Procedimiento:

- ❖ Colocar una toalla sobre el soporte de mama.
- ❖ Ubicar la báscula con la aguja medidora de peso orientada hacia la pared del tórax.
- ❖ Cubrir la báscula con otra toalla con la finalidad de proteger el compresor.
- ❖ Accionar el compresor para que opere y se detenga de modo automático.
- ❖ Leer y anotar el valor de la fuerza de compresión en la hoja de registro.
- ❖ Por lo general el peso medido será en libras o kilogramos por lo que se multiplicará por el valor de la gravedad ( $9.8 \frac{m}{s^2}$ ) para obtener el valor de la fuerza en newton.



**Figura 25-3 Medición de fuerza de compresión.**

Fuente: Jessica Fares

### 3,1,3,4,6 Iluminación de las salas de observación para mamografía

Materiales:

- ❖ Medidor de luz (luxómetro) en el rango de 1 lux-1000 lux

Criterios de Calidad:

- ❖ Iluminación de la sala:  $\leq 50$  lux

Procedimiento:

- ❖ Situar el detector del fotómetro a una distancia de 50 cm del negatoscopio previamente apagado.
- ❖ En caso de existir más negatoscopios se procederá a apagarlos.
- ❖ Dirigir el detector del fotómetro hacia las luces de iluminación ambiental y medir la luz ambiental, anotar los valores medidos en las hojas de registro.



**Figura 26-3** Medición de la sala de iluminación usando el luxómetro.

Fuente: Jessica Fares

### 3,1,3,4,7 Luminancia y homogeneidad de los negatoscopios

Materiales:

- ❖ Medidor de luz (luxómetro) que mida luminancia en el rango de  $100 \text{ cd/m}^2$ - $7000 \text{ cd/m}^2$

Criterios de Calidad:

- ❖ Luminancia:  $> 3000 \text{ cd/m}^2$  (nit)
- ❖ Uniformidad de la luminancia:  $<30\%$  en diferentes áreas de un mismo negatoscopio,  $<15\%$  entre negatoscopios del mismo puesto de trabajo.

Procedimiento:

- ❖ En cada negatoscopio a ser evaluado dibujar 3 puntos en la parte superior, 3 puntos en la parte intermedia y 3 puntos en la parte inferior, los puntos ubicados estarán separados a la misma distancia.
- ❖ Ubicar el medidor en contacto con el área de cada uno de los puntos seleccionados.
- ❖ Medir la luminancia en cada punto y anotar los valores en las hojas de registro.
- ❖ Repetir el mismo procedimiento para cada negatoscopio.
- ❖ Calcular la desviación máxima de cada negatoscopio y entre todos los negatoscopio evaluados.



**Figura 27-3** Medición de la luminancia de los negatoscopios usando el luxómetro.  
Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,5 Pruebas anuales**

#### **3,1,3,5,1 Evaluación de la repetibilidad del CAE**

Materiales:

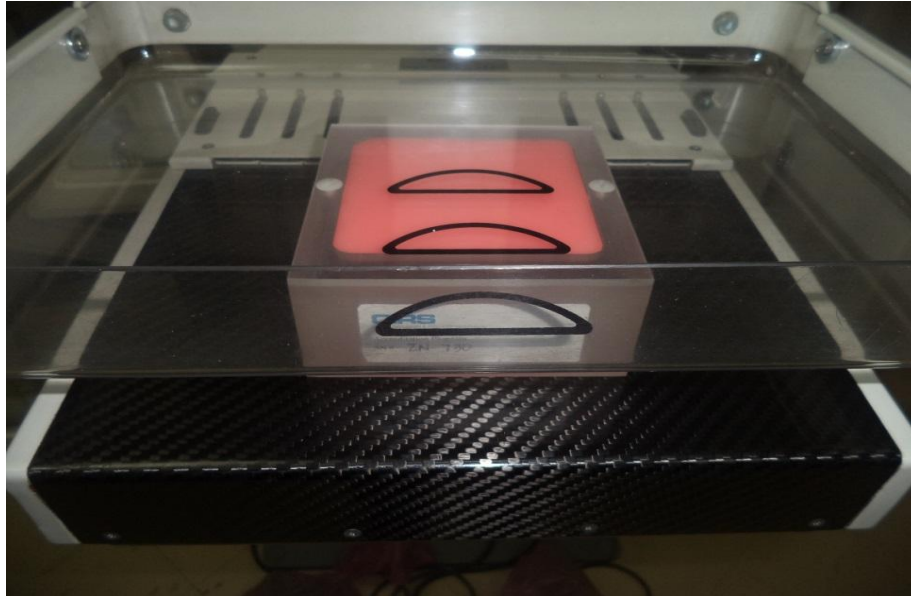
- ❖ Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156, chasis para mamografía, densitómetro (rango de 0,7 DO a 3,45 DO), dosímetro de cámara de ionización y electrómetro adecuado para mamografía con exactitud del 5%, repetibilidad del 5%.

Criterios de Calidad:

- ❖ Repetibilidad de mAs o kerma (mGy): 5%
- ❖ Repetibilidad de la DO: Máxima desviación: < 0,1 DO

Procedimiento:

- ❖ Escoger el modo de exposición automática del equipo; en el panel de control del equipo ubicar el control de densidades y elegir la posición 0.
- ❖ Usar el chasis utilizado en todas las pruebas y colocarlo en el portachasis.
- ❖ Colocar sobre el soporte de mama el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.
- ❖ Escoger la tensión y combinación blanco/filtro más usada clínicamente para una mama cuyo espesor es de 4,2 cm y realizar como mínimo cinco exposiciones.
- ❖ Registrar los valores de kV y de mAs, procesar los chasis, medir las densidades ópticas en una zona situada a 4 cm de la pared torácica y centrada lateralmente.
- ❖ Anotar los valores en la hoja de registro y calcular su valor medio.
- ❖ En el caso de observar fallos en la repetibilidad del CAE, se sugiere también medir el kerma colocando una cámara de ionización sobre el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 de tal forma que no obstruya el detector del CAE.
- ❖ La utilización de esta medida permite distinguir la causa de los posibles fallos ya que puede darse debido al mal funcionamiento del generador o del selector del dispositivo del CAE.
- ❖ En caso de observar fallos proceder a calcular la repetibilidad del CAE en función de los valores de kerma medidos en las cinco exposiciones.



**Figura 28-3** Verificación de repetibilidad del CAE usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 de 4,2 mm de espesor.

Fuente: Jessica Fares

Método de cálculo

Repetibilidad

Establecer el coeficiente de variación de mAs o del Kerma de las imágenes obtenidas en condiciones similares:

$$CV(\%) = 100 \frac{S_{mAs}}{mAs_{promedio}} \quad \text{o} \quad CV(\%) = 100 \frac{S_{Kerma}}{Kerma_{promedio}}$$

En donde  $S_{mAs}$  o  $S_{Kerma}$  es la desviación estándar que se obtendrá de los cinco valores de mAs o de Kerma;  $mAs_{promedio}$  es el promedio de los cinco valores de mAs y  $Kerma_{promedio}$  es el promedio de los cinco valores de Kerma.

Establecer la máxima desviación de las imágenes obtenidas en condiciones similares:

$$\text{Máxima desviación} = |DO_i - DO_{promedio}|_{max}$$

En donde  $DO_i$  son cada uno de los valores de DO medidos y  $DO_{promedio}$  es el promedio de los cinco valores de DO medidos.



### 3,1,3,5,2 Evaluación del incremento de densidad óptica por el paso del selector de densidades.

Materiales:

- ❖ Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156, chasis para mamografía, densitómetro (rango de 0,7 DO a 3,45 DO).

Criterios de Calidad:

- ❖ DO: 0,1-0,2
- ❖ mAs: 12%-15%

Procedimiento:

- ❖ Escoger el modo de exposición automática del equipo.
- ❖ En el panel de control del equipo ubicar el control de densidades y elegir al menos cinco posiciones diferentes, por ejemplo: -2, -1, 0, +1, +2.
- ❖ Usar el chasis utilizado en todas las pruebas y colocarlo en el portachasis. Ubicar el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 de 4,2 cm de espesor sobre el soporte de mama y bajar el compresor.
- ❖ Realizar una exposición.
- ❖ Repetir el mismo procedimiento para cada una de las posiciones del control de densidades.
- ❖ Exponer un solo chasis para cada posición seleccionada.
- ❖ Anotar los valores de kV y mAs registrados durante cada exposición.
- ❖ Procesar los chasis, medir las densidades ópticas en una zona situada a 4 cm de la pared torácica y centrada lateralmente.



**Figura 29-3** Medición de la densidad óptica por cada paso de selector de densidad usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 de 4,2 mm de espesor.

Fuente: Jessica Fares

❖ Método de cálculo para el incremento de la DO por paso del selector de densidades.  
Establecer las diferencias de DO correspondientes a las imágenes obtenidas en cada paso seleccionado del control de densidades.

$$\Delta DO = |DO_i - DO_{i+1}|$$

En donde  $DO_i$  es el valor de densidad óptica en la primera posición del selector,  $DO_{i+1}$  es el valor de densidad óptica en la siguiente posición del selector.

❖ Método de cálculo para el incremento de mAs por paso del selector de densidades.  
Establecer las diferencias entre los valores de mAs correspondientes a dos pasos consecutivos dado en porcentaje en relación al valor más alto de ellos.

$$\Delta mAs = 100 \frac{|mAs_i - mAs_{i+1}|}{mAs_{i+1}}$$

En donde  $mAs_i$  es la lectura del primer valor en la primera posición,  $mAs_{i+1}$  es la lectura del valor consecutivo de la posición siguiente.

### **3,1,3,5,3** *Coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación*

Materiales:

❖ Cinta métrica, placas radiográficas, cuatro objetos metálicos, chasis grande, chasis pequeño.

Criterios de Calidad:

❖  $\pm 5$  mm en cualquiera de los lados.

Procedimiento:

❖ Retirar el compresor.

❖ Ubicar un chasis sobre el soporte de mama de tal modo que sobrepase 2 cm del borde de la pared torácica.

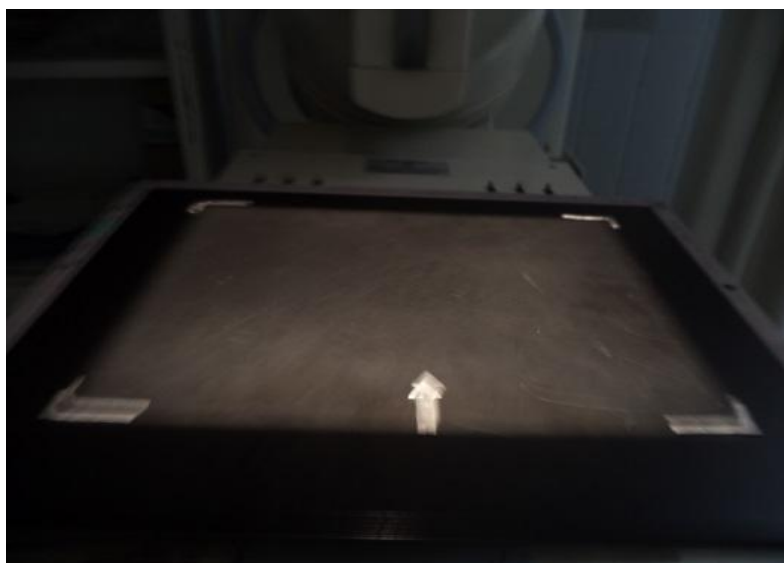
❖ Colocar el otro chasis en el portachasis.

❖ Apagar las luces de la sala de mamografía.

❖ Encender el botón de luz de campo, ubicar los cuatro objetos metálicos en las esquinas de tal forma que coincidan con los bordes del campo de luz.

❖ Colocar el compresor a 6 cm del soporte de mama.

- ❖ Realizar una exposición usando control automático.
- ❖ Procesar el chasis colocado sobre el soporte en el digitalizador; imprimir en films radiográficos.
- ❖ Precisar la coincidencia del campo de luz con el campo de radiación midiendo la distancia entre los bordes del campo de radiación y los bordes de las imágenes de los objetos radiopacos.
- ❖ Anotar los resultados en las hojas de registro.



**Figura 30-3** Evaluación de la coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación.  
Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,5,4** *Coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen*

Materiales:

- ❖ Cinta métrica, placas radiográficas, cinco objetos metálicos, chasis grande, chasis pequeño.

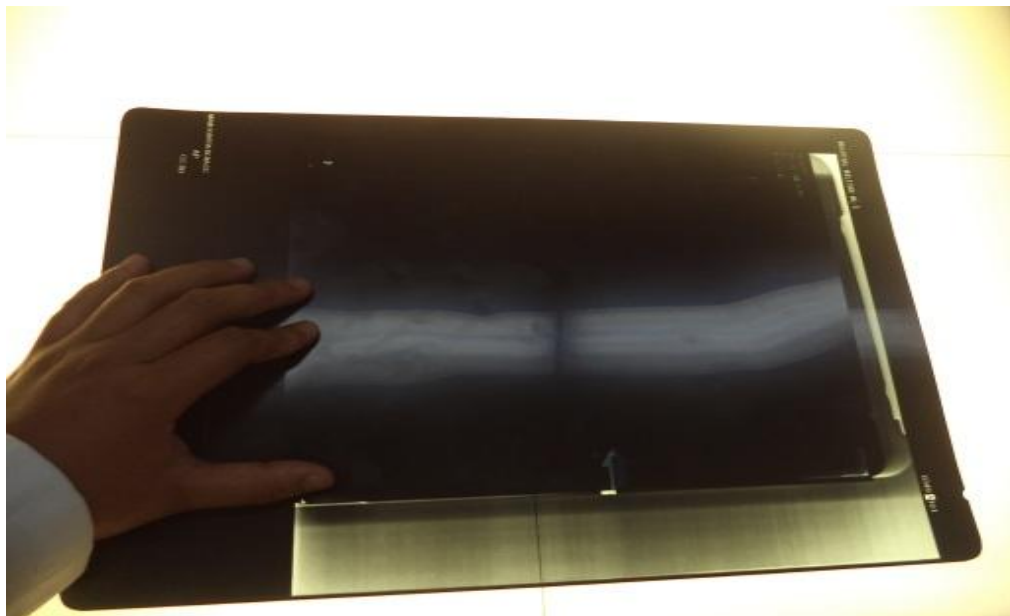
Criterios de Calidad:

- ❖  $\leq 2\%$  DFP en los otros lados,  $\leq 5$  mm en el lado del tórax.

Procedimiento:

- ❖ Retirar el compresor.

- ❖ Ubicar un chasis sobre el soporte de mama de tal modo que sobrepase 2 cm del borde de la pared torácica.
- ❖ Colocar el otro chasis en el portachasis.
- ❖ Apagar las luces de la sala de mamografía.
- ❖ Encender el botón de luz de campo.
- ❖ Ubicar los cuatro objetos metálicos en las esquinas de tal forma que coincidan con los bordes del campo de luz, colocar un objeto metálico en el borde del campo de luz de la pared torácica.
- ❖ Colocar el compresor a 6 cm del soporte de mama.
- ❖ Realizar una exposición usando control automático.
- ❖ Procesar en el digitalizador el chasis colocado sobre el soporte de mama así como también el chasis ubicado en el portachasis e imprimir en films radiográficos.
- ❖ Sobreponer los films impresos sobre el negatoscopio haciendo coincidir los bordes más superficiales de los objetos metálicos con los bordes del film radiográfico del receptor de imagen.
- ❖ Precisar la coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen midiendo la declinación del film impreso del chasis colocado sobre el soporte, con el film impreso del chasis ubicado sobre el portachasis.
- ❖ Anotar los resultados en la hoja de registro.



**Figura 31-3 Evaluación de la coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen.**

Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,5,5** *Alineación de la bandeja de compresión con el soporte de mama*

Materiales:

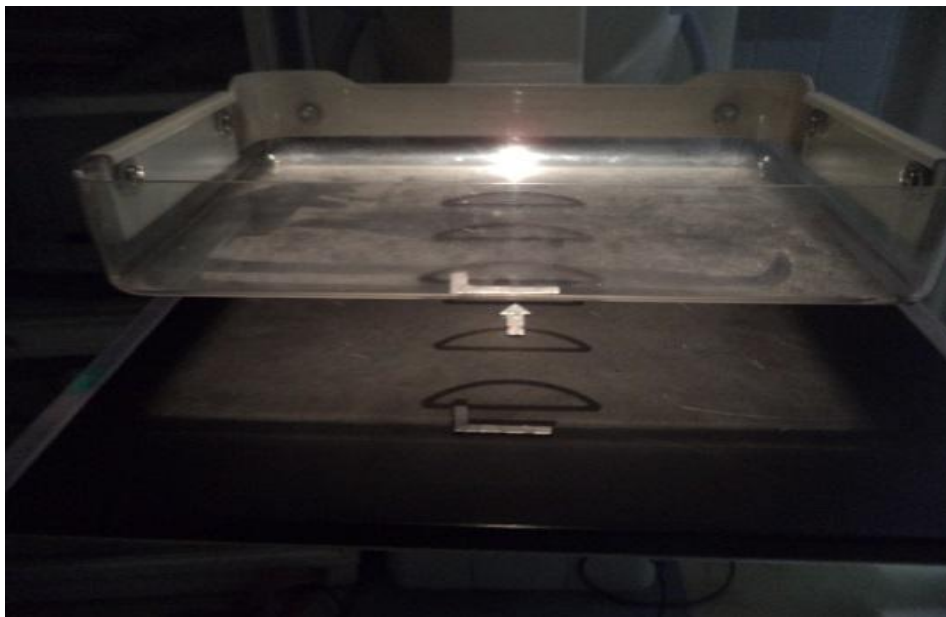
- ❖ Cinta métrica, placas radiográficas, seis objetos metálicos, chasis grande, chasis pequeño.

Criterios de Calidad:

- ❖  $\leq 1\%$  DFP

Procedimiento:

- ❖ Retirar el compresor.
- ❖ Ubicar un chasis sobre el soporte de mama, de tal modo que sobrepase 2 cm del borde de la pared torácica.
- ❖ Colocar el otro chasis en el portachasis.
- ❖ Apagar las luces de la sala de mamografía.
- ❖ Encender el botón de luz de campo.
- ❖ Ubicar los cuatro objetos metálicos en las esquinas de tal forma que coincidan con los bordes del campo de luz, colocar un quinto objeto metálico en el borde del campo de luz de la pared torácica, colocar un sexto objeto metálico en la parte superior del compresor tangente al borde torácico.
- ❖ Colocar el compresor en su lugar a 6 cm del soporte de mama.
- ❖ Realizar una exposición usando control automático.
- ❖ Procesar los chasis colocados sobre y en el portachasis en el digitalizador, imprimir en films radiográficos.
- ❖ Precisar la coincidencia entre el borde del compresor con el borde del soporte perteneciente a la pared del tórax midiendo la distancia del borde superficial del objeto metálico que estaba en el compresor con el borde del objeto metálico del film obtenido del portachasis, anotar el resultado en las hojas de registro.



**Figura 32-3** Evaluación de la bandeja de compresión con el soporte de mama.  
Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,5,6** Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión

Materiales:

- ❖ Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156, seis láminas de polimetacrilato de metilo (PMMA) de 1 cm y una de 0,5 cm de espesor, chasis cargado.

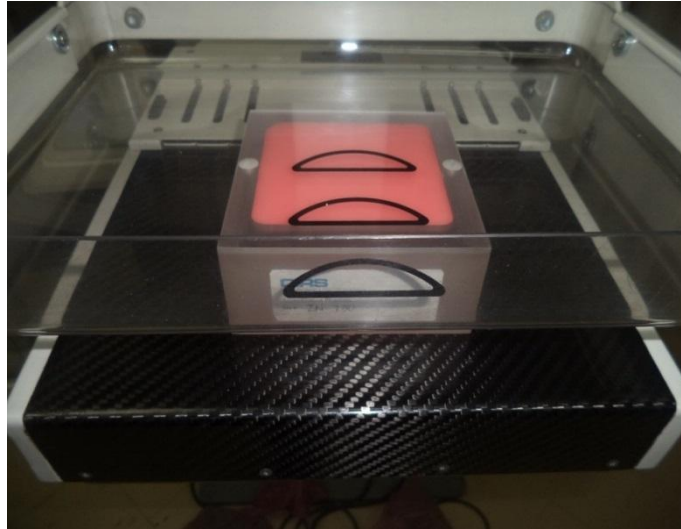
Criterios de Calidad:

- ❖ Exactitud: Desviación  $\leq 5$  mm

Procedimiento:

- ❖ Escoger el modo de exposición automática del equipo.
- ❖ En el panel de control del equipo ubicar el control de densidades y elegir la posición 0.
- ❖ Usar el chasis utilizado en todas las pruebas y colocarlo en el portachasis.
- ❖ Ubicar el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 sobre el soporte de mama.
- ❖ Bajar el compresor hasta contactar con el fantoma.
- ❖ Verificar en la ventanilla de soporte el espesor comprimido.
- ❖ Repetir el mismo procedimiento para otros espesores de 2 cm, 4 cm, 5 cm y 6 cm de PMMA.

- ❖ Anotar los resultados en las hojas de registro.



**Figura 33-3** Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.

Fuente: Jessica Fares

### **3,1,3,5,7** *Determinación de la distancia foco-imagen*

Materiales:

- ❖ Flexómetro o cinta métrica.

Criterios de Calidad:

- ❖  $DFI > 60$  cm con una desviación de  $\pm 2\%$  respecto al valor nominal.

Procedimiento:

- ❖ Medir con el flexómetro o la cinta métrica la distancia desde el foco indicado en el equipo, que por lo general se ubica en el lado lateral del cabezal del tubo de rayos X hasta el receptor de imagen.
- ❖ Anotar este valor en la hoja de registro.

Método de cálculo:

El cálculo de desviación porcentual se determinará entre el valor medido y el valor indicado por el fabricante.



**Figura 34-3 Medición de la distancia foco-imagen.**  
Fuente: Jessica Fares

#### Observación

Por el momento se sugiere realizar las pruebas de control de calidad en función del protocolo descrito, pero además se recomienda realizar las siguientes pruebas, que debido a falta de instrumentación no se han podido ejecutar.

#### **Pruebas del generador y tubo de rayos X**

##### 1. *Espesor hemirreductor (EHR)*

#### Materiales:

- ❖ Dosímetro de cámara de ionización y electrómetro apropiado para mamografía con una exactitud de  $\pm 5\%$  y una repetibilidad del 5%.

#### Periodicidad:

- ❖ Anual



Criterios de Calidad:

- ❖  $0,31 \leq \text{EHR} \leq 0,40 \text{ mmAl}$

## 2. Repetibilidad y linealidad del rendimiento

Materiales:

- ❖ Cámara de ionización y electrómetro apropiado para mamografía con una exactitud de  $\pm 5\%$  y una repetibilidad del 5%.

Periodicidad:

- ❖ Anual

Criterios de Calidad:

- ❖ Repetibilidad:  $< 10\%$
- ❖ Linealidad:  $< 10\%$

## 3. Valor del rendimiento

Materiales:

- ❖ Cámara de ionización y electrómetro apropiado para mamografía con una exactitud de  $\pm 5\%$  y una repetibilidad del 5%.

Periodicidad:

- ❖ Anual

Criterios de Calidad:

- ❖ Rendimiento:  $> 30 \mu\text{Gy/mAs}$  (a 1 m y 28 kV)

## **Pruebas de calidad de imagen**

### *4. Resolución Espacial*

Materiales:

- ❖ Patrón de resolución con un máximo de 20 lp/mm
- ❖ Placas de polimetacrilato de metilo (PMMA)
- ❖ Lupa

Periodicidad:

- ❖ Anual

Criterios de Calidad:

- ❖  $\geq 10$  lp/mm en las dos direcciones.

## **Pruebas Dosimétricas**

### *5. Dosis en aire en la superficie de entrada*

Materiales:

- ❖ Dosímetro de cámara de ionización apropiado para mamografía con una exactitud de  $\pm 5\%$  y una repetibilidad del 5%.
- ❖ Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156
- ❖ Termómetro
- ❖ Barómetro

Periodicidad:

- ❖ Anual

Criterios de Calidad:

- ❖ Sin Rejilla < 6 mGy
- ❖ Con Rejilla < 15 mGy

#### 6. *Dosis glandular promedio*

Materiales:

- ❖ Cámara de ionización apropiado para mamografía con una exactitud de  $\pm 5\%$  y una repetibilidad del 5%.
- ❖ Fantoma de acreditación mamográfico modelo 156
- ❖ Termómetro
- ❖ Barómetro

Periodicidad:

- ❖ Anual

Criterios de Calidad:

- ❖ Sin Rejilla < 1 mGy
- ❖ Con Rejilla < 3 mGy

#### **Pruebas de control de rejilla**

#### 7. *Factor de exposición de la rejilla o del sistema de rejilla*

Materiales:

- ❖ Maniquí patrón, dosímetro, películas y densitómetro.

Periodicidad:

- ❖ Tras cambios

Criterios de Calidad:

- ❖  $< 3$  con un de Mo/Mo y con un kilovoltaje de 28 kV

8. *Exactitud y repetibilidad del tiempo de exposición*

Materiales:

- ❖ Medidor del tiempo de exposición en el intervalo de 1 ms a 99 s, con una exactitud del 5% y una repetibilidad del 5%.

Periodicidad:

- ❖ Semestral

Criterios de Calidad:

- ❖ Exactitud:  $< 10\%$  para tiempos mayores o iguales a 200 ms y  $< 15\%$  para tiempos inferiores a 200 ms.
- ❖ Repetibilidad:  $< 10\%$

## CONCLUSIONES

- ❖ El aprovechamiento de las bondades del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 permitió establecer pruebas de control de calidad para incluirlas en la elaboración del protocolo de control de calidad para el equipo de mamografía modelo MAMMOMAT 3000 NOVA del Hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 con el propósito de garantizar una alta calidad mamográfica y una baja dosis para la paciente.
- ❖ La descripción del mamógrafo modelo Mammomat 3000 Nova permitió conocer las características de cada una de las partes que constituyen el equipo mamográfico, facilitando así la utilización de dicho equipo para el desarrollo de las pruebas de control de calidad que se hacen constar en el protocolo elaborado.
- ❖ La revisión de protocolos internacionales de control de calidad en mamografía permitió establecer los fundamentos básicos y criterios de calidad para la elaboración de las pruebas de control que se hacen constar en el protocolo elaborado para el equipo de mamografía modelo Mammomat 3000 Nova del hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1 mediante el uso del fantoma de acreditación mamográfico modelo 156.
- ❖ Se desarrollaron pruebas de control de calidad para el mamógrafo modelo Mammomat 3000 Nova usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 en lugar de otros materiales, las cuales consisten en pruebas de calidad de imagen, control automático de exposición, determinación de la exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión.
- ❖ Al aplicar el protocolo de control de calidad elaborado para el mamógrafo modelo Mammomat 3000 Nova, usando el fantoma de Acreditación Mamográfico modelo 156 del hospital de Especialidades Fuerzas Armadas No.1, se verificó que tanto el equipo mamográfico como los sistemas complementarios que forman la unidad mamográfica funcionan correctamente ya que se encuentran dentro de los rangos de tolerancia exigibles.
- ❖ Al evaluar la calidad de imagen usando el fantoma de acreditación mamográfico modelo 156 en las pruebas de control aplicadas semanalmente durante un periodo de 30 días, se determinó que la misma no varía entre control y control, por lo que se consideró que la

calidad de imagen es aceptable, lo que asegura un diagnóstico más acertado en la prevención y detección temprana de cáncer de mama.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Los instrumentos que vienen con certificado de calibración y que van a ser utilizados en las pruebas de control de calidad deben estar correctamente calibrados, asegurándose de que se los haya calibrado en los últimos dos años, caso contrario calibrarlos según la especificaciones del fabricante.
- ❖ Para la mejora continua del presente protocolo elaborado implementar las pruebas de control de calidad sugeridas bajo observación al final del capítulo iii una vez que se hayan adquirido los materiales necesarios.
- ❖ Capacitar en la realización de las pruebas de control de calidad, en el uso adecuado de radiación ionizante y en el funcionamiento apropiado del equipo mamográfico al personal que labora en mamografía.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE & ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (ARCAL/OIEA).** *Protocolo de control de calidad en mamografía.* 2006 ed. Madrid-España: ARCAL/OIEA, 2006, pp.1-62

**AGENCIA PÚBLICA DE NOTICIAS DE QUITO.** *Cáncer de mama considerada primera causa de muerte de mujeres en Quito.* Quito-Ecuador: Agencia Pública de Noticias de Quito, 2014.

[http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news\\_user\\_view/cancer\\_de\\_mama\\_considerada\\_primera\\_causa\\_de\\_muerte\\_de\\_mujeres\\_en\\_quito--7641](http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/cancer_de_mama_considerada_primera_causa_de_muerte_de_mujeres_en_quito--7641)

2014-02-17

**BELTRÁN ORTEGA, Arturo.** *Cáncer de mama-México.* México- México: Arturo Beltrán Ortega, 2010.

[http://www.facmed.unam.mx/sms/temas/2010/10\\_oct\\_2k10.pdf](http://www.facmed.unam.mx/sms/temas/2010/10_oct_2k10.pdf)

2014-02-11.

**BONILLA GARCÍA, Azucena.** *Elaboración de un protocolo de control de calidad para el mamógrafo digital tipo Melody del departamento de Imagenología del hospital Provincial General Docente Riobamba.* Tesis Pregrado (Biofísico).Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Física y Matemática, 2011.p.6

**BRANDAN, María E.; VILLASEÑOR NAVARRO, Yolanda.** *Detección del cáncer de mama: estado de la mamografía en México* México-México: María Brandan & Yolanda Villaseñor, 2007.

<http://www.incan.org.mx/revistaincan/elementos/documentosPortada/1172289111.pdf>

2014-04-09

**DELTA OHM.** HD32.3 - *Wet Bulb Glob Temperature (WBGT) - Predicted Mean Vote (PMV) - Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD).* 1.3 ed.rev. Padova-Italia: Delta Ohm, 2013, pp.2-6



**DIARIO MANABITA DE LIBRE PENSAMIENTO.** *Leones se unen para prevenir el cáncer de mama.* Manabí-Ecuador: Diario Manabita de Libre Pensamiento, 2014.

<http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/307433-leones-se-unen-para-prevenir-el-2014-03-04>.

**FUNDACIÓN POLY UGARTE.** *Misión, Objetivos.* Guayaquil-Ecuador, Fundación Poly Ugarte, 2006.

<http://www.fundacionpolyugarte.org/>  
2014-03-04

**GAMMEX.** *Fantoma de acreditación mamográfica, modelo 156.* Biebertal-Alemannia: Dimas Alvarado, 2005.

<http://es.scribd.com/doc/205658518/006233-00-05-156-Mammo-UG-Sp>  
2014-03-20.

**INSTITUTO NACIONAL DE CÁNCER & MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN.**

*Manual Operativo para el uso de Mamografía en Tamizaje.* Buenos Aires-Argentina: Instituto Nacional de Cáncer & Ministerio de Salud, 2013.

[http://www.msal.gov.ar/inc/images/stories/downloads/publicaciones/equipo\\_medico/Cancer\\_de\\_mama/Manual\\_Operativo\\_Tamizaje\\_Mamografa.pdf](http://www.msal.gov.ar/inc/images/stories/downloads/publicaciones/equipo_medico/Cancer_de_mama/Manual_Operativo_Tamizaje_Mamografa.pdf)  
2015-04-21.

**JIMÉNEZ, M.** *Cáncer de mama, Mini manuales prácticos.* 5ª ed. Madrid-España: Arán, 2007, pp.3-5

**LARRUSKAIN, Mireya.** *Tumor del canal del seno derecho, linfangitis. ¿Qué activa el cáncer de mama?* Barcelona-España: Mireya Larruskain, 2015.

<http://mireyalarruskain.com/2015/04/24/que-activa-el-cancer-de-mama/>  
2015-04-24

**OLIVA, Marcia.; SARTORI, Eugenia.; GOTTA, César.** “Evolución del Diagnóstico Radiológico de la Mama: Su Impacto En La Morbimortalidad Por Cáncer De Mama”. Revista Argentina De Radiología. 68, n°67(2004), (Argentina) pp.161-173.

**PRIOLI DE SOUZA SABINO, Silvia.** *Programa de control de calidad clínica en mamografía.* Estados Unidos, Silvia Prioli de Souza Sabino, 2011.  
<http://www.elhospital.com/temas/Programa-de-control-de-calidad-clinica-enmamografia+8085928?pagina=3>  
2014-04-09.

**RUIZ HIDALGO, Álvaro.** *Elaboración de un protocolo de control de calidad para el mamógrafo analógico siemens Mammomat 3000 Nova del hospital oncológico Dr. Julio Enrique Paredes C. SOLCA – Tungurahua.* Tesis (Biofísico). Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Física y Matemática, 2011.p.5

**SANTISTEBAN, J.** *Ligamentos de Cooper, Curso de lactancia Materna.* Lima-Perú: J Peinado, Víctor Roque, 2015.  
<http://www.upch.edu.pe/ehas/pediatria/lactancia%20materna/Clase%20301%20-%2010.htm>  
2015-03-01.

**SIEMENS.** *Manual de datos y especificaciones técnicas, Instrucciones de uso de MAMMOMAT 1000/3000 Nova.* 2005 ed. Berlín-Alemania: Siemens, 2005, p.36

**SOCIEDAD DE LUCHA CONTRA EL CÁNCER (SOLCA).** *SOLCA presenta datos oficiales sobre el cáncer de mama en Ecuador.* Quito-Ecuador: El Nuevo Globo, 2013.  
<http://www.elnuevoglobo.com/2012/index.php/todas-las-noticias/3038-solca-presenta-datos-oficiales-sobre-el-cancer-de-mama-en-ecuador>  
2014-02-24.

**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA, SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA & SOCIEDAD ESPAÑOLA DE RADIOLOGÍA MÉDICA (SEFM-SEPR-SERAM).** *Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico.* 2011ed. rev. Madrid-España: Senda, 2011, pp.77-209

**SPER SCIENTIFIC.** *Visible Light SD Card Datalogger 850007 Instruction Manual.* 2013 ed. Scottsdale –Estados Unidos: Sper Scientific, 2013, pp.4-11

## **ANEXOS**

### **ANEXO A INSTRUMENTACIÓN**

#### **HD32.3 - WET BULB GLOB TEMPERATURE (WBGT) - PREDICTED MEAN VOTE (PMV) - PREDICTED PERCENTAGE OF DISSATISFIED (PPD)**

##### **Descripción**

El instrumento HD32.3 es un equipo digital que permite medir factores ambientales que influyen en los intercambios térmicos entre una persona y el ambiente que lo rodea.

Este equipo cuenta con dos índices de funcionamiento; en el índice WBGT se puede visualizar: temperatura ambiente, temperatura del termómetro de globo, temperatura de bulbo húmedo con ventilación natural; en el índice PMV se puede visualizar: velocidad del aire, temperatura de globo termómetro, temperatura ambiente, humedad relativa.

Para medir la temperatura se recomienda seguir los siguientes pasos:

- ❖ Utilizar el HD32.3 – WBGT - PMV – PPD,
- ❖ Conectar en las entradas para las sondas sicram las siguientes sondas: HP3201.2 o HP3201, TP3276.2 o TP3275, TP3207.2 o TP3207.
- ❖ Con la tecla “on” encender el instrumento
- ❖ Con la tecla “menú” plantear los parámetros de funcionamiento de temperatura.
- ❖ Con la tecla “unit” elegir la unidad de medida de la temperatura (°C, °F, °K).
- ❖ Para la medición colocar el instrumento cerca de las cajas de almacenamiento de películas a unos 5 cm de distancia, leer el valor promedio.

Para medir la humedad se recomienda seguir los siguientes pasos:

- ❖ Utilizar el HD32.3 –WBGT - PMV – PPD.
- ❖ Conectar en las entradas para las sondas sicram las siguientes sondas: AP3203.2 o AP3203, TP3276.2 o TP3276, HP3217.2 o HP3217.
- ❖ Con la tecla “on” encender el instrumento.
- ❖ Con la tecla “menú” plantear los parámetros de funcionamiento de humedad.

- ❖ Colocar el instrumento cerca de las cajas de almacenamiento de películas, a unos 5 cm de distancia, leer el valor promedio

### Características

El HD32.3 cuenta con un sistema de almacenamiento de datos en 64 secciones distintas denominado logging que posibilita programar el tiempo de memorización, permite visualizar la unidad de medida de la temperatura expresada en °C, °F, °K y los parámetros estadísticos máximo, mínimo, promedio y su cancelación; así como la fecha y hora del sistema.

Este instrumento presenta las siguientes especificaciones:

- ❖ Incertidumbre del instrumento  $\pm 1$  digit @ 20°C
- ❖ Posee una sonda de temperatura TP3207.2, TP3207 con un sensor de tipo Pt100 con película fina y una resolución: 0.1°C
- ❖ Posee una sonda de termómetro de globo  $\varnothing=50$  mm TP3276.2,  $\varnothing=150$  mm TP3275 con un sensor de tipo Pt100 y una resolución de 0.1 °C.
- ❖ Posee una sonda de bulbo húmedo con ventilación natural HP3201.2, HP3201, un sensor de tipo Pt100 y una resolución de 0.1°C.
- ❖ Posee una sonda combinada de temperatura y humedad relativa HP3217.2, HP3217R con sensores de tipo Pt100 con película fina para temperatura.
- ❖ Un sensor capacitivo para humedad relativa con una precisión de  $\pm 2.5\%$ .
- ❖ Posee una sonda de alambre caliente omnidireccional AP3203.2, AP3203 con un sensor de tipo NTC 10Kohm y una precisión de  $\pm 0.05$  m/s.



## MULTÍMETRO

### Descripción

Es un instrumento digital conocido también con el nombre de polímetro, es un aparato eléctrico portátil, utilizado para medir dimensiones eléctricas activas como: corriente, tensión y magnitudes pasivas como: resistencia y capacitancias

Para medir la tensión es necesario seguir los siguientes pasos:

- ❖ Introducir el cable de comprobación negro en la hendidura de entrada negativa y el cable de comprobación rojo en la hendidura de entrada positiva.
- ❖ Colocar el selector de funciones en la posición del voltaje.
- ❖ Seleccionar AC o DC con la tecla de modo
- ❖ Mantener los cables de comprobación en los puntos que se desee comprobar.
- ❖ Leer el valor en la pantalla del aparato.
- ❖ Si cambia la polaridad DC aparece el símbolo (-) delante del valor.

### Características

- ❖ Intervalo: 40V-1000 V
- ❖ Resolución: 1V
- ❖ Precisión:  $\pm 1,5 \% \pm 2\text{dgt}$



## MEDIDOR DE MILIAMPERAGE POR SEGUNDO

### Descripción

Es un equipo digital utilizado para medir el miliamperage por el tiempo de exposición (mAs), la corriente (mA) aplicada al tubo de rayos X.

Para utilizar el medidor de miliamperage por segundo es importante seguir los siguientes pasos:

- ❖ Ubicar el interruptor ON / OFF y encenderlo.
- ❖ Conectar el cable de mAs para medir mA y mAs
- ❖ Medir el miliamperage por segundo.

### Características

- ❖ Marca: Siemens
- ❖ Modelo: 8160400
- ❖ Serie: 02045
- ❖ Escala completa: 200 mA
- ❖ Resolución: 0.1 mA (mA o mAs)



## EQUIPO DE DOSIMETRÍA FÍSICA PARA MAMOGRAFÍA

### CÁMARA DE IONIZACIÓN

#### Descripción

Es un equipo digitalizado usado para la detección o medición de radiación ionizante, este instrumento mide el número de iones presentes en un recipiente que contiene gas entre dos electrodos aislados por un vacío, al aplicar una diferencia de voltaje entre los electrodos para limpiar los electrones para que el dispositivo no se sature, al detectar la presencia de rayos X el gas presente en el equipo se ioniza y los iones se trasladan hacia los polos opuestos de los electrodos creando así una corriente de ionización que es medida por el electrómetro.

### ELECTRÓMETRO

#### Descripción

Es un instrumento eléctrico de alta sensibilidad, cuya impedancia es tan alta que la corriente que fluye a través de él, es prácticamente igual a cero. Es un instrumento capaz de medir pequeñas cargas en la materia por el paso de radiación ionizante.

#### Características

- ❖ Exactitud:  $\pm 5\%$
- ❖ Repetibilidad: 5%
- ❖ Marca: Electrometer DIADOS T11003-001725
- ❖ Detector: T60005-001028
- ❖ Detector tipo: Semi- conductor



## DENSITÓMETRO

### Descripción

Es un instrumento utilizado para medir el nivel de ennegrecimiento o densidad óptica de materiales semitransparentes a través de la cuantificación de la fracción de luz que es reflejada desde la superficie de una muestra impresa.

### Características

Rango de 0,7 a 3,45 DO.



## LUXÓMETRO

### Descripción

Es un instrumento digital que cuenta con una tarjeta SD visible formado por un medidor inteligente que lee la luz en lux o velas, también cumple la función de un termómetro que presenta dos tipos de termopar K (cromel/alumel) o J (hierro/constantán).

Este medidor cuenta con un registrador de datos de tarjeta de memoria SD portátil, que ofrece un almacenamiento ilimitado.



Adicionalmente este equipo incluye un registrador manual de 99 lecturas para su revisión en pantalla o para transmitir los datos directamente a un ordenador mediante un software y cables; cada grupo de datos incluye un medidor de hora, fecha y luz.

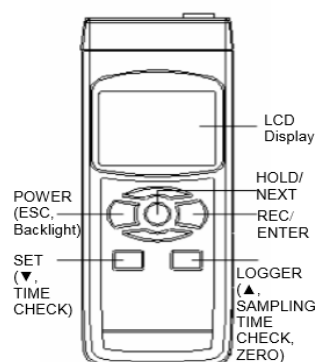
Para medir la luminancia se recomienda seguir los siguientes pasos:

- ❖ En cada negatoscopio a ser evaluado dibujar 3 puntos en la parte superior, 3 puntos en la parte intermedia y 3 puntos en la parte inferior, los puntos ubicados estarán separados a la misma distancia.
- ❖ Colocar el medidor del luxómetro sobre los puntos dibujados en el negatoscopio y leer el valor medido.
- ❖ Medir la luminancia en cada punto.

Para medir la iluminación situar el detector del fotómetro a una distancia de 50 cm del negatoscopio previamente apagado.

### Características

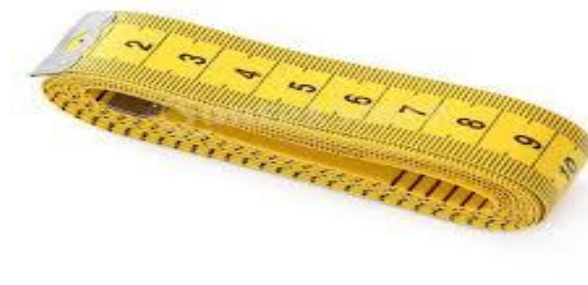
Funciona como un medidor de luz y como un termómetro; posee tres rangos de medición de luz, los mismos que funcionan de manera automática; permite seleccionar unidades en Lux o Foot Candela ( $1 \text{ lux} = 0.09290304 \text{ fc}$ ) cuenta con un registrador de datos de tarjetas de memoria SD; tiene un circuito microprocesador de alta precisión; permite una conexión directa de datos Excel; utiliza una sonda desmontable para medir la flexibilidad; dispone de tornillo de montaje del trípode; cuenta con un indicador de reloj interno, calendario, función de retención, auto apagado, batería baja.



## **CINTA MÉTRICA**

### **Descripción**

Es un instrumento de medida que está hecho de un material muy flexible, de plástico, la cinta métrica está marcada por las dos caras; el inicio de la numeración de la parte anterior coincide con el final de la numeración de la parte posterior; es utilizado para la medición distancias cortas menores a los 2 metros.



## **CHASIS MAMOGRÁFICOS**

### **Descripción**

Este instrumento consiste en un casete que contiene una placa de material fotoestimulable, en donde es almacenada la imagen mamográfica.

### **Características**

En mamografía dependiendo del tamaño de la mama son utilizados los chasis de dimensiones: 18×24 cm y 24×30 cm.



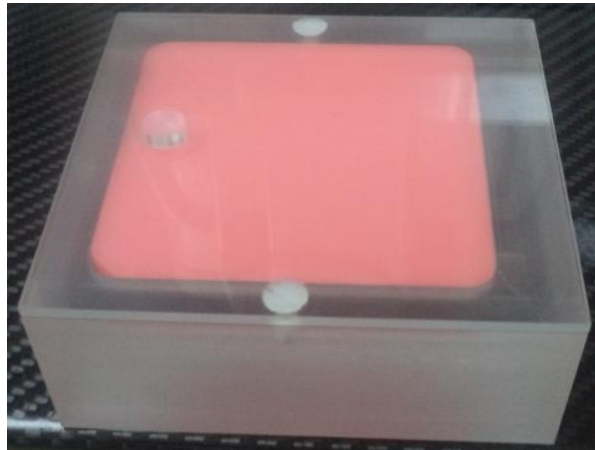
## **FANTOMA DE ACREDITACIÓN MAMOGRÁFICO MODELO 156**

### **Descripción**

Este maniquí está diseñado para examinar el rendimiento de un sistema de mamografía mediante la evaluación de su capacidad para obtener imágenes de pequeñas estructuras, similares a aquellas que se detectan clínicamente. Los objetos dentro del fantoma simulan microcalcificaciones, estructuras fibrosas en conductos y masas de apariencia tumoral, estructuras pequeñas que son importantes en la detección temprana del cáncer de mama. El tamaño de los objetos de prueba oscila entre aquellos que se pueden ver en cualquier sistema hasta aquellos que resultan difíciles de observar incluso en los mejores sistemas de mamografía.

### **Características**

Está compuesto por un bloque de cera que contiene 16 juegos diferentes de objetos de prueba, una base de acrílico de 3.3 cm de grosor, una bandeja para colocar el bloque de cera y una cubierta de 0.3 cm de grosor. Todos estos elementos simulan una mama comprimida de 4.2 cm. Se incluyen en el inserto de cera cinco grupos de microcalcificaciones simuladas, seis fibras de nylon de diferentes tamaños que simulan las estructuras fibrosas y cinco masas de apariencia tumoral con diferentes tamaños.



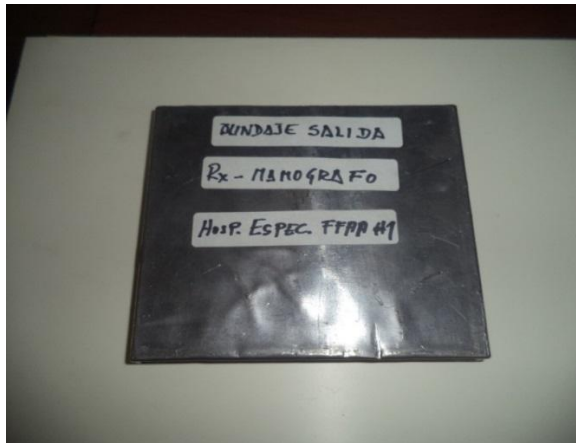
### **TAPA PLOMADA**

#### **Descripción**

Este material consiste en un tapa de plomo, ajustado al tamaño de la ventana de emisión de rayos X del equipo mamográfico, es utilizado para cubrir la ventana emisora de rayos X.

### Características

- ❖ Dimensiones: 13 cm×9,5 cm
- ❖ Material: plomo
- ❖ Espesor: 5 mm



### LÁMINAS DE POLIMETACRILATO DE METILO

#### Características

A estas láminas se las conoce también por las siglas PMMA, las planchas de PMMA están compuestas por un material termoplástico amorfo, transparente, incoloro, duro, rígido pero quebradizo.

Tienen una buena resistencia a los rayos ultravioleta, rayos X, una eficiente claridad, pero una baja resistencia a las temperaturas y a los solventes.



## **FLEXÓMETRO**

### **Descripción**

Es un instrumento utilizado para medir distancias o longitudes, y hasta superficies curvas, consiste en una cinta graduada, enrollable lo que permite su fácil transportación.

### **Características**

El flexómetro lleva marcado las magnitudes del metro, centímetro, milímetro.

## **OBJETOS METÁLICOS**

### **Descripción**

Son objetos radiopacos en formas de L y flechas compuestos de plomo utilizados para las pruebas de sistema de colimación y compresión en el protocolo de control de calidad en mamografía.

### **Características**

Sus dimensiones son 3 cm × 1 cm.



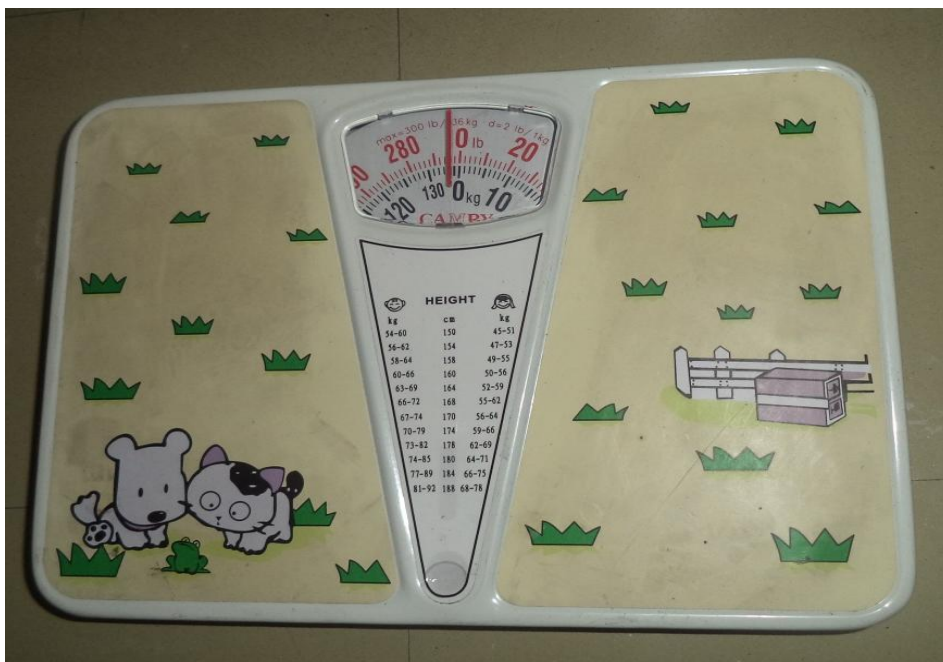
## BÁSCULA ANALÓGICA

### Descripción

Instrumento empleado para medir el peso de objetos que se colocan sobre el soporte de la balanza, permite pesar objetos de diferentes tamaños según el peso especificado en la báscula.

### Características

Mide onzas, libras, gramos y kilogramos.



## LUPA

### Descripción

Este instrumento permite amplificar la imagen normal a un tamaño mayor gracias a que cuenta con una lente convergente que tiene un distancia focal corta, la cual al desviar la luz incidente forma una figura implícita aumentada.

## **NEGATOSCOPIO**

### **Descripción**

Este instrumento está formado por una pantalla luminosa que contiene un cristal esmerilado en la parte anterior y una red de luminotecnía en la parte posterior, al colocar sobre el cristal los films radiográficos se los puede observar por transparencia.



## **DISCO ACRÍLICO**

### **Descripción**

El disco está formado por un material de acrílico de aproximadamente 2 mm de espesor y 5 mm de diámetro, es utilizado para determinar la diferencia de densidad óptica en los films radiográficos, este disco es colocado sobre el fantoma mamográfico.







# HOSPITAL DE ESPECIALIDADES FUERZAS ARMADAS No.1

## Servicio de Radiodiagnóstico, Área de Mamografía

Equipo: Mamógrafo modelo Mammomat 3000 Nova

---

### HOJAS DE REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD SEMANAL

Fecha de realización: \_\_\_\_\_ Realizado por: \_\_\_\_\_

#### 1. ALMACENAMIENTO DE PELÍCULAS.

❖ Temperatura (Criterios de calidad: 20°C-25°C)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Humedad (Criterios de calidad: 40%-60%)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Posición de las cajas de películas (Criterios de calidad: Vertical)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Posición de los chasis (Criterios de calidad: Vertical )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Organización por fecha de caducidad (Criterios de calidad: Sí/No )

Sí  No

❖ Inventario actualizado (Criterios de calidad: <3 meses )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

#### 2. CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN

❖ Compensación con la tensión y el espesor (Criterios de calidad: Desviación en DO: 0,2)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

#### 3. CALIDAD DE IMAGEN

##### EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE IMAGEN

❖ Masas (Criterios de calidad:  $\geq 3$  puntos)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Estructuras fibrosas (Criterios de calidad:  $\geq 4$  puntos)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Microcalcificaciones (Criterios de calidad:  $\geq 3$  puntos)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

#### **DENSIDADES**

❖ Densidad Óptica de Fondo (Criterios de calidad: 1,5 DO-1,9 DO)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Diferencia de densidades (Criterios de calidad:  $0,40 \pm 0,05$ )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

#### **4. INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN VISUAL DE LA IMPRESORA**

❖ La escala de grises presenta artefactos (Criterios de calidad: Sí/No)

Sí  No

❖ La escala de grises presenta distorsión (Criterios de calidad: Sí/No)

Sí  No

❖ La visualización de la escala de grises es completa (Criterios de calidad: Sí/No)

Sí  No

**OBSERVACIONES:**.....  
.....  
.....

**REVISADO POR:** \_\_\_\_\_

# HOSPITAL DE ESPECIALIDADES FUERZAS ARMADAS No.1

Servicio de Radiodiagnóstico, Área de Mamografía

Equipo: Mamógrafo modelo Mammomat 3000 Nova

---

## HOJAS DE REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD MENSUAL

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_

### CALIDAD DE IMAGEN

❖ Tasa de rechazo

(Criterios de calidad: 6%-10% )

MES	N° total de estudios realizados	N° de películas realizadas	Tasa de rechazo(Películas rechazadas/N° total de placas realizadas)

OBSERVACIONES:.....  
.....  
.....

REVISADO POR: \_\_\_\_\_

# HOSPITAL DE ESPECIALIDADES FUERZAS ARMADAS No.1

## Servicio de Radiodiagnóstico, Área de Mamografía

**Equipo:** Mamógrafo modelo Mammomat 3000 Nova

---

### HOJAS DE REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD SEMESTRAL

Fecha de realización: \_\_\_\_\_ Realizado por: \_\_\_\_\_

#### 1. SISTEMA DE IMAGEN

❖ Uniformidad entre chasis (Criterios de calidad:<0.3DO)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Atenuación entre chasis (Criterios de calidad:<5% )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

#### 2. EQUIPO RADIOLÓGICO

❖ Exactitud de la tensión del tubo (Criterios de calidad:<5% )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Repetibilidad de la tensión del tubo (Criterios de calidad:<2% )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Exactitud del miliamperage por segundo (Criterios de calidad:<5% )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Repetibilidad del miliamperage por segundo (Criterios de calidad:<2% )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Radiación de Fuga (Criterios de calidad: <1 mSv en 1h a una distancia de 1m )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Fuerza de compresión modo manual (Criterios de calidad: 25 libras -45 libras)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Fuerza de compresión modo automático (Criterios de calidad: 25 libras -45 libras)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

### 3. CONDICIONES DE VISUALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES

❖ Uniformidad de la luminancia (Criterios de calidad: >3000 cd/m<sup>2</sup> (nit ))

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Uniformidad de la luminancia en diferentes zonas de un mismo negatoscopio (Criterios de calidad: <30%)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Uniformidad de la luminancia entre negatoscopios del mismo puesto de trabajo (Criterios de calidad: <15%)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Iluminación de las salas de lectura (Criterios de calidad: ≤50 lux)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

**OBSERVACIONES:**.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**REVISADO POR:** \_\_\_\_\_

# HOSPITAL DE ESPECIALIDADES FUERZAS ARMADAS No.1

## Servicio de Radiodiagnóstico, Área de Mamografía

Equipo: Mamógrafo modelo Mammomat 3000 Nova

---

### HOJAS DE REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD ANUAL

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_

#### 1. CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN

❖ Repetibilidad del mAs (Criterios de calidad: 5% )

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Repetibilidad de DO (Criterios de calidad: <0,1 DO)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Diferencia de DO entre 2 pasos seleccionados (Criterios de calidad: 0,1-0,2)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Diferencia relativa de mAs entre 2 pasos seleccionados (Criterios de calidad: 12% y 15%)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

#### 2. PRUEBAS GEOMÉTRICAS

❖ Coincidencia del campo luminoso y campo de radiación (Criterios de calidad:  $\pm 5$  mm en cualquiera de los lados)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Coincidencia de campo de radiación y el receptor de imagen (Criterios de calidad:  $\leq 2\%$  de la distancia foco-película;  $\leq 5$  mm en el lado del tórax)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Alineación entre el borde de la bandeja de compresión y el soporte de la mama en la pared torácica (Criterios de calidad:  $\leq 1\%$  de la distancia foco-película)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Distancia foco-película (Criterios de calidad:  $>60$  cm)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

❖ Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión (Criterios de calidad:  $\leq \pm 5$  mm)

Dentro del criterio de calidad  Fuera del criterio de calidad

**OBSERVACIONES:**.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**REVISADO POR:** \_\_\_\_\_





