

MINISTÉRIO DA SAÚDE  
Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA)

# Actualización para Técnicos en Mamografía



VENDA  
VENDA PROIBIDA  
PROIBIDA

# Actualización para Técnicos en Mamografía





Esta obra está disponible en los términos de la Licencia Creative Commons – Atribución – No Comercial – Comparte igual 4.0 Internacional. Es permitida la reproducción parcial o total de esta obra, desde que citada la fuente.

Esta obra puede accederse, en la totalidad, en la Biblioteca Virtual en Salud Prevención y Control de Cáncer (<http://controlecancer.bvs.br/>) y en el sitio web de INCA (<http://www.inca.gov.br>).

Tiragem: 150 ejemplares

#### Elaboración, distribución e informaciones

MINISTÉRIO DA SAÚDE  
INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA)  
COORDENAÇÃO DE PREVENÇÃO E VIGILÂNCIA  
Divisão de Detecção Precoce e Apoio à Organização de Rede  
Rua Marquês de Pombal, 125  
Centro – Rio de Janeiro – RJ – Cep 20230-240  
Tel.: (21) 3207-5512  
Serviço de Qualidade em Radiações Ionizantes (SQRI)  
Rua do Resende, 128/sala 322  
Centro – Rio de Janeiro – RJ – Cep: 20231-092  
Tel.: (21) 3207-4506  
E-mail: [pqrt@inca.gov.br](mailto:pqrt@inca.gov.br) [www.inca.gov.br/pqrt](http://www.inca.gov.br/pqrt)

#### Organización

Anna Maria Campos de Araújo

#### Equipo de Elaboración

Flávio Augusto Ataliba Caldas  
João Emílio Peixoto  
Maria da Graça Tavares Magalhães  
Taís Auxiliadora Rotoli Baldelin  
Vitor Nascimento de Carvalho Pinto

#### Colaboradores

Ângela Parente Ribeiro Mazzi  
Selma de Pace Bauab

#### Impreso en Brasil / Printed in Brazil

Fox Print

#### Edición

COORDENAÇÃO DE ENSINO  
Serviço de Educação e Informação Técnico-Científica  
Setor de Edição e Informação Técnico-Científica  
Rua Marquês de Pombal, 125  
Centro – Rio de Janeiro – RJ  
Cep 20230-240  
Tel.: (21) 3207-5500

#### Edición y Producción Editorial

Christine Dieguez

#### Traducción al Español

Alfredo Viamonte Marin (SQRI)

#### Corrección y Revisión

Rita Rangel de S. Machado

#### Portada, Proyecto Gráfico y Diagramación

Cecília Pachá

#### Normalización Bibliográfica y Datos de Catalogación

Marcus Vinícius Silva (CRB 7/6619)  
Apoyo Opas: Carta acuerdo nº SCON2016-03048

#### FICHA CATALOGRÁFICA

I59c Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Divisão de Detecção Precoce e Apoio à Organização de Rede.

Actualización para técnicos en mamografía / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Divisão de Detecção Precoce e Apoio à Organização de Rede; organización Anna Maria Campos de Araújo. – Rio de Janeiro: Inca, 2018.  
128 p.: il.

ISBN 978-85-7318-336-8 (versión impresa)  
ISBN 978-85-7318-337-5 (versión electrónica)

1. Mamografía. 2. Neoplasias da mama - Diagnóstico. 3. Control de calidad. 4. Capacitación profesional. 5. Personal técnico de la salud – Educación. I. Araújo, Anna Maria Campos de. II. Título.

CDD 618.1907572

Catalogación en la fuente – Servicio de Educación e Información Técnico-Científica

#### Títulos para indexação

**En inglés:** Refresher for mammography technicians

**En português:** Atualização para técnicos em mamografia

MINISTÉRIO DA SAÚDE  
Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA)

# **Actualización para Técnicos en Mamografía**

Rio de Janeiro, RJ

INCA

2018



## AGRADECIMIENTOS



**A** las técnicas en mamografía del Hospital de Câncer III del Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA), por su contribución para este trabajo, compartiendo los problemas y dificultades enfrentados durante sus jornadas de trabajo, lo que nos ayudó en la elaboración del material para este curso. Especialmente a las técnicas Sônia Maria da Silva Sabino y Sandra Maria dos Santos, que tan gentilmente aceptaron posar para fotografías en situaciones de trabajo.

A los funcionarios de la Clínica Mamaimagen, de São José do Rio Preto, São Paulo y en especial a Maria Aparecida Bianchi Senedo y a la técnica en mamografía Doralice Floriano Fernandes por todo el apoyo y la colaboración en la elaboración de la parte práctica y de los vídeos didácticos de este curso.



## SUMARIO



◆ <b>Lista de Abreviaturas y Siglas</b> .....	17
◆ <b>Introducción</b> .....	19
◆ <b>Capítulo 1 – Anatomía, fisiología y enfermedades de la mama</b> .....	21
1.1. Anatomía y fisiología de la mama .....	21
1.2. Enfermedades de la mama .....	23
◆ <b>Capítulo 2 – El cáncer de mama</b> .....	25
2.1. Introducción .....	25
2.2. Hallazgos radiológicos del cáncer de mama .....	26
2.2.1. Calcificaciones .....	27
2.2.2. Nódulos .....	28
2.2.3. Densidad focal asimétrica .....	28
2.2.4. Distorsión de la arquitectura mamaria .....	29
2.2.5. Otros hallazgos .....	29
2.3. Indicación de la mamografía .....	30
2.3.1. Mujeres sintomáticas: diagnóstico .....	30
2.3.2. Mujeres asintomáticas: tamizaje o cribado .....	30
2.4. El papel de la ecografía .....	32
2.5. El papel de la RM .....	33
◆ <b>Capítulo 3 – La mamografía en la práctica clínica</b> .....	35
3.1. Un enfoque histórico .....	35
3.2. El examen radiográfico de la mama .....	36
◆ <b>Capítulo 4 – La formación de la imagen en mamografía</b> .....	41
4.1. La física de la formación de la imagen .....	41
4.2. Equipamientos para mamografía .....	42
4.2.1. El mamógrafo .....	42
4.2.2. El control automático de exposición (CAE) .....	45
4.2.3. La ampliación .....	46
4.2.4. El receptor de imagen en la mamografía convencional .....	46
◆ <b>Capítulo 5 – El procesamiento de la imagen mamográfica</b> .....	49
5.1. Comparación entre los sistemas convencional y digital en mamografía .....	49
5.2. Procesamiento de películas .....	50
5.3. La tecnología digital en la mamografía .....	52

5.3.1. El sistema CR .....	54
5.3.2. Sistema de radiografía directa .....	55
5.3.3. La tomosíntesis mamaria .....	56
<b>Capítulo 6 – El papel del técnico en la mamografía .....</b>	<b>61</b>
6.1. El elemento humano en la mamografía .....	61
6.2. La relación con los pacientes .....	61
6.3. La apariencia del técnico .....	63
<b>Capítulo 7 – Técnicas Mamográficas .....</b>	<b>67</b>
7.1. Identificación de las mamografías .....	67
7.2. Compresión de la mama .....	68
7.3. El uso del control automático de exposición .....	68
7.4. Elección del receptor de imagen de acuerdo con el tamaño de la mama .....	70
7.5. Proyecciones mamográficas de rutina .....	71
7.6. Proyecciones mamográficas adicionales o complementarias .....	78
7.7. Posicionamientos especiales .....	89
7.7.1. Pacientes con tórax excavado o portadores de marcapaso .....	89
7.7.2. Pacientes del sexo masculino, o con mamas pequeñas, o con cifose acentuada .....	90
7.7.3. Pacientes gestantes .....	90
7.7.4. Pacientes lactantes .....	90
7.7.5. Pacientes que no pueden permanecer en pie .....	90
7.7.6. Pacientes en edad fértil .....	90
7.7.7. Pacientes jóvenes (edad entre 25 y 35 años) .....	90
7.7.8. Pezón mamario para arriba (cervical) o para abajo (abdominal) .....	91
7.7.9. Pacientes altas y delgadas, obesas y bajas .....	91
7.7.10. Pacientes con torax arqueado (pecho de paloma), portadores de cateter implantado (port-a-cath) y marcapaso cardiaco .....	91
7.7.11. Pacientes con dificultades para levantar el brazo .....	92
7.7.12. Posicionamiento de la mama masculina .....	92
7.7.13. Postmastectomía .....	92
7.7.14. Radiografía de la pieza quirúrgica .....	92
<b>Capítulo 8 – Control de calidad en mamografía .....</b>	<b>95</b>
8.1. Importancia de las pruebas de control de calidad .....	95
8.2. Verificación física de los equipamientos .....	95
8.3. Almacenamiento de películas radiográficas y reactivos químicos .....	96
8.4. Cuarto oscuro .....	97
8.5. Temperatura del revelador y la sensitometría .....	99
8.6. Artefactos durante el procesamiento .....	103
8.7. Contacto película-pantalla intensificadora y el sellado del chasis .....	105
8.8. El control automático de exposición (CAE) .....	105
8.9. La calidad de la imagen .....	107
8.10. Tasa de rechazo de películas y análisis de las repeticiones .....	109
8.11. Negatoscopios .....	111
8.12. Evaluación cualitativa de las imágenes clínicas .....	112
8.13. El informe mamográfico .....	114

<b>Capítulo 9 – Protección radiológica</b> .....	117
9.1. Protección radiológica .....	117
9.2. Conceptos importantes en protección radiológica .....	117
9.3. Principios de protección radiológica .....	117
9.3.1. Justificación .....	118
9.3.2. Optimización .....	118
9.3.3. Limitación de dosis .....	119
9.4. Prevención de accidentes .....	120
9.5. La protección radiológica en la sala de exámenes .....	120
9.6. La reducción de dosis para el técnico y el paciente .....	123
9.7. Monitoreo ocupacional .....	125
<b>Clausura</b> .....	127



## LISTA DE ILUSTRACIONES

### Figuras

Figura 1. Vista lateral de la mama mostrando sus aspectos anatómicos e histológicos.....	21
Figura 2. Note el contenido graso del espacio intramamario entre el cuerpo glandular y el musculo pectoral en ambas imagenes (asteriscos) .....	21
Figura 3. Hipoplasia aguda de la musculatura pectoral (a la derecha) en una portadora del Síndrome de Poland (flechas) .....	22
Figura 4. (a) Tejido parenquimatoso glandular ectópico abajo del doblez mamario y (b) en la prolongación axilar ....	22
Figura 5. Representación espacial de las tasas brutas de incidencia de cáncer de mama por cada 100 mil mujeres en Brasil, estimativas para el año 2016, según reporte de los diferentes Estados .....	25
Figura 6. Riesgo de la población femenina de desarrollar un cáncer de mama durante su vida .....	26
Figura 7. Mamografía en proyección oblicua mediolateral y cráneocaudal .....	26
Figura 8. (a) Calcificaciones pleomórficas finas con distribución segmentaria (alta sospecha de malignidad), (b) calcificaciones lineales lisas difusas (calcificaciones benignas) y (c) calcificaciones en la pared de arterias (calcificaciones benignas) .....	27
Figura 9. (a) Nódulos con alta densidad y contornos espiculados, (b) nódulo calcificado con aspecto en forma de palomita de maíz y (c) nódulo ovalado de márgenes circunscritas con radiodensidad negativa (lucidas) .....	28
Figura 10. Asimetría focal localizada en el cuadrante superior lateral de la mama derecha (flechas) .....	29
Figura 11. Tres ejemplos de áreas de distorción de la arquitectura mamaria en la mamografía .....	29
Figura 12. Ganglios axilares globulares e hiperdensos, aumentados en relación al estandar habitual, sin hilio graso ..	29
Figura 13. Tres ejemplos de engrosamiento mamario y retracción de la piel y el pezón .....	30
Figura 14. Tasa de mortalidad por cáncer de mama ajustada por la edad entre 1930 y 2006. Note la disminución a partir de la decada de 1990 (curva roja) .....	31
Figura 15. Tres ejemplos de nódulos, en imagen ultrasonográfica, con características diferentes .....	32
Figura 16. Radiografía de la mama realizada a mediados de 1927 .....	35
Figura 17. Primer mamógrafo. Prototipo de 1965, llamado de Trepied .....	35
Figura 18. Posicionamiento de la paciente en 1967 .....	35
Figura 19. Primer mamógrafo comercial modelo Senographe, lanzado en 1966 .....	35
Figura 20. Figura esquemática para marcar lesiones palpables, cutáneas, cicatrices etc., según sea necesario .....	36
Figura 21. Observe la apariencia en los diferentes tipos de tejidos encontrados en la mama, correlacionando el esquema anatómico con la Imágen radiográfica .....	38
Figura 22. Proyección caudocraneal. Lado izquierdo, mamografía convencional (pantalla película). Lado derecho, mamografía digital de campo completo .....	38

Figura 23. Haz de rayos X atravesando la mama. Se puede observar la representación de una lesión en el interior de la mama, así como la dispersión de los fotones de rayos X .....	41
Figura 24. Equipo de mamografía .....	42
Figura 25. Geometría convencional del haz para mamografía. Lado izquierdo: alineación correcta. Lado derecho: si utilizado el método de centralizar el haz, parte del tejido mamario no sería examinado .....	43
Figura 26. Ilustración de la producción de fotones de rayos X (flechas) en el tubo .....	43
Figura 27. Espectros de rayos X para dos combinaciones blanco/filtro. A la izquierda, blanco y filtro de molibdénio y a la derecha, blanco de molibdénio y filtro de rodio .....	44
Figura 28. Ilustración del efecto anódico o de talón: los fotones inciden sobre la mama, siendo mayor en la región próxima a la pared torácica .....	44
Figura 29. Esquema del perfil de dosis debido a la exposición de los rayos X. La forma de la curva al lado de la pared torácica se debe a la absorción de los fotones por el propio ánodo, antes de que el haz de rayos X abandone el tubo .....	45
Figura 30. (a) Bandeja de compresión localizada y (b) espaciador para ampliación .....	46
Figura 31. Esquema de un receptor de imagen convencional, ilustrando el proceso de absorción de los rayos X y su conversión en fotones de luz .....	47
Figura 32. Curva característica de una película radiográfica usada en mamografía .....	47
Figura 33. Proceso de formación de la imagen en mamografía .....	49
Figura 34. Curva de respuesta típica para una combinación SFS y del detector digital en mamografía. La combinación SFS muestra un rango dinámico (número de tonos grises para un único conjunto de exposiciones) menor que la del detector digital .....	50
Figura 35. Limitaciones de la SFS para la formación de imagen en los tejidos mamarios. Cuando representadas por la curva característica de respuesta de la película (curva Hurter y Driffield), las diferentes regiones de la mamografía muestran una escala restringida de tonos de grises .....	50
Figura 36. Ilustración sobre el procesamiento de las películas mamográficas .....	51
Figura 37. Imágenes de un simulador adquiridas con el SFS, usando el mAs dado por el CAE (centro); mitad del mAs (izquierda) y el doble del mAs (derecha). Imágenes del simulador adquiridas con un sistema digital usando el mAs dado por el CAE (centro); mitad del mAs (izquierda) y el doble del mAs (derecha) .....	52
Figura 38. Mamografía convencional (a) y digital (b) de una paciente con mama moderadamente densa. La imagen digital, por presentar mejor contraste, muestra claramente un área sospechosa .....	52
Figura 39. Métodos de adquisición de imagen en los sistemas CR. Método indirecto con lectura simple (a); método indirecto con doble lectura (b) .....	55
Figura 40. Métodos de adquisición de imagen en los sistemas DR. (a) Método indirecto con centelladores de CsI y matriz de fotodiodos de a-Si; (b) método directo con una capa fotoconductora de a-Se (b) .....	55
Figura 41. Equipamiento de DBT .....	57
Figura 42. Secuencia de adquisición de imágenes. Adquisición de un conjunto de imágenes en alta energía (AE) con la mama comprimida, antes de la aplicación del contraste. Después de la inyección del contraste, se obtienen dos conjuntos de imágenes con alta y baja energía (BE). Una vez realizado el procesamiento y la reconstrucción tomográfica, se procede a la substracción de las imágenes (en Tiempo 1 y Tiempo 2) obteniéndose imágenes de doble energía (DE 1, 2 y 3) con CE-DBT .....	57
Figura 43. Imagen de CE-DBT con doble energía en (a) primer punto, la malignidad indicada por la saeta; y (b), (c) y (d) - lesión maligna mostrando los bordes de la lesión bien definidos en las imágenes ampliadas en cada uno de los tres instantes de tiempo (pre, durante y post-inyección) .....	58
Figura 44. Técnica realizando la anamnesis de la paciente .....	64

Figura 45. (a) Técnica en el panel de mando del mamógrafo y (b) en la estación de adquisición del sistema CR .....	64
Figura 46. Técnica limpiando el chasis y la pantalla intensificadora .....	65
Figura 47. (a) Identificación de una mamografía, donde consta: nombre del paciente, fecha del exámen, número de identificación, fecha de nacimiento, edad, sexo, nombre y dirección de la institución, ángulo de oblicuidad, cantidad de kV y mAs, tipo de filtro (molibdeno), fuerza de compresión, espesor de la mama comprimida, y la proyección mamográfica realizada; (b) marcadores radiopacos colocados próximos a la región axilar de la mama, indicando el tipo de proyección y la mama objeto de estudio; (c) mamografía en proyección mediolateral a 90° mostrando la identificación con los datos de la paciente a cierta distancia de la imagen de la mama y los marcadores radiopacos en el cuadrante superior .....	67
Figura 48. Placa de compresión utilizada para la realización de mamografías .....	68
Figura 49. Normalmente no se observa la célula fotoeléctrica, pues la misma se encuentra debajo del porta chasis. En la foto, el técnico retira el porta chasis, permitiendo la identificación de la misma .....	69
Figura 50. (a) Equipamiento sin el porta chasis, donde es posible visualizar la fotocélula y (b) las medialunas representan la posible localización de la fotocélula .....	69
Figura 51. (a) Posiciones de la fotocélula en vista lateral de la mama comprimida: posiciones inadecuadas en A y C, y correcta en B y (b) vista superior de la mama comprimida: en B, posición ideal .....	69
Figura 52. (a) Ejemplo de un receptor de imagen 18 cm x 24 cm no adecuado al tamaño de la mama y (b) imagen obtenida .....	71
Figura 53. Proyecciones mamográficas standar. (a) Cráneocaudal y (b) oblicua mediolateral .....	71
Figura 54. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento .....	72
Figura 55. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento .....	72
Figura 56. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento .....	73
Figura 57. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento .....	73
Figura 58. (a) Evitar que el pezón mamario se vire durante la realización de la mamografía ya que, (b) caso suceda, el pezón se proyectará sobre la imagen .....	74
Figura 59. (a) Evitar flexionar la rodilla con la cadera torcida, (b) pies fuera de la línea del mamógrafo o (c) pies separados .....	75
Figura 60. Repare si objetos extraños como mano (a), cabellos (b), collar, arete, o mandíbula están sobre la imagen .....	75
Figura 61. Proyección mediolateral oblicua correctamente posicionada: la imagen muestra gran parte del músculo pectoral mayor, con identificación del pliegue inframamario .....	75
Figura 62. Proyección cráneocaudal – posicionamiento .....	76
Figura 63. Proyección cráneocaudal – posicionamiento .....	77
Figura 64. Proyección cráneocaudal correctamente posicionada: imagen de toda el área del parenquima mamario, detrás el tejido adiposo y a continuación el músculo pectoral .....	77
Figura 65. Figura que muestra como proceder para garantizar que buena parte del tejido mamario posterior sea expuesto a la radiografía en la proyección cráneocaudal. Estas medidas pueden obtenerse desde que el músculo pectoral no sea incluido en la proyección cráneocaudal. Basta medir la distancia del pezón hasta el vértice de la musculatura pectoral en la proyección mediolateral oblicua (a) y comparar con la distancia que va desde el pezón hasta el extremo posterior de la película radiográfica en la proyección cráneocaudal (b). Esta diferencia no puede ser mayor que 1,0 cm .....	78
Figura 66. Compresión selectiva .....	79
Figura 67. Ampliación – posicionamiento .....	80

Figura 68. Proyección mediolateral a 90 grados: el haz de rayos X va de la región medial para la lateral, estando el porta chasis en la región lateral de la paciente. La mama debe estar centrada en el portachasis .....	80
Figura 69. Proyección lateromedial a 90 grados: el haz de rayos X va de la región lateral para la medial, estando el portachasis en el lado medial de la paciente .....	81
Figura 70. Proyección cráneo-caudal forzada o exagerada externa – posicionamiento .....	81
Figura 71. Proyección cráneo-caudal forzada o exagerada interna – posicionamiento .....	82
Figura 72. Rotación .....	82
Figura 73. Ejemplos de marcadores cutáneos (perdigones, acrílico, hilo metálico) .....	83
Figura 74. Proyección tangencial a la piel – posicionamiento .....	84
Figura 75. Proyección con prolongación axilar .....	84
Figura 76. Proyección <i>cleavage</i> – posicionamiento .....	85
Figura 77. Proyección <i>cleavage</i> – posicionamiento .....	85
Figura 78. Como esclarecer dudas sobre una posible superposición de estructuras .....	85
Figura 79. (a) Proyección de rutina y (b) proyección con variación del ángulo .....	86
Figura 80. Oblicuas con angulación variable. (a) 0 grado; (b) 15 grados; (c) 30 grados; (d) 45 grados; (e) 60 grados; (f) 75 grados; (g) 90 grados .....	87
Figura 81. Proyección oblicua lateromedial – posicionamiento .....	87
Figura 82. Proyección caudocraneal – posicionamiento .....	88
Figura 83. Maniobra de Eklund: consiste en dislocar el implante contra la pared torácica, mientras se extiende el tejido mamario hacia adelante para, de esa forma, efectuar su compresión .....	88
Figura 84. Maniobra de Eklund – posicionamiento .....	89
Figura 85. (a) Pezón apuntando hacia arriba y (b) mama muy grande con el pezón apuntando hacia abajo .....	91
Figura 86. Gantry angulado .....	91
Figura 87. Proyección lateromedial oblicua .....	91
Figura 88. Posicionamiento de la mama masculina: (a) proyección mediolateral a 90 grados y (b) proyección caudocraneal .....	92
Figura 89. (a) Después de retirar quirúrgicamente la lesión, se deben realizar proyecciones ampliadas ortogonales de la pieza quirúrgica, de frente y de lado. Siempre que la misma cubra toda la célula fotoeléctrica, se podrá usar el control automático de exposición. (b) Radiografía de la pieza quirúrgica realizada para confirmar la retirada de la lesión .....	93
Figura 90. (a) Sistema convencional de chasis con pantalla intensificadora y (b) lectora del sistema digital (CR) .....	95
Figura 91. (a) Control y bloqueo de la bandeja de compresión. (b) Controles y bloqueos de los movimientos del mamógrafo .....	96
Figura 92. Panel de control del mamógrafo .....	96
Figura 93. Termohigrómetro digital .....	96
Figura 94. (a) Películas almacenadas de forma adecuada. (b) Películas almacenadas de forma incorrecta .....	97
Figura 95. Extractor del cuarto oscuro necesitando de una limpieza .....	97
Figura 96. Técnica limpiando el chasis con un pincel .....	97
Figura 97. (a) Luz de seguridad en detalle y (b) posición de la luz de seguridad en el cuarto oscuro .....	98
Figura 98. Termómetro digital de inmersión .....	99
Figura 99. Procesadora y bandeja de entrada .....	99

Figura 100. (a) Sensitómetro y (b) densitómetro .....	99
Figura 101. Película de prueba sensitométrica observada en un negatoscopio .....	100
Figura 102. Ejemplo de planilla de control de la sensitometría con gráficos actualizados diariamente .....	101
Figura 103. Película de control de calidad para la impresora de sistemas digitales en mamografía .....	101
Figura 104. Simuladores radiográficos utilizados para verificar la calidad de la imagen en mamografía .....	103
Figura 105. Imágen de un simulador radiográfico utilizado en mamografía .....	103
Figura 106. Imágenes rechazadas por contener artefactos .....	104
Figura 107. Posicionamiento de placas de acrílico para pruebas .....	104
Figura 108. Radiografía de la rejilla metálica utilizada en las pruebas de contacto pantalla-película .....	105
Figura 109. Montaje experimental para la verificación del CAE .....	106
Figura 110. Simulador radiográfico posicionado para pruebas .....	107
Figura 111. Películas rechazadas .....	109
Figura 112. Izquierda: proyección de los rayos incidiendo sobre la mama en las proyecciones estándar: cráneo-caudal, oblicua mediolateral y perfil. Derecha: diferentes proyecciones complementares como cráneo-caudal reversa (CCR), mediolateral o externa (ML o P), latéromedial o perfil interno (LM o P). Estas proyecciones son posibles gracias a la rotación del tubo de rayos X .....	113
Figura 113. Solamente un equipo por sala .....	120
Figura 114. (a) Visión del operador a partir del vidrio blindado. Es posible visualizar al mismo tiempo la puerta de la sala y al paciente posicionado en el mamógrafo. (b) Vidrio plomado o escudo de protección .....	121
Figura 115. (a) Símbolo de radiación ionizante, indicando el acceso restringido a la sala de mamografía. (B) Aviso de prohibición de acceso durante la realización del examen mamográfico .....	121
Figura 116. Ilustración de la señal luminosa .....	121
Figura 117. Aviso para pacientes y acompañantes .....	122
Figura 118. Vestimentas de radioprotección: (a) delantal plumbífero y (b) collar para protección de la glándula tiroideas .....	122
Figura 119. Advertencia a pacientes que crean estar embarazadas .....	125
Figura 120. Interior de un dosímetro individual .....	125

## Cuadros

Cuadro 1. Criterios utilizados para el tamizaje mamográfico por sociedades científicas de referencia .....	31
Cuadro 2. Indicaciones formales para la realización de RM de las mamas .....	34
Cuadro 3. Cuestionario sugerido para las mujeres que van realizar un examen de mamografía .....	37
Cuadro 4. Características tecnológicas de los principales sistemas de mamografía digital .....	56
Cuadro 5. Tolerancia para las propiedades fundamentales de las películas .....	100
Cuadro 6. Causas más probables de los problemas encontrados durante la sensitometría .....	102
Cuadro 7. Clasificación BI-RADS® con los hallazgos y las correspondientes conductas .....	114



## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS



- ACR – American College of Radiology
- Alara – *As low as reasonably achievable* (tan bajas como razonablemente sea posible)
- Anvisa – Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria
- BI-RADS® – *Breast Imaging Reporting and Data System*
- CAD – *Computer-aided diagnosis* (diagnóstico con ayuda del computador)
- CAE – Control automático de exposición
- CE-DBT – *Contrast enhanced digital breast tomosynthesis* (tomosíntesis mamaria con aumento del contraste)
- CR – *Computed radiography* (radiografía computadorizada)
- DBT – *Digital breast tomosynthesis* (tomosíntesis mamaria digital)
- DR – *Digital radiography* (radiografía digital)
- FFDM – *Full field digital mammography* (mamografía digital de campo completo)
- IAEA – International Atomic Energy Agency
- ICRU – International Commission on Radiation Units and Measurements
- INCA – Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva
- IP – Image Plate
- LER – Lesión por esfuerzo repetitivo
- LM – Lateromedial
- ML – Mediolateral
- OIEA – Organismo Internacional de Energía Atómica
- OMS – Organización Mundial de la Salud
- PMMA – Polimetilmetacrilato
- PSP – *Photostimulable phosphor* (fósforo fotoestimulable)
- RM – Resonancia magnética
- ROI – Region of interest (región de interés)
- SDNR – *Signal difference to noise ratio* (diferencia relación señal-ruido)
- SFS – Sistema película-pantalla intensificadora (screen-film system)
- Sida – Síndrome de inmunodeficiencia adquirida



## INTRODUCCIÓN

**E**n Brasil, según el Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA), son esperados cerca de 57.960 casos nuevos de cáncer de mama para el año 2016. El cáncer de mama es la segunda causa de muerte entre las mujeres y la primera causa de muerte por cáncer. Esta estadística muestra la necesidad de programas de detección precoz del cáncer de mama a través de la mamografía.

Para que estos programas tengan impacto en la reducción de la mortalidad de esas mujeres, las mamografías tienen que ser realizadas con la mejor calidad posible, con técnicas radiográficas que utilicen bajas dosis de radiación, y deben ser cuidadosamente interpretadas por profesionales bien entrenados.

Actualmente, en Brasil, alrededor del 8% de las mamografías son realizadas en mujeres con síntomas que causan preocupación en relación al cáncer de mama, el 92% restantes son realizadas en mujeres asintomáticas. De ahí la necesidad que los beneficios de las mamografías sean mayores que los riesgos asociados.

La mamografía utiliza un haz de radiación ionizante que es producido por un equipo de rayos X, empleando una dosis de radiación adecuada al diagnóstico de cualquier anomalía en la estructura de la mama. Cuando correctamente indicada y aplicada, es una técnica eficiente para detectar el cáncer de mama.

El trabajo en equipo en un servicio de mamografía es fundamental para que el examen sea realizado con éxito y con molestias mínimas para la paciente. Aunque cada miembro del equipo tenga su importancia, es el técnico en mamografía el responsable por la realización del examen con la calidad necesaria para detectar el tumor maligno. Cabe a él las orientaciones y los cuidados para con el paciente durante el examen.

Antes de realizar el examen de mamografía, el técnico realiza la anamnesis o interrogatorio, que no es más que una entrevista con la paciente, para tomar nota de sus antecedentes y de su histórico médico, personal y familiar, registrando también particularidades del paciente, cuando las halla.

Una vez realizada la anamnesis, el técnico conversa con la paciente, explicando el procedimiento que va a realizar, respetando las condiciones físicas de la misma durante el posicionamiento y su tolerancia a la compresión. Solo entonces, la paciente es posicionada para la exposición al haz de rayos-X que producirá las imágenes de su examen.

Esta parte del examen es la más importante de todas, pues en ella deben ser reproducidas, con detalle, las condiciones estructurales de los tejidos que componen la mama, así como la presencia de posibles lesiones. Para que esto ocurra, es imprescindible que la imagen tenga

buena calidad, lo cual es fruto del trabajo de un técnico bien capacitado y entrenado, con conocimientos plenos de funcionamiento, operación y accesorios utilizados, así como de los aspectos de seguridad de los equipos.

Cualquier error en esta etapa compromete el resultado del exámen, pudiendo generar un falso diagnóstico (falso positivo o falso negativo), que ciertamente perjudicará el atendimento y la calidad de vida del paciente. Todavía cabe al técnico observar las reacciones de la paciente durante el exámen para, de ser necesario, encaminarla a un médico.

El Programa Nacional de Calidad en Mamografía, creado por decreto del Ministerio de Salud de Brasil, el 22 de marzo de 2012, tiene como objetivo garantizar la calidad de los exámenes ofrecidos a la población y minimizar el riesgo asociado al uso de los rayos-X en mamografía. Dentro de los requisitos establecidos para el cumplimiento del objetivo del Programa, se destaca la obligatoriedad de la capacitación y actualización periódica de los profesionales de la salud para la ejecución y la interpretación de los exámenes. Con la intención de colaborar con los esfuerzos que se realizan para mejorar la cualificación de los profesionales de la mamografía, el INCA creó el curso *Atualización para Técnicos en Mamografía*. El mismo aborda temas tales como: anatomía y enfermedades de la mama, formación y registro de imágenes, técnicas radiográficas, control de calidad y protección radiológica. Está compuesto por este libro, un CD-ROM con todo el contenido teórico del libro y 18 videos que explican detalladamente las técnicas radiográficas. Por otro lado, el curso también se encuentra disponible en la página web del INCA en formato de pantallas interactivas.

Es importante destacar que el técnico en mamografía está íntimamente relacionado al desarrollo tecnológico. Cada año surgen nuevos equipamientos, cada vez más complejos, que apuntan a la necesidad permanente de actualización de los profesionales que operan estos equipos.

Cada día avanza la consciencia de que la realización del exámen debe ser cada vez más humanizada. Por ello, el técnico en mamografía debe estar en constante actualización sobre los conceptos tecnológicos y el aspecto humano en la recepción del paciente. Ciertamente esto redundará en una mejor calidad en la asistencia al paciente.

Esperamos que aprovechen al máximo este curso, fruto de nuestro esfuerzo. ¡Léanlo atentamente y manos a la obra!

*Anna Maria Campos de Araújo*

## CAPÍTULO I - ANATOMÍA, FISIOLOGÍA Y ENFERMEDADES DE LA MAMA

### I.1 Anatomía y fisiología de la mama

La mama es una glándula sudorípara modificada que se localiza sobre el músculo pectoral en la pared anterior del torax y está formada por tejido conjuntivo, grasa y tejido mamario que contiene las glándulas que pueden producir la leche materna. La mama puede extenderse lateralmente desde la línea media axilar hasta el esternón y longitudinalmente, desde el segundo arco costal, proximal a la clavícula, hasta el sexto arco costal. El tejido mamario adulto ocupa un área mayor en la región torácica que aquella que aparentemente se muestra en la anatomía superficial (Figura 1).

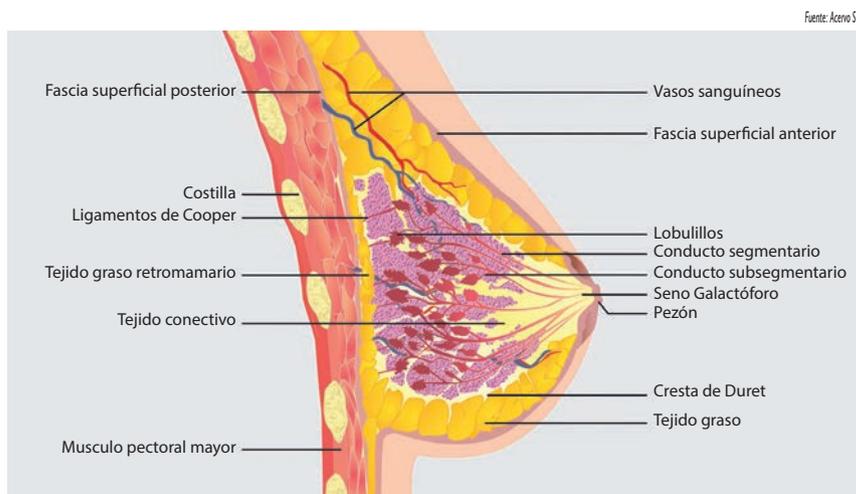


Figura 1. Vista lateral de la mama mostrando sus aspectos anatómicos e histológicos

También es posible que el tejido mamario se extienda hasta la región axilar, con la glándula junto a la superficie del músculo pectoral mayor. Es importante conocer este hecho porque, movilizando el músculo, el tejido mamario puede ser movido, maximizando la inclusión de la mayor parte de la glándula en el campo de la imagen, principalmente en la mamografía.

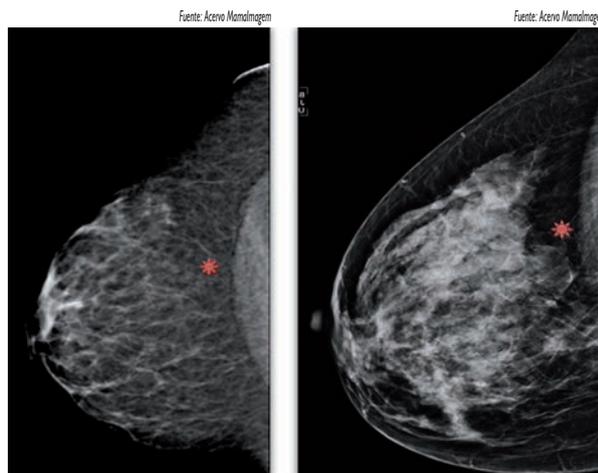


Figura 2. Note el contenido graso del espacio intramamario entre el cuerpo glandular y el músculo pectoral en ambas imágenes (asteriscos)



**Hipoplasia** -

disminución de la actividad formadora de los órganos y tejidos, llevandolos a tener un tamaño menor que lo usual.

**Amastia** - anomalía caracterizada por la ausencia parcial o total de las mamas.

**Agenesia** - ausencia completa o parcial de un órgano y de su origen embriológico.

**Politelia** es la presencia de pezones supernumerarios.

El espacio retromamario es una importante referencia, porque generalmente está constituido, en su mayor parte, por tejido adiposo (Figura 2). La detección de este espacio en la mamografía es esencial para indicar que la mama fue movilizada, posibilitando así una adecuada visualización de todo el tejido.

Es importante saber reconocer variaciones de la mama, debido a anomalías en su desarrollo, tales como: **hipoplasia** mamaria, **amastia**, **agenesia** del músculo pectoral (Síndrome de Poland) (Figura 3), **asimetría** en el tamaño de las mamas, **politelia** o hipertelia (pezones supernumerarios), tejido mamario ectópico (Figuras 4 a y b) y alteraciones individuales sin connotación patológica.

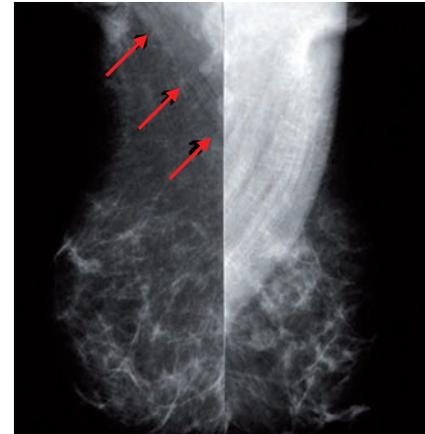


Figura 3. Hipoplasia aguda de la musculatura pectoral (a la derecha) en una portadora del Síndrome de Poland (flechas)

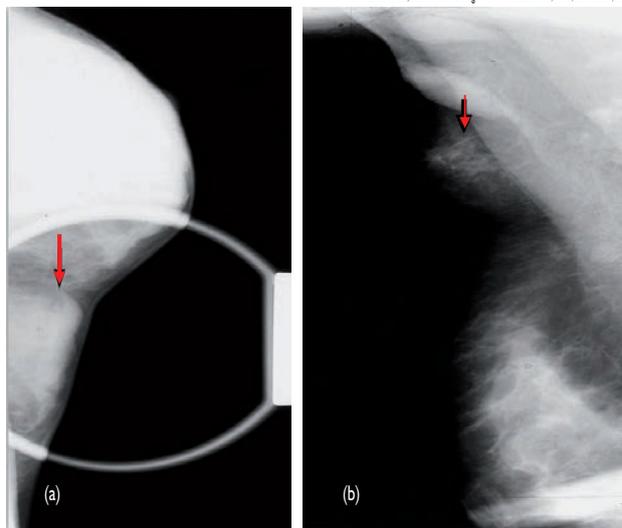


Figura 4. (a) Tejido parenquimatoso glandular ectópico abajo del doblez mamario y (b) en la prolongación axilar

La incidencia de politelia en la población varía entre 0,4% y 6%. Las mamas accesorias son consideradas frecuentemente como un simple problema estético. Sin embargo, estas estructuras, como cualquier tejido mamario, pueden ser blanco de varias alteraciones patológicas, benignas o malignas, una vez que responden a variaciones hormonales fisiológicas, estando también sujetas a los mismos agentes carcinogénicos.

Los tumores malignos en una mama supernumeraria son extremadamente raros, con una incidencia de alrededor de 0,3% entre los casos de cáncer de mama, y su identificación es de particular importancia, una vez que la evaluación de estas mamas generalmente no se contempla en el examen físico de las mujeres.

## 1.2. Enfermedades de la mama

Las alteraciones benignas en la mama pueden ser didácticamente distinguidas como alteraciones **fibroquísticas** o enfermedades benignas de la mama, inflamatorias e infecciosas, neoplásicas y proliferaciones benignas sin atipias.

La mama es el destino final de muchas hormonas, específicamente de la prolactina, del estrógeno y la progesterona. Por esta causa, el epitelio y el estroma de la mama sufren proliferación o involución durante toda la vida.

Durante la menstruación, muchas mujeres se quejan de dolores espontáneos, los que, generalmente, coinciden con los ciclos menstruales. Cuando estas alteraciones se someten a una biopsia, encontramos una serie de anormalidades denominadas *alteraciones fibroquísticas*. Algunos mastólogos las interpretan como respuestas fisiológicas a las fluctuaciones hormonales y no como una enfermedad real y prefieren clasificarlas como *alteraciones benignas de la mama*.

Dentro de las enfermedades infecciosas e inflamatorias de la mama, se destacan la mastitis y los abscesos, que, de forma general, son causados por una fisura o ruptura del epitelio, generalmente en el pezón, provocando una diseminación retrógrada de microorganismos.

Las neoplasias benignas de la mama, son causadas por proliferaciones celulares sin atipias. Algunos ejemplos son el fibroadenoma, el hamartoma (fibroadenolipoma), la adenosis, la lesión esclerosante radial entre otras.

En otra vertiente patológica y de mayor grado de importancia, se encuentran las neoplasias malignas, en las cuales existe una proliferación celular con procesos genéticos erróneos, llamados de atípicos por los patólogos. Por su característica histológica, el cáncer de mama se clasifica en ductal y lobular, los cuales se diferencian en *in situ* e invasivo (o infiltrante), de acuerdo con la invasión del estroma y el árbol ductal, espacios linfáticos y vasculares.

Estudiamos la estructura de la mama y como se manifiestan algunas de sus enfermedades. En el próximo capítulo veremos de cerca el cáncer de mama, así como las diferentes modalidades de imágenes para visualizar la mama y las características de las principales lesiones detectables en la mamografía.



**Fibroquístico** - tejido fibroso, en forma de quiste, encontrado con frecuencia en las mamas.

## Referencias

- BARROS, A. C. S. D. Genética e epigenética: bases moleculares da formação inicial do câncer de mama. **Revista brasileira de mastologia**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 38-41, 2010.
- BAUAB, S. P. Anatomia, histologia e fisiologia da mama feminina relacionadas com os aspectos da imagem. In: AGUIILLAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. (Ed.) **Mama: diagnóstico por imagem**. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. p. 1-28.

CARDENOSA, G.; EKLUND, G. W. Breast anatomy, histology, and cancer. In: KOPANS, D.; MENDELSON, E. (Ed.) **Syllabus: RSNA categorical course in breast imaging**. Oak Brooks: Radiological Society of North America Publications, 1995. p. 21-28.

COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA. Mamografia. In: **ACR BI-RADS® Sistema de laudos e registro de dados de imagem da mama**. Edição nº 1 baseada na 4ª edição americana. São Paulo, SP: Colégio Brasileiro de Radiologia, 2005. p. 9-370.

DELUCA JR., P. M. International Commission on Radiation Units and Measurements, 2009. **Journal of the ICRU**, Ashford, v. 9, n. 2, 2009.

DRONKERS, D. J. et al. **Mamografia prática**. Rio de Janeiro: Revinter, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama**: documento de consenso. Rio de Janeiro, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa 2016**: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro, 2015.

JEMAL, A. et al. Cancer Statistics 2010. **CA: a cancer journal for clinicians**, New York, v. 60, n. 5, p. 277-300, 2010.

METTLIN, C. Global breast cancer mortality statistics. **CA: a cancer journal for clinicians**, New York, v. 49, n. 3, p. 138-144, 1999.

PINOTTI, J. A.; RICCI, M. D.; PINOTTI, M. **Diagnóstico das lesões mamárias**. Rio de Janeiro: Revinter, 2006.

ROCHA, D. C.; BAUAB, S. P. **Atlas de imagem da mama**. Rio de Janeiro: Revinter, 2004.

### Artículo recomendado

AGUILLAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. (Ed.) **Mama**: diagnóstico por imagem. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. p. 257-287.

## CAPÍTULO 2 - EL CÁNCER DE MAMA

### 2.1 - Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima en más de 1 millón el número de casos nuevos de cáncer por año en el mundo. Globalmente se observa un aumento en la tasa de detección del cáncer mamario a lo largo de las últimas décadas, así como una reducción en la tasa de mortalidad en algunos países europeos y en los Estados Unidos. Lo anterior puede ser una consecuencia del empleo creciente de la mamografía como herramienta de exploración y consecuente detección precoz del cáncer de mama. Por otro lado, la mejoría y la eficiencia de los tratamientos incide en estos resultados. Sin embargo, en Brasil, no se puede constatar estos datos, una vez que el aumento de la proyección del cáncer de mama está acompañada del aumento de la tasa de mortalidad, aproximadamente un 20% entre 1995 y 2005.

El cáncer de mama es, actualmente, la segunda causa de muerte entre las mujeres brasileñas y la primera entre las neoplasias malignas. El número de casos nuevos de cáncer de mama esperados en Brasil par el año de 2016 fue de 57.960, con un riesgo estimado de 56,20 casos por cada 100 mil mujeres. En la Región Sudeste, el cáncer de mama es el de mayor incidencia entre las mujeres, con un riesgo estimado de 68,08 casos nuevos por cada 100 mil mujeres (Figura 5).

Fuente: INCA

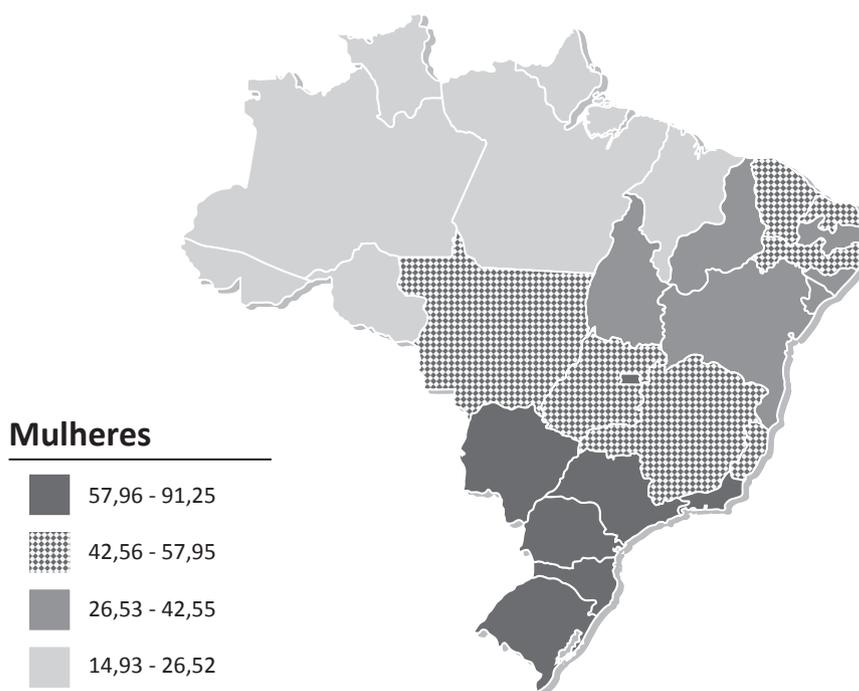


Figura 5. Representación espacial de las tasas brutas de incidencia de cáncer de mama por cada 100 mil mujeres en Brasil, estimativas para el año 2016, según reporte de los diferentes Estados

El carcinoma de la mama es una neoplasia genética y multifactorial. **Genética**, porque la enfermedad se inicia con la mutación de una única célula en la unidad ductolobulillar y, a partir de esta alteración inicial, se crea una susceptibilidad a nuevos daños en el DNA y a alteraciones en los mecanismos reparadores. **Multifactorial**, porque es un proceso complejo y gradual, a través de la interacción entre diversos factores tales como endocrinos, nutricionales y ambientales.

Existe aproximadamente 10% de posibilidades de que la población femenina desarrolle un cáncer mamario en algún momento de su vida, con un aumento progresivo del riesgo con el avance de la edad (Figura 6).

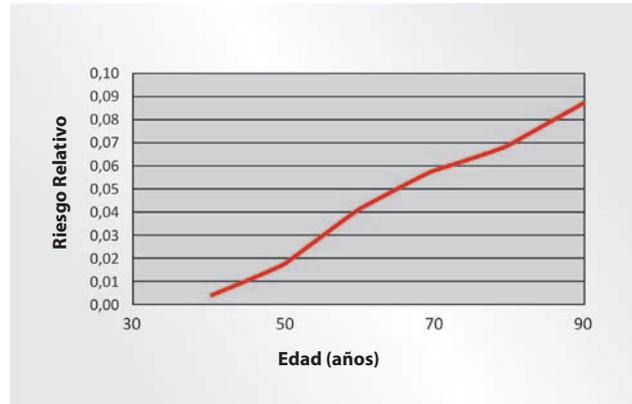


Figura 6. Riesgo de la población femenina de desarrollar un cáncer de mama durante su vida

Mujeres consideradas como de alto riesgo para padecer un cáncer de mama, aumentan esta tasa para más de 20%. Para ser clasificadas en este perfil, deben ser considerados algunos criterios, como tener en la familia:

- 1) Tres o más casos de cáncer de mama más un caso de cáncer de ovario en cualquier edad.
- 2) Más de tres casos de cáncer de mama en personas con menos de 50 años.
- 3) Dos hermanas (o madre e hija) con uno de los siguientes criterios (menos de 50 años):
  - a. dos casos de cáncer de mama;
  - b. dos casos de cáncer de ovario;
  - c. un caso de cáncer de mama y un caso de cáncer de ovario.

## 2.2. Hallazgos radiológicos del cáncer de mama

El examen radiográfico de rutina en la mama consiste en dos proyecciones, una oblicua mediolateral y otra cráneo-caudal, como se muestra en la Figura 7.

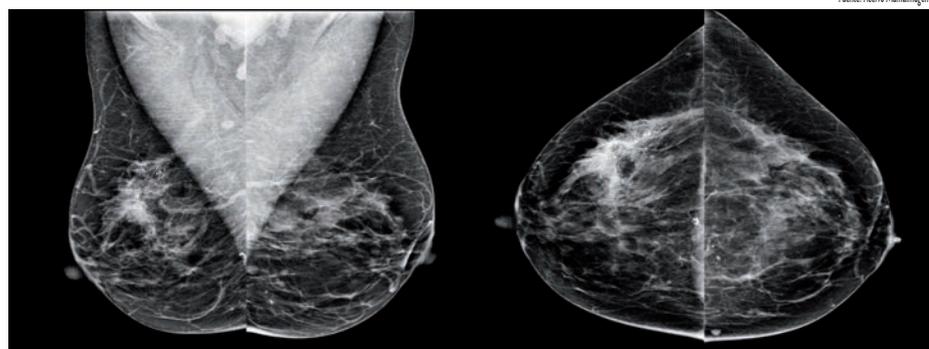


Figura 7. Mamografía en proyección oblicua mediolateral y cráneo-caudal

Los principales hallazgos radiológicos de una lesión maligna son las calcificaciones, los nódulos, la asimetría o neodensidad y la distorsión de la arquitectura. Alteraciones secundarias pueden ocurrir en el pezón, en la piel y en los linfonodos, las cuales siempre deben ser correlacionadas con los hallazgos radiológicos primarios, con la historia clínica y familiar y con los hallazgos en el examen clínico de la mama.

No obstante, existe un área de superposición entre las apariencias de las calcificaciones benignas y malignas, que en general, solo puede ser confirmada por medio de imágenes radiográficas adicionales, normalmente por compresión selectiva con ampliación en las dos proyecciones ortogonales, o por biopsia.

La biopsia percutánea estereotáxica (*core biopsy* o biopsia percutánea con aguja gruesa) es la opción disponible.

Debido a que las calcificaciones, de forma general, poseen apenas décimos de milímetros de diámetro, es muy importante tener una excelente calidad de imagen que permita su identificación y su adecuada caracterización.

### 2.2.1. Calcificaciones

Las calcificaciones son identificadas de acuerdo con su distribución (localización y número) y morfología (tamaño, forma y densidad).

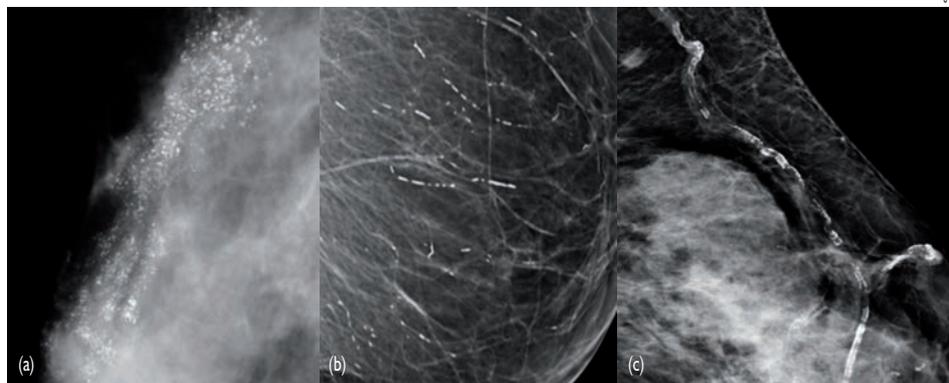
Calcificaciones bilaterales, simétricas o de distribución difusa son generalmente benignas, como las alteraciones fibroquísticas.

Aquellas que se presentan de forma unilateral, lineales, en segmentos o agrupadas, deben ser objeto de atención.

Las calcificaciones benignas tienden a ser lisas, redondas, definidas con centro lucente, densas o groseras. Las amorfas o indistintas y las groseras heterogéneas son de importancia intermedia en la sospecha de malignidad. Ya las de alta sospecha de malignidad, tienden a ser finas y **pleomórficas** irregulares, lineales o ramificadas, siendo estas más relacionadas al carcinoma ductal in situ (Figura 8).



**Pleomórficas** -  
microcalcificaciones que  
poseen varias formas y  
tamaños.



**Figura 8.** (a) Calcificaciones pleomórficas finas con distribución segmentaria (alta sospecha de malignidad), (b) calcificaciones lineales lisas difusas (calcificaciones benignas) y (c) calcificaciones en la pared de arterias (calcificaciones benignas)



**Hamartoma** - tumor benigno como resultado de un error genético en el desarrollo de un órgano.

## 2.2.2. Nódulos

El nódulo mamario es una lesión que debe ser visualizada por la mamografía en sus dos proyecciones.

Los nódulos se evalúan en función de su localización, tamaño, número, densidad, forma y margen, siendo las dos últimas características, las más importantes. Existe una variabilidad considerable, pero, en general, una lesión única, dominante, es mucho más preocupante que pequeños nódulos múltiples y semejantes.

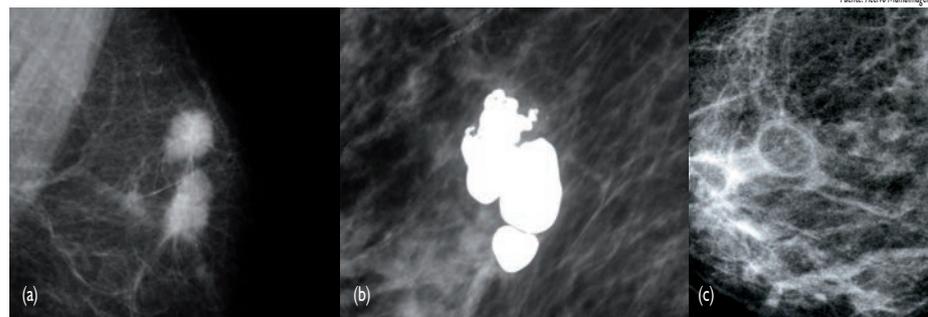
La clasificación de los nódulos como de alta, igual o baja densidad se realiza cuando comparados con un mismo volumen de tejido fibroglandular.

Nódulos con tejido graso (radiotransparente) son benignos, tales como el linfonodo intramamario o un **hamartoma**.

Los nódulos que se muestran relativamente densos para su tamaño, cuando comparados con el tejido mamario normal, deben considerarse sospechosos. Los nódulos típicamente benignos más comunes son los quistes y los fibroadenomas.

Para clasificar los aspectos que caracterizan un nódulo, son necesarias imágenes de óptima calidad, producidas con una técnica radiográfica precisa, y que posean alta resolución espacial y de contraste.

Proyecciones mamográficas focalizadas para una mejor visualización de los márgenes nodulares, así como, exámenes de ultrasonido, pueden ser utilizados como complementos para la evaluación. Vean algunos ejemplos en la Figura 9.



**Figura 9.** (a) Nódulos con alta densidad y contornos espiculados, (b) nódulo calcificado con aspecto en forma de palomita de maíz y (c) nódulo ovalado de márgenes circunscritos con radiodensidad negativa (lucidas)

## 2.2.3. Densidad focal asimétrica

La densidad focal asimétrica se caracteriza por una densidad vista en dos proyecciones ortogonales (generalmente cráneo-caudal y oblicua mediolateral) sin conformación convexa, como un nódulo, cuando se le compara con la misma área de la mama opuesta (Figura 10). Es necesario determinar si este tipo de hallazgo se trata de un tejido normal o de un nódulo oscurecido, utilizando las mismas herramientas empleadas para la evaluación de los nódulos. Encontrar nuevas asimetrías implica comparar con exámenes anteriores y correlacionarlos con los datos clínicos.



Figura 10. Asimetría focal localizada en el cuadrante superior lateral de la mama derecha (flechas)

### 2.2.4. Distorsión de la arquitectura mamaria

En una mamografía, la distorsión de la arquitectura se caracteriza por **espículas** radiadas a partir de un punto y retracción focal o distorsión del margen del parénquima (Figura 11). En general, es un hallazgo sutil y difícil de identificar, principalmente, si la imagen producida no es de óptima calidad y el radiólogo no tiene una percepción aguda.

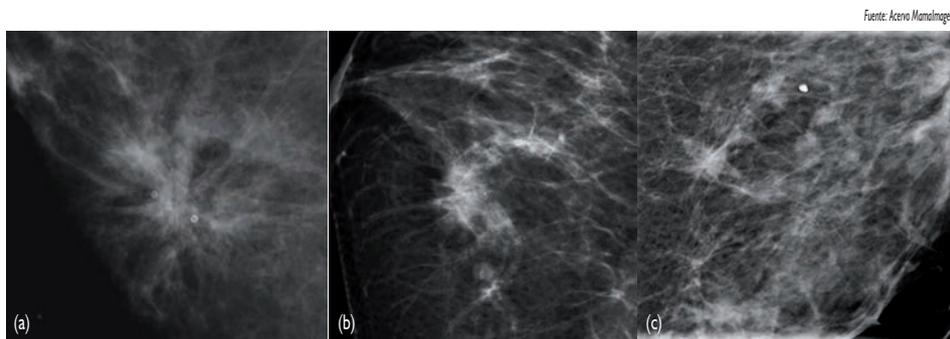


Figura 11. Tres ejemplos de áreas de distorsión de la arquitectura mamaria en la mamografía

El origen de la distorsión de la arquitectura puede ser benigno o maligno y por eso se debe realizar una cuidadosa correlación con la historia de la paciente y los hallazgos en el examen físico de la mama.

Fuente: Acevo Mamalogem

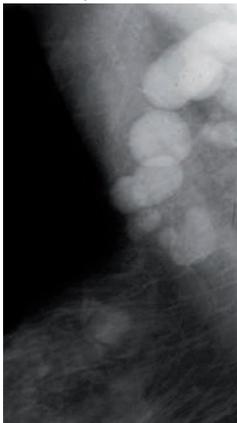


Figura 12. Ganglios axilares globulares e hiperdensos, aumentados en relación al estándar habitual, sin hilio graso

Las cicatrices quirúrgicas, muchas veces, presentan un aspecto tal que, si no son conocidas previamente, pueden despertar sospecha de malignidad. De nuevo, proyecciones mamográficas adicionales, principalmente con marcadores cutáneos sobre las cicatrices quirúrgicas y ultrasonido, pueden ser usadas para una evaluación complementaria.

### 2.2.5. Otros hallazgos

Los linfonodos, tanto los axilares como los intramamarios, deben ser evaluados en relación a los aspectos tamaño, forma e **hilio graso** central (Figura 12), recordando que, no solo el cáncer de mama se relaciona con los linfonodos, también enfermedades neoplásicas, inflamaciones e infecciones sistémicas como leucemia, linfomas, tuberculosis, síndrome de inmunodeficiencia adquirida (Sida), están relacionadas.



**Espículas** - estructuras semejantes a pequeñas espinas.



**Hilio** - fisura o depresión cóncava en una víscera, por donde entran y salen vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. El **hilio graso** es el “centro de conexión” vascular, nervioso y linfático de un linfonodo o ganglio.

Otros hallazgos preocupantes son: engrosamiento y retracción de la piel, así como la retracción del pezón (Figura 13).

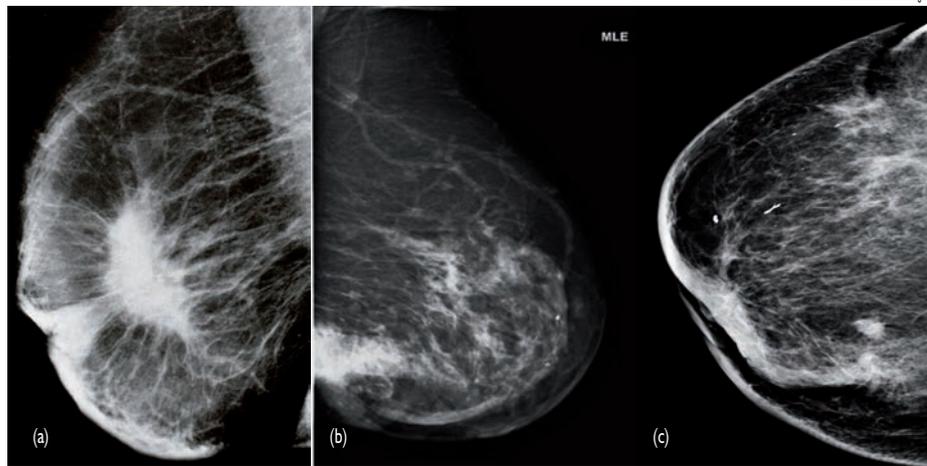


Figura 13. Tres ejemplos de engrosamiento mamario y retracción de la piel y el pezón

## 2.3. Indicación de la mamografía

### 2.3.1. Mujeres sintomáticas: diagnóstico

La mamografía puede ser utilizada como herramienta de investigación y esclarecimiento en mujeres con algunos hallazgos, síntomas y anormalidades clínicas, como nódulos y/o condensación palpable, engrosamiento y retracción de la piel, secreción serosa o sangrienta espontánea por el pezón, linfonodos palpables y dolorosos en las axilas, entre otros.

### 2.3.2. Mujeres asintomáticas: tamizaje o cribado

Por definición, el tamizaje o cribado mamográfico solamente se realiza en mujeres asintomáticas, en intervalos periódicos, con el objetivo de reducir la mortalidad con la detección precoz del cáncer de mama.

Para entender la política de tamizaje del cáncer de mama, debemos recordar que el mismo es un tumor raro antes de los 25 años y después de este período, el número de casos nuevos se eleva hasta la menopausia. Después de la menopausia, su proyección alcanza un pico entre los 55 y 60 años, con un aumento gradual debido a la edad.

La mamografía es el único método de imagen que ya demostró contribuir para la reducción de la mortalidad debida al cáncer de mama, como se muestra en el siguiente gráfico.

Fuente: INCA

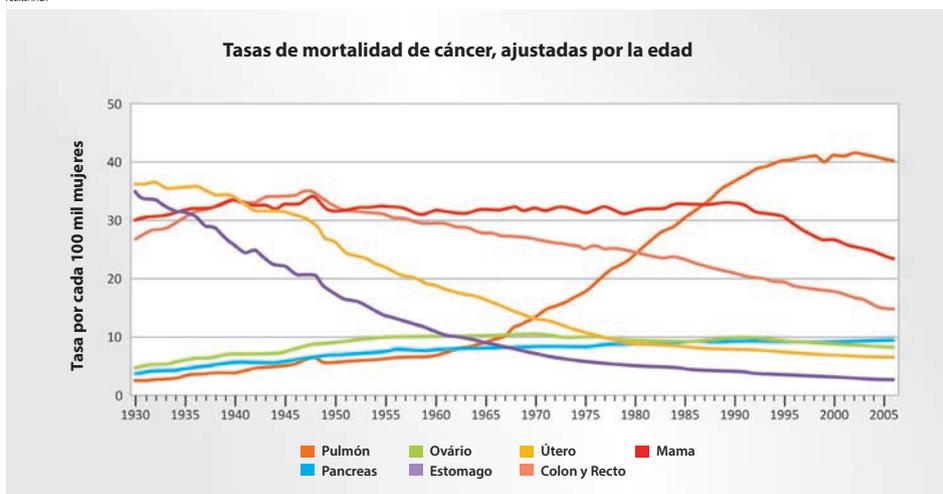


Figura 14. Tasa de mortalidad por cáncer de mama ajustada por la edad entre 1930 y 2006. Note la disminución a partir de la década de 1990 (curva roja)

La edad recomendada para iniciar el tamizaje mamográfico en mujeres no consideradas como de alto riesgo, o sea, con un riesgo de desarrollar cáncer de mama a lo largo de su existencia entre 10% y 13%, es de 50 años, con intervalo máximo de dos años entre los exámenes, de acuerdo con el Ministerio de Salud de Brasil y el INCA. Ya para las mujeres consideradas como de alto riesgo, el tamizaje debe iniciarse a los 35 años. Este criterio tiene como fundamento los resultados de grandes estudios poblacionales que comprueban la reducción de la tasa de mortalidad en mujeres que se someten a la mamografía periódica.

El Ministério de Salud de Brasil recomienda suspender el tamizaje con mamografía en mujeres con 70 años o más.

En el Cuadro I se muestran las recomendaciones de otras entidades médicas nacionales e internacionales.

Cuadro I. Criterios utilizados para el tamizaje mamográfico por sociedades científicas de referencia

	<b>American Cancer Society</b>	<b>American College of Radiology</b>	<b>INCA</b>	<b>Colegio Brasileño de Radiología</b>
Edad de inicio	40 años	40 años	50 años	40 años
Periodicidad	Anual	Anual	2 años	Anual
Edad para conclusión	Sin límites	Sin límites	69 años	Sin límites

Fuente: Aceso Mamagem

Sin embargo, la mamografía posee limitaciones y no detecta todos los tipos de cáncer.

La sensibilidad reportada en los programas de tamizaje en los Estados Unidos fue de 75 %, o sea, a cada 100 mujeres con cáncer de mama, la mamografía falló en la detección de 25 de ellas. La sensibilidad de la mamografía es menor en mujeres jóvenes, con mamas densas o con alto riesgo para cáncer de mama, especialmente en aquellas con mutación en los genes supresores del cáncer mamario BRCA 1 y 2. Esto fue motivo para que se realizaran estudios evaluando el uso de la ultrasonografía o ecografía y la resonancia magnética (RM) como métodos suplementares en el tamizaje del cáncer de mama en mujeres con mamas densas y con alto riesgo para el cáncer de mama (asunto que abordaremos más adelante).

## 2.4. El papel de la ecografía



**Piezoeléctrico** - es un material, generalmente un cristal, que al sufrir presión mecánica (sonido por ejemplo), produce una corriente eléctrica.

Para producir una imagen utilizando la técnica de ecografía o ultrasonografía, se utiliza un transductor **piezoeléctrico** que crea una serie de pulsos cortos de sonido focalizado (ondas mecánicas) en un rango de frecuencia entre 5 MHz y 15 MHz. Cuando se acopla el transductor con la mama, por medio de un gel conductor de ondas sonoras, los pulsos se propagan por el interior de la mama. Parte de la energía de estos pulsos es reflejada por las interfaces entre los tejidos que la onda sonora va encontrando en su camino, de manera que, un único pulso puede provocar múltiples pulsos reflejados. Estos pulsos regresan en la dirección del transductor que, al ser accionado en su modo de recepción, convierte la energía que regresa en una señal eléctrica de radiofrecuencia y la transforma en una imagen con diferentes matices de gris (Figura 15).



Figura 15. Tres ejemplos de nódulos, en imagen ultrasonográfica, con características diferentes

La imagen ultrasonográfica tiene la ventaja de no verse afectada por los tejidos densos, como ocurre en la mamografía, así como no hacer uso de radiación ionizante y tener un costo relativamente bajo.

Además, las imágenes están libres de los problemas de superposición de las estructuras, hecho que limita y compromete la efectividad de la mamografía y no se hace necesario comprimir la mama para realizar el examen.

Por otro lado, una de las limitaciones de la ultrasonografía es su grande dependencia del operador. Este aspecto lo convierte en un examen menos reproducible. También es menos efectivo que la mamografía para la detección de las microcalcificaciones.

Indicaciones de la ultrasonografía:

- Exámen de elección para evaluación de nódulo palpable en mujeres con menos de 30 años, embarazadas y lactantes.
- Método auxiliar y complementario para investigar un hallazgo clínico o mamográfico.
- Evaluación de la extensión de una lesión maligna, incluyendo la axila.
- Distinción entre lesiones quísticas y sólidas y en la categorización de la malignidad.
- Búsqueda de adenocarcinoma primario desconocido.
- Evaluación del flujo papilar serosanguinolento espontáneo.
- Evaluación de la integridad del implante mamario.
- Orientación de procedimientos intervencionistas en tiempo real.

Aun cuando la ultrasonografía en algunas ocasiones, puede detectar pequeños carcinomas invasivos no vistos en la mamografía, su uso para el tamizaje todavía no ha sido científicamente validado. Los estudios continúan en el sentido de establecer su uso en el tamizaje de mujeres con alto riesgo de desarrollar cáncer de mama y con mamas radiológicamente densas.

Por la facilidad y comodidad para la paciente, la ultrasonografía es un método de elección para guiar biopsias y realizar localización preoperatoria en lesiones visibles al ultrasonido, aun cuando hallan sido visualizadas por otra modalidad de imagen.

## 2.5. El papel de la RM

El principio de la RM es la representación de la composición química de los varios tipos de tejidos expuestos a un potente campo magnético. En el caso de la RM de mamas, es esencial que se utilice el contraste paramagnético intravenoso gadolinio para una ideal y completa evaluación del estudio de las mamas y de las axilas.

Son inegables las ventajas de la RM para la mastología con mejor compresión y reconocimiento de las patologías, terapéutica adecuada y diagnóstico precoz del cáncer.

Este método se ha establecido progresivamente como una herramienta imprescindible para casos criteriosamente seleccionados, pero también puede tener efecto contrario, cuando no se establece un criterio bien definido sobre el caso.

Didacticamente las indicaciones de la RM de mama puede dividirse en dos grupos como se muestra en el Cuadro 2.

Ahora que se conocen las características del cáncer de mama y las modalidades de imagen utilizadas para identificarlo, comenzaremos el estudio de la mamografía, la llave de oro para el diagnóstico de esta enfermedad. Primero, revisando su historia y seguidamente su aplicación clínica.

Cuadro 2. Indicaciones formales para la realización de RM de las mamas

<b>DIAGNÓSTICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casos no conclusivos por la mamografía y el ultrasonido</li> <li>• Carcinoma oculto</li> <li>• Planificación terapéutica</li> <li>• Respuesta a la quimioterapia neoadyuvante</li> <li>• Sospecha de recidiva</li> <li>• Investigación de la descarga patológica por el pezón</li> <li>• Evaluación de implantes y prótesis</li> </ul>
--------------------	---

Fuente: *Acervo Mamógen*

## Referencias

AMERICAN CANCER SOCIETY. **Cancer facts & figures 2010**. Atlanta, GA: American Cancer Society, 2010.

BASSETT, L. W. et al. **Diagnosis of diseases of the breast**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1997.

BIRDWELL, R. L. et al. **Pocket radiologist breast: 100 top diagnoses**. Philadelphia: W.B. Saunders, 2003.

CALDE, F. A. A. et al. Síndrome de poland: relato de caso e revisão da literatura. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 37, n. 5, p.381-383, 2004.

COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA. Mamografía. In: **ACR BI-RADS® Sistema de laudos e registro de dados de imagem da mama**. Edição nº 1 baseada na 4a edição americana. São Paulo, SP: Colégio Brasileiro de Radiologia, 2005. p. 9-370.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSE ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa 2012: projeção do câncer no Brasil**. Rio de Janeiro, 2011.

KOPANS, D. B. **Breast imaging**. 3rd. edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

LANYI, M. **Mammography: diagnosis and pathological analysis**. New York: Springer, 2003. p. 353-400.

MONTICCIOLO, D. Breast disease: anatomy, pathology and diagnosis. In: **RADIOLOGICAL SOCIETY OF NORTH AMERICA 2004 SCIENTIFIC ASSEMBLY AND ANNUAL MEETING, 2004**, Chicago. Disponible en: <<http://archive.rsna.org/2004/4402640.html>>. Acceso en: 31 mar. 2017.

SEWELL, C. W. Pathology of benign and malignant breast disorders. **The Radiologic Clinics of North America**, Philadelphia, v. 33, n. 6, p. 1067-1080, 1995.

SHAW DE PAREDES, E. Radiographic breast anatomy: Radiologic signs of breast cancer. In: HAUS, A. G.; YAFFE, M. J. (Ed.). **Syllabus: a categorical course in physics-technical aspects of breast imaging**. 3. Ed. Oak Brook, IL: RSNA, 1994. p. 35-46.

TOHNO, E.; COSGROVE, D. O.; SLOANE, J. P. **Ultrasound diagnosis of breast diseases**. London: Churchill Livingstone, 1994.

### Artículos recomendados

AGUILLAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. **Mama: diagnóstico por imagem**. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. (Capítulos 2, 3, 4, 9 e 10).

SANTOS, A. **Física médica em mamografia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010. (Capítulos 24 e 28).

## CAPÍTULO 3 - LA MAMOGRAFÍA EN LA PRÁCTICA CLÍNICA

### 3.1 - Un enfoque histórico

La historia de la mamografía se remota a 1913, cuando el cirujano alemán Albert Salomon realizó un estudio radiográfico con más de 3 mil especímenes de mastectomías, comparando los hallazgos macroscópicos en las imágenes con los hallazgos microscópicos de las patologías mamarias. En la década de 1920 se realizaron los primeros intentos de diagnóstico de enfermedades de la mama por medio de la radiografía (Figura 16). No obstante, fue necesario esperar más de cuatro décadas para que el diagnóstico del cáncer de mama por medio de la radiografía se hiciera efectivo.



Figura 16. Radiografía de la mama realizada a mediados de 1927

La era de la mamografía comenzó al final de la década de 1960 (Figuras 17; 18 y 19). En esa época, los equipamientos y las técnicas radiográficas tuvieron una rápida evolución, lo cual dio lugar a la normalización de los parámetros de exposición y posicionamiento de las pacientes, produciendo así, imágenes de alta calidad para el diagnóstico.

Fuente: Acervo SQRI

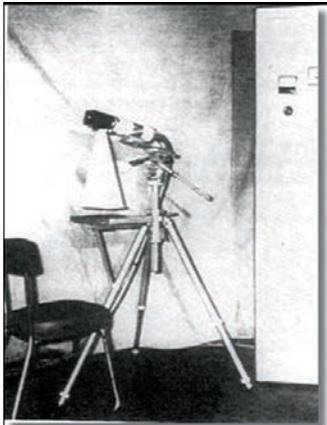


Figura 17. Primer mamógrafo. Prototipo de 1965, llamado de Trepied

Fuente: Acervo SQRI



Figura 18. Posicionamiento de la paciente en 1967

Fuente: Acervo SQRI

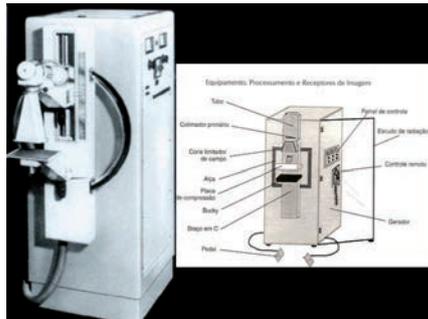


Figura 19. Primer mamógrafo comercial modelo Senographe, lanzado en 1966

Al inicio de la década de 1970, surgieron en el mercado los primeros equipos de rayos X dedicados al examen radiológico de la mama y, de esta forma, la mamografía fue reconocida como la mejor técnica de examen de imagen para el tamizaje del cáncer de mama.

En muchos países, el cáncer de mama ya se establecía como el tipo de cáncer más frecuente entre las mujeres, llegando a ser la primera o segunda causa de muerte en relación al cáncer dentro de la población femenina. En los años 1980, se dio mucho énfasis al uso de la mamografía como instrumento para el cribado poblacional. Sus resultados mostraron que, después de un seguimiento de 14 años, la detección precoz del cáncer de mama por la mamografía redujo la tasa de mortalidad entre 20% y 35% en mujeres con un rango de 50 a 69 años, y un poco menos en mujeres con edades entre de 40 y 49 años.

Durante el último siglo, el uso de la mamografía para la detección del cáncer de mama ha recorrido un largo camino. Con los avances de la tecnología, de los sistemas de imagen y la mejor comprensión de la biología del cáncer, la detección precoz del cáncer de mama ha traído una mejoría continua en los resultados clínicos. Como la mamografía se estableció como un método estándar de imagen para el tamizaje del cáncer de mama, las innovaciones técnicas provocaron un aumento del conocimiento sobre esta enfermedad y de la respuesta de los tumores a las terapias utilizadas. Es posible que estas innovaciones puedan ser integradas a las tecnologías ya establecidas, reduciendo así los costos de los exámenes y aumentando el acceso de las pacientes a los nuevos métodos de imagen.

### 3.2. El examen radiográfico de la mama

La mujer que va a realizar una mamografía debe, primero, responder un cuestionario, de forma que permita entender y registrar la individualidad de cada paciente (Cuadro 3).

El examen clínico de las mamas realizado por un médico o una enfermera entrenada y con experiencia palpatoria también es de gran utilidad, pues aporta informaciones adicionales sobre las mamas de la paciente, principalmente para aquellas áreas de interés y de identificación de lesiones cutáneas (Figura 20), que puedan originar artefactos y que muestren la necesidad de proyecciones adicionales, de manera que marquen la diferencia entre un diagnóstico correcto y la no detección de un cáncer.

Fuente: Acervo SQRI

Diagrama de las mamas para anotar cambios en el examen clínico

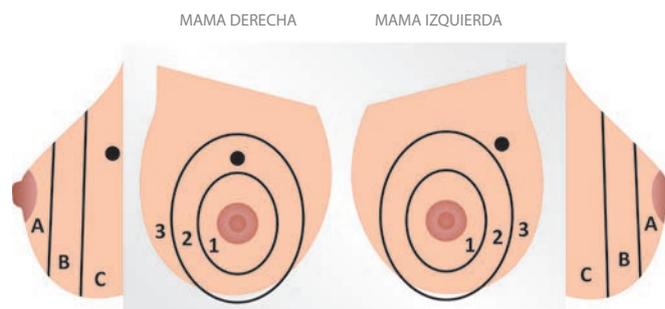


Figura 20. Figura esquemática para marcar lesiones palpables, cutáneas, cicatrices etc., según sea necesario

Cuadro 3. Cuestionario sugerido para las mujeres que van realizar un examen de mamografía

## ANAMNESIS

- Es la primera vez que hace una mamografía? ( ) sí ( ) no
- ¿Si no, cuando fue la última vez? \_\_\_\_\_
- ¿Tiene algún síntoma en las mamas?
- ( ) no
- ( ) nódulo ( ) der. ( ) izq.
- ( ) ¿Tiene alguna secreción? ( ) espontanea ( ) cuando comprime ( ) der. ( ) izq.
- ¿Toma anticoncepcional? ( ) no ( ) sí, desde \_\_\_\_\_
- ¿Ya paro de menstruar? ( ) no ( ) sí
- ¿Tiene hijos? ( ) no ( ) sí ¿Con que edad tuvo su primer hijo? \_\_\_\_\_
- Edad de la primera menstruación: \_\_\_\_\_
- Edad de la menopausia: \_\_\_\_\_
- Edad si realizó histerectomía: \_\_\_\_\_
- ¿Realizó algún reemplazo hormonal? ( ) no ( ) sí
- ¿Ya realizó alguna punción de algún quiste en la mama? ( ) no ( ) sí
- ¿Ya realizó alguna biopsia de mama? ( ) no ( ) sí ( ) con aguja ( ) cirugía
- ¿Ya realizó cirugía plástica en las mamas? ( ) no ( ) sí
- ¿Ya colocó algún implante o prótesis de silicona? ( ) no ( ) sí
- ¿Si sí, ya lo cambió alguna vez? ( ) no ( ) sí
- ¿Alguien de su familia ya tuvo cáncer de mama? ( ) no ( ) sí ( ) no se
- Si sí, con que edad: ( ) yo misma \_\_\_\_\_ ( ) madre \_\_\_\_\_ ( ) hermana \_\_\_\_\_
- ( ) abuela \_\_\_\_\_ ( ) hija \_\_\_\_\_ ( ) tia \_\_\_\_\_

En la mamografía, la glándula mamaria se proyecta como un triángulo con la base en dirección al tórax. Un espacio radiotransparente con espesor variable, llamado de tejido adiposo subcutáneo, separa la glándula de la piel. En el triángulo propiamente dicho, está el tejido glandular, el cual se extiende hasta el pezón. Los tejidos glandular y conectivo tienen densidad semejantes, lo que no permite distinguir uno del otro en la mamografía. El tejido adiposo tiene una densidad menor, lo que permite el contraste en la mamografía. Cuanto mayor el volumen del tejido adiposo, mayor será la precisión diagnóstica en la mamografía.

En este contexto, la Figura 21 muestra una correlación de las estructuras normales de la mama en la mamografía, comparando diversas imágenes. En ellas, las estructuras mamarias con pequeña variación de densidad se muestran con variación gradual en diferentes tonos de gris.

Las mujeres en edad reproductiva poseen casi siempre mayor cantidad de tejido fibroglandular, con igual o menor cantidad de tejido adiposo. Generalmente, después de la menopausia, el tejido adiposo sustituye gradualmente al tejido fibroglandular. Existen algunas variaciones, dependiendo de la característica física de la mujer y de variaciones personales en la involución mamaria. Por ejemplo, mujeres jóvenes con sobrepeso pueden tener mamas liposustituidas y mujeres en el climaterio o postmenopausia pueden tener una involución mamaria con predominio del tejido conectivo, presentando mamas densas.

Fuente: Acervo Mamógen

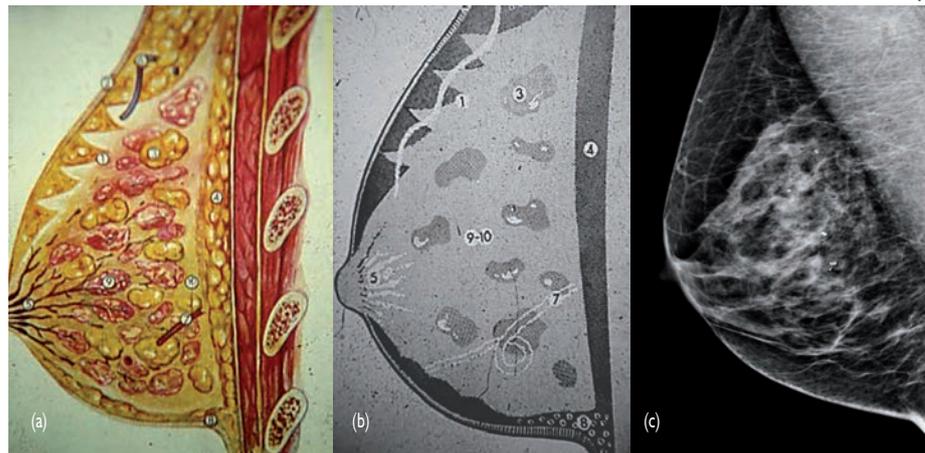


Figura 21. Observe la apariencia en los diferentes tipos de tejidos encontrados en la mama, correlacionando el esquema anatómico con la Imágen radiográfica

La piel de la mama también puede ser visualizada en la mamografía, mostrando un espesor que varía de 0,5 a 2 mm. En el doblez inframamario existe un engrosamiento normal de la piel y en la mama pequeña, en proyección craneocaudal, la compresión puede simular un aumento del espesor de la misma en las porciones medial y lateral.

En ocasiones, en mamas con una grande sustitución grasa, es posible identificar los poros de la piel como pequeños y múltiples puntos radiotransparentes.

Aún cuando la mamografía convencional, que utiliza la película radiográfica para el registro de la imagen, continúe siendo la regla de oro en la detección del cáncer de mama, existe entre los especialistas un consenso de que la misma presenta diversas limitaciones. En la mamografía convencional, una vez que la película ha sido expuesta para la realización del examen y revelada, las imágenes no pueden ser alteradas. Esto es una limitación del método cuando la exposición es insuficiente (imágenes claras), excesiva (imágenes oscuras) o tiene un contraste inadecuado. Como no hay solución para este problema, será necesario repetir la mamografía, exponiendo al paciente a dosis adicionales de rayos X. Aparte de estas limitaciones técnicas, la mamografía convencional mostró una menor sensibilidad para la detección del cáncer lobulillar y del **carcinoma ductal in situ**.

En la última década se han producido avances significativos en la tecnología para la mamografía. La mamografía digital de campo completo (FFDM, del inglés, *Full Field Digital Mammography*) viene siendo utilizada de forma creciente, tanto para el tamizaje en mujeres asintomáticas, como para el diagnóstico del cáncer de mama en mujeres con hallazgos o síntomas de la enfermedad. Las imágenes producidas por esta tecnología son de alta calidad y han demostrado tener la misma exactitud de la mamografía convencional con película para el tamizaje de la población en general.



**Carcinoma ductal in situ**

forma inicial de neoplasia en que las células con características malignas no invaden la membrana basal subepitelial. Por eso, no llegan a las venas y vasos linfáticos, no producen metástasis, y puede ser consideradas como un precáncer.

Fuente: Acervo SQRI

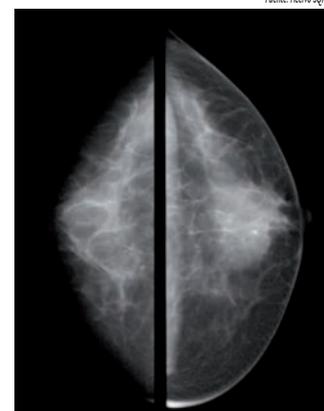


Figura 22. Proyección caudocraneal. Lado izquierdo, mamografía convencional (pantalla película). Lado derecho, mamografía digital de campo completo

En mujeres en tránsito hacia la menopausia y con mamas densas, la mamografía digital se muestra superior a la convencional en la detección de lesiones malignas. La misma mejora de forma selectiva el contraste en áreas del **parénquima** denso y con ello mejora la detección de los hallazgos radiográficos con interés diagnóstico.

Para mujeres con predisposición genética para el cáncer de mama, **genes BRCA 1 y BRCA 2**, la mamografía digital es un instrumento importante para organizar programas de detección dirigidos, especialmente, a mujeres jóvenes entre 25 y 30 años. Teniendo en cuenta la necesidad de un mayor control radiográfico de esta población y de un aumento en la frecuencia de los exámenes, la mamografía digital puede reducir la cantidad de radiación ionizante a la cual las mujeres son expuestas.

Los avances técnicos en el campo de las imágenes digitales han permitido un mejor almacenamiento, acceso y recuperación de las informaciones referentes a los exámenes, así como un mejor procesamiento posterior de las imágenes, de forma que alcancen estándares óptimos de calidad.

Hasta ahora, estudiamos la estructura de la mama y como algunas de sus enfermedades se manifiestan. Vimos también las modalidades de imágenes para la visualización de la mama y las ventajas de la mamografía. En el próximo capítulo, conoceremos la formación de la imagen mamográfica.

## Referencias

- ARNOLD, L. Sensitivity and specificity of digital vs. film mammography. **The Internet Journal of Academic Physician Assistants**, Sugar Land, v. 7, n. 2. p. 1-8, 2010.
- BICK, U.; DIEKMANN, F. Digital mammography: what do we and what don't we know? **European radiology**, Berlin, v. 17, n. 8, p. 1931-1942, 2007.
- COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA. Mamografía. In: **ACR BI-RADS® Sistema de laudos e registro de dados de imagem da mama**. Edição nº 1 baseada na 4ª edição americana. São Paulo, SP: Colégio Brasileiro de Radiologia, 2005. p. 9-370.
- DRONKERS D. J. et al. **Mamografía práctica**. Rio de Janeiro: Revinter, 2003.
- ELMORE, J. G. et al. Screening for breast cancer. **Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 293, n. 10, p. 1245-1256, 2005.
- FISCHMANN, A. et al. Comparison of full-field digital mammography and film-screen mammography: image quality and lesion detection. **The British journal of radiology**, London, v. 78, n. 928, p. 312-315, 2005.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama**: documento de consenso. Rio de Janeiro, 2004.
- PICARD, J. D. History of mammography. **Bulletin de l'Académie nationale de médecine**, Paris, v. 182, n. 8, p. 1613-1620, 1998.



**Parénquima** - conjunto de células responsables por el funcionamiento de un determinado órgano.



**Genes BRCA 1 y BRCA 2** - son genes humanos que pertenecen al tipo de genes conocido como supresores del tumor, que regulan el ciclo celular y previenen la proliferación descontrolada de las células.

SOERJOMATARAM, I. et al. Rising incidence of breast cancer among female cancer survivors: implications for surveillance. **British Journal of Cancer**, London, v. 100, n. 1, p. 77-81, 2009.

TABÁR, L. **Teaching course in diagnostic breast imaging**. Cave Creek: Mammography Education, 2000.

#### Artículo recomendado

SANTOS, A. **Física médica em mamografia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010. (Capítulos 18 e 27).

## CAPÍTULO 4 - LA FORMACIÓN DE LA IMAGEN EN MAMOGRAFÍA

### 4.1 - La física de la formación de la imagen

La imagen mamográfica es producida de la misma forma que la imagen de radiografía convencional. Un haz de rayos X proveniente de una fuente casi puntual incide sobre la mama comprimida y la fracción del haz que es transmitida a través del tejido queda registrada en un receptor de imagen. Debido a la dispersión del haz de rayos X a partir de la fuente, las estructuras dentro de la mama son amplificadas según son proyectadas en el receptor de imagen. Esta imagen producida, no es más que el resultado de la atenuación diferenciada de los rayos X a su paso por estas estructuras (Figura 23).

Para obtener una imagen de mamografía con alta calidad diagnóstica, son necesarios algunos requisitos técnicos como:

- Incluir la mayor cantidad posible de tejido mamario en el área de la imagen.
- Producir la imagen con un contraste adecuado de todas las partes de la mama, permitiendo así la detección de las diferentes atenuaciones del haz de rayos X entre los tejidos normales (sanos) y los diferenciados (enfermos).

**Nota:** El contraste tiene su origen en la variación de la atenuación de los fotones de rayos X debido a las diferencias en la composición del tejido mamario y la densidad de las masas. Esta variación es afectada por fluctuaciones aleatorias en el proceso de formación de la imagen, conocido como **ruído**, y este perjudica la detección de estructuras de bajo contraste.

- El sistema de imagen debe poseer un **intervalo dinámico** adecuado para mostrar esas diferencias de contraste en la composición y densidad de los tejidos. Este intervalo debe ser capaz de diferenciar tejidos próximos al borde de la mama, donde existe poca atenuación (o sea, muchos fotones llegando al receptor de imagen), y también en el centro de la mama, donde la atenuación de los fotones llega al 99% del valor inicial.

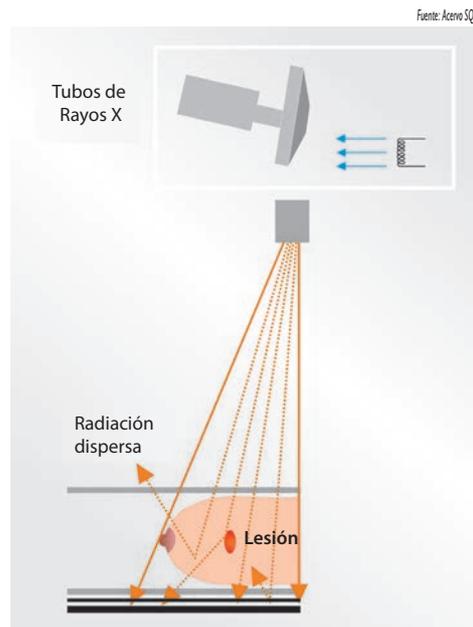


Figura 23. Haz de rayos X atravesando la mama. Se puede observar la representación de una lesión en el interior de la mama, así como la dispersión de los fotones de rayos X

- Tener una resolución espacial suficiente que permita visualizar los detalles finos asociados con hallazgos de cáncer de mama, tales como las microcalcificaciones y los bordes de las estructuras finas de la mama. Es deseable la percepción de detalles estructurales del orden de 150  $\mu\text{m}$ .
- Controlar el nivel de fluctuaciones aleatorias (ruido) en la imagen, facilitando así la detección confiable del cáncer.
- Mantener la dosis absorbidas en la mama en el menor nivel posible, compatible con la realización de una imagen de alta calidad diagnóstica. Como la mama es sensible a la radiación ionizante, lo cual para altas dosis se conoce como inducción del cáncer de mama, se debe utilizar el menor nivel de dosis absorbida posible para atender los requisitos de una imagen con alta calidad diagnóstica.

Para obtener una exposición adecuada en un dado receptor de imagen, es necesario hacer incidir sobre el mismo un valor específico de energía de rayos X transmitidos a través de la mama, dentro de una determinada área.

Como la atenuación de los rayos X disminuye con el aumento de la energía, la exposición necesaria para mantener la cantidad de fotones (radiación) constante en el receptor de imagen irá aumentar (y consecuentemente la dosis) si la energía del haz es reducida para mejorar el contraste de la imagen.

El equilibrio entre la calidad de la imagen y la dosis absorbida requiere de conocimiento y responsabilidad a la hora de establecer las técnicas de los exámenes mamográficos (kV, mAs, combinación blanco filtro y posicionamiento de la fotocélula).

## 4.2. Equipamientos para mamografía

### 4.2.1. El mamógrafo

Basicamente, un mamógrafo consiste en un tubo de rayos X y un receptor de imagen colocados en lados opuestos en una torre mecánica (Figura 24). Como la mama debe ser examinada en diferentes ángulos, la altura de la torre es ajustable y la misma debe rotar sobre su eje horizontal, para así poder acomodar pacientes con diferentes alturas.

La mayoría de los equipamientos de radiografía son diseñados de modo que el campo de la imagen esté centralizado debajo de la fuente de rayos X. En mamografía, la geometría del sistema es montada



Fuente: Aceros SQRI

Figura 24. Equipo de mamografía

de forma que una línea imaginaria vertical salga de la fuente de rayos X, toque levemente la pared torácica del paciente, y cruce ortogonalmente el borde del receptor de imagen más próximo al paciente (Figura 25). Si el haz de rayos X es centralizado sobre la mama, parte del tejido próximo a la pared torácica se vería proyectado hacia el interior de cuerpo del paciente, quedando fuera del campo de radiación.

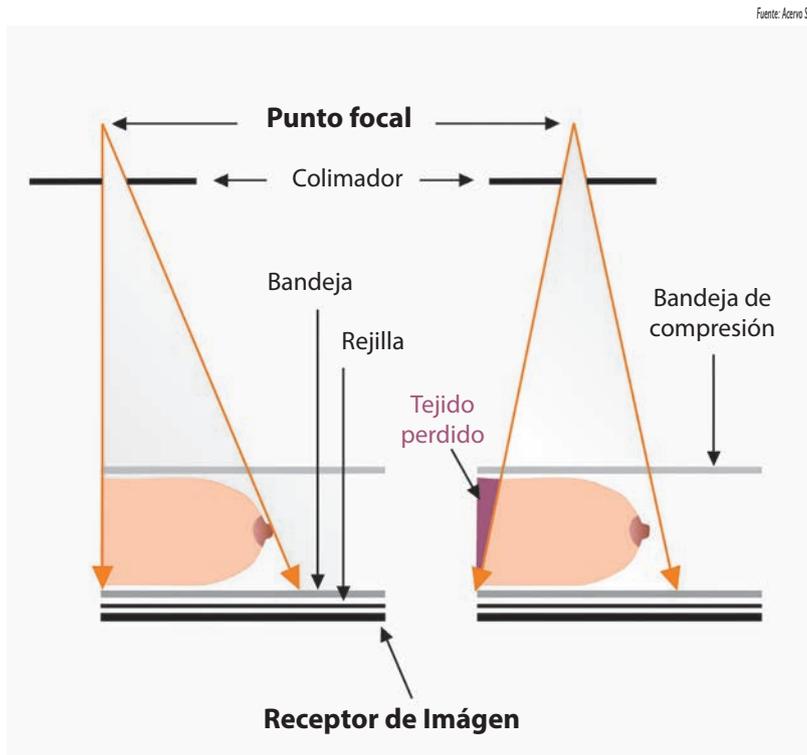


Figura 25. Geometría convencional del haz para mamografía. Lado izquierdo: alineación correcta. Lado derecho: si utilizado el método de centralizar el haz, parte del tejido mamario no sería examinado

Los rayos X utilizados en mamografía son producidos por un tubo con un diseño especial, que permite operar los parámetros ideales de la técnica radiográfica para este tipo de exámen.

Dentro del tubo de rayos X, los electrones emitidos por un cátodo calentado son acelerados en un campo eléctrico (kV) y focalizados para que lleguen al ánodo que se encuentra cargado positivamente (Figura 26).

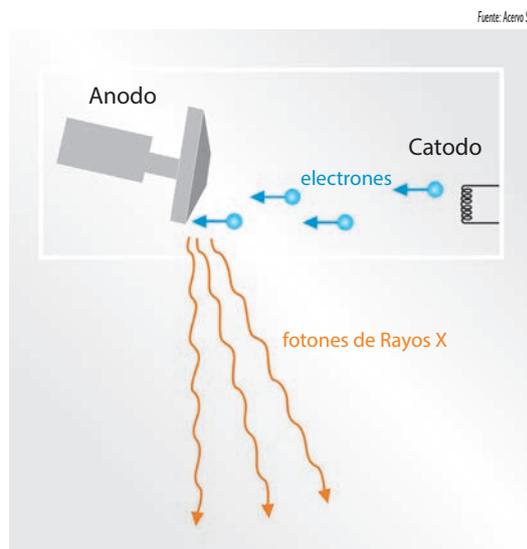


Figura 26. Ilustración de la producción de fotones de rayos X (flechas) en el tubo

El área del ánodo sobre la cual inciden los rayos X se denomina blanco o punto focal. La elección del material para el ánodo, que puede ser de molibdénio, rodio o tungsteno, va depender del espectro de rayos X deseado. Un espectro es compuesto de radiaciones características y de frenado (*Brensstrahlung*), específicas del material del blanco.

En un espectro (Figura 27), los fotones que hacen parte de la distribución continua de energía (radiación de frenado) así como los que forman los picos monoenergéticos (radiación característica), son denominados **fotones de rayos X**.

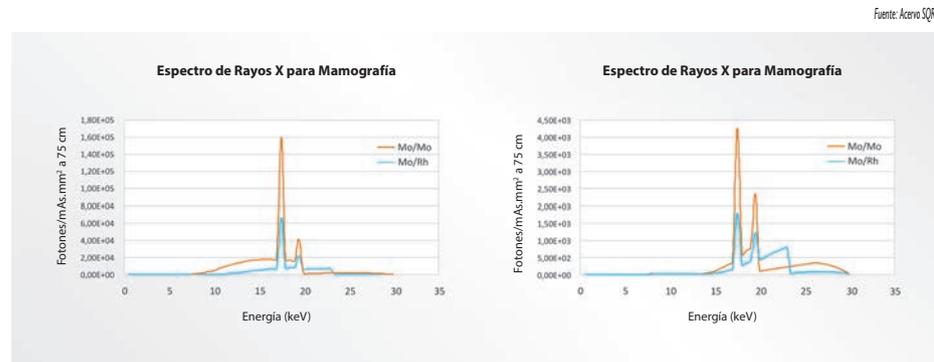


Figura 27. Espectros de rayos X para dos combinaciones blanco/filtro. A la izquierda, blanco y filtro de molibdénio y a la derecha, blanco de molibdénio y filtro de rodio

En los sistemas de mamografía modernos, se utiliza la tensión en forma de onda senoidal de alta frecuencia ( $\geq 20$  kHz) para inducir la producción de rayos X. Esta forma de onda suministra un potencial (kV) casi constante para el tubo. Normalmente, potenciales entre 20 y 40 kV, escogidos de acuerdo con el grosor y composición de la mama, son aplicados al tubo para obtener imágenes clínicas de las mamas.

Por causa de la energía relativamente baja de los electrones usados en mamografía, la eficiencia de los rayos X producidos es pequeña, una vez que la mayor parte de la energía cinética de los electrones incidentes se disipa en el ánodo en forma de calor.

Para que este calor no derrita el blanco, el mismo debe disiparse. Para ello, se incrusta el blanco sobre la superficie de un disco metálico giratorio y se inclina el ánodo en relación a los electrones incidentes, de forma que el calor se propague sobre un área mayor.

Dependiendo del ángulo de emisión, los rayos X que se forman en el blanco deben atravesar diferentes distancias en su camino entre el punto de su producción y el plano donde la imagen quedará registrada. En consecuencia, la atenuación de los rayos X será diferente en cada punto del campo de radiación; siendo mayor para los que inciden al lado del pezón, sí lo comparamos con los que inciden al lado de la pared torácica. La variación de la intensidad de los rayos X resultante, a lo largo del eje pezón - tórax se denomina efecto anódico (Figura 28)

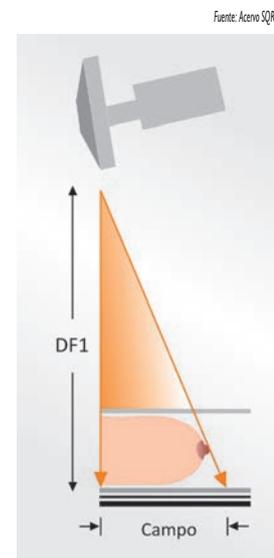
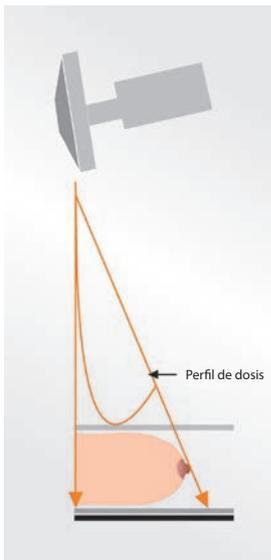


Figura 28. Ilustración del efecto anódico o de talón: los fotones inciden sobre la mama, siendo mayor en la región próxima a la pared torácica

Fuente: Acervo SQJH



**Figura 29.** Esquema del perfil de dosis debido a la exposición de los rayos X. La forma de la curva al lado de la pared torácica se debe a la absorción de los fotones por el propio ánodo, antes de que el haz de rayos X abandone el tubo

Al salir del tubo, el haz de rayos X pasa por una “ventana” (generalmente hecha de Berilio), un **filtro metálico** (que modifica el espectro), un colimador que colima el haz y una bandeja de acrílico que comprime la mama (Figura 29). La bandeja de compresión debe ser rígida y comprimir la mama con un grosor uniforme, aun cuando algunos fabricantes producen bandejas inclinadas para mejorar el posicionamiento.

Los fotones de rayos X transmitidos a través de la mama y de la bandeja que la sustenta inciden en una **rejilla** antidifusora, pasando a través del porta chasis, incidiendo finalmente en el receptor de la imagen, donde interactúan y depositan localmente la mayor parte de su energía.

En la práctica, nuevos sistemas de mamografía se vienen implementando con el objetivo de minimizar la distancia entre la mama y el receptor de imagen, haciendo con que el factor de ampliación sea lo más bajo posible y también reduciendo la pérdida por definición geométrica.

#### 4.2.2. El control automático de exposición (CAE)

Debido a lo difícil que resulta para el técnico estimar la atenuación del haz en la mama de un paciente solo por una inspección visual, todos los mamógrafos son equipados con un control automático de exposición (CAE). En los mamógrafos digitales, la función del CAE la asume el propio detector.

El CAE posee un sensor que se localiza detrás del receptor de imagen, evitando así interferencia en la misma. Su funcionamiento se basa en el registro de una pequeña fracción de la fluencia de rayos X, la cual es transmitida a través de la mama y del receptor, calibrado de forma que pueda interrumpir la exposición, cuando una cierta cantidad de radiación impacta el receptor de imagen.

El ajuste en la posición de este sensor debe permitir que el mismo pueda ser colocado detrás de la región de la mama de la cual se quiere obtener una señal de imagen adecuada.

Cuando se utilizan películas radiográficas en mamografía, el CAE debe calibrarse de forma que la **densidad óptica** permanezca constante, independientemente de las variaciones en la atenuación de la mama causadas por su composición y espesor, así como por los parámetros de la técnica radiográfica (kV y combinación blanco filtro) o de variaciones espaciales en la composición y espesor del tejido.

La inhomogeneidad, punto a punto, debido a la atenuación del tejido mamario, afecta la señal del sensor CAE. Por ello, el tamaño del sensor y su posicionamiento debajo de la mama, pueden tener un gran efecto sobre la exposición utilizada para adquirir la imagen.

En equipamientos modernos, el CAE es controlado por computador, de forma que durante la propia exposición de la mama, puedan ser realizadas las correcciones necesarias como por ejemplo: selección automática del kV y la combinación blanco filtro.



#### Filtro

##### metálico - filtro

utilizado para eliminar los fotones de baja energía, que no contribuyen para la formación de la imagen pero que aumentan la dosis en el paciente.



#### Rejilla -

##### elemento

utilizado para remover los fotones dispersados que disminuyen la resolución espacial. No obstante, produce un aumento en la dosis de radiación.

La parte del brazo del mamógrafo, opuesto al tubo y que sirve de soporte para la mama y para el chasis con la película radiográfica, se denomina porta chasis o **Bucky** en inglés.



#### Densidad

##### óptica -

medida del grado de transparencia de una región de la película ya revelada. Cuanto mayor la DO, más oscura es esa región.

### 4.2.3. La ampliación

El uso de la ampliación geométrica, con o sin compresión localizada, es muy frecuente, con el fin de aumentar la visibilidad de las estructuras dentro de la mama.

La ampliación se realiza aumentando la distancia entre la mama y el receptor de imagen. Para ello, se coloca un espaciador radiotransparente sobre el receptor de imagen y, posteriormente, se posiciona la mama sobre la superficie del mismo (Figura 30). La principal utilidad de la ampliación es hacer con que la proyección anatómica sea mayor que el límite que la resolución espacial y las propiedades de ruido del sistema pantalla película imponen, reduciendo particularmente, el efecto del ruido de fondo en la visualización de los detalles finos.



Figura 30. (a) Bandeja de compresión localizada y (b) espaciador para ampliación



#### Tamaño del punto focal

**focal** - informado por los fabricantes, es el tamaño aparente o nominal, definido como una proyección del punto focal real hecha por el ánodo inclinado sobre el plano de la película.

Como la ampliación aumenta el efecto de la borrosidad geométrica, para evitar una reducción drástica de la agudeza de la imagen, se hace necesario el uso de un punto focal menor. Normalmente, para ello, se utiliza un punto focal nominal de 0,1 mm, mientras que para los exámenes mamográficos normales, se usa el de 0,3 mm. Repare que debido a la convención utilizada por los fabricantes para definir el tamaño nominal del punto focal, el **tamaño real del punto focal** normalmente es mayor que su referencia nominal.

### 4.2.4. El receptor de imagen en la mamografía convencional

Cuando fue introducida como método de obtención de imágenes, la mamografía se realizaba utilizando películas radiográficas de exposición directa, sin pantalla intensificadora, de forma que la resolución espacial fuera la mayor posible.

A mediados de la década del 1970, el uso de las pantallas fluorescentes de alta resolución que convertían los rayos X atenuados por la mama en una imagen visible era bien común. Estas pantallas eran usadas en conjunto con películas radiográficas que eran cubiertas con emulsión fotográfica de un solo lado. De esta forma, los rayos X pasaban a través del chasis y de la película hasta incidir en la pantalla (Figura 31).

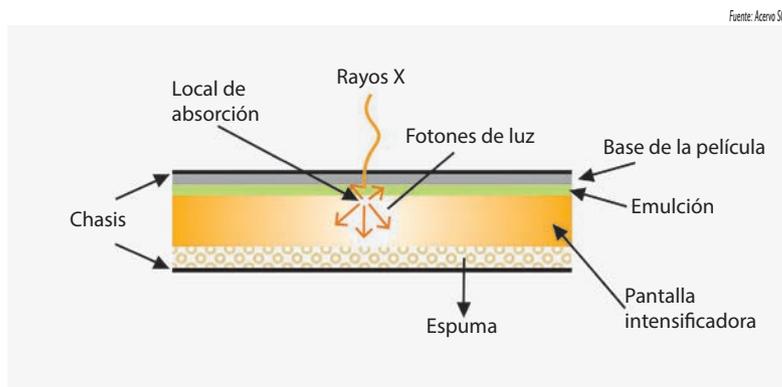


Figura 31. Esquema de un receptor de imagen convencional, ilustrando el proceso de absorción de los rayos X y su conversión en fotones de luz

El receptor de imagen que más ha sido utilizado en mamografía es la combinación pantalla película. Mientras que la emisión de luz por parte de la pantalla sigue una relación lineal, relacionada con la cantidad de energía de los rayos X absorbida, la película mantiene una elevada característica en lo lineal. Esta relación es generalmente descrita por la curva característica de la película (Figura 32), que no es más que un gráfico de la DO de la película procesada versus el logaritmo (base 10) de la exposición luminosa de la película bajo condiciones específicas de procesamiento.

La curva característica ofrece información sobre la sensibilidad del receptor de imagen así como características del contraste de la película. Cuanto mayor la inclinación del gradiente de la curva, mayor será el contraste (diferencia de densidades ópticas) visto por el observador. La latitud se refiere al intervalo de exposiciones de los rayos X (que se corresponden con los diferentes caminos a través de la mama por diferentes factores de atenuación) que pueden ser acomodados por la película, mostrando un gradiente aceptable.

En este capítulo, fue visto como la imagen radiográfica de la mama es producida. Seguidamente, veremos como ocurre el procesamiento de las películas radiográficas para la obtención de la imagen y como los sistemas digitales – radiografía computadorizada (CR, del inglés, *computed radiography*) y radiografía digital (DR, del inglés, *digital radiography*) – producen la imagen final a partir del espectro de rayos X atenuado por la mama.

## Referencias

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **Acceptance testing and quality control of photostimulable storage phosphor imaging systems:** report of AAPM Task Group 10. Maryland, 2006. (AAPM report, 93).

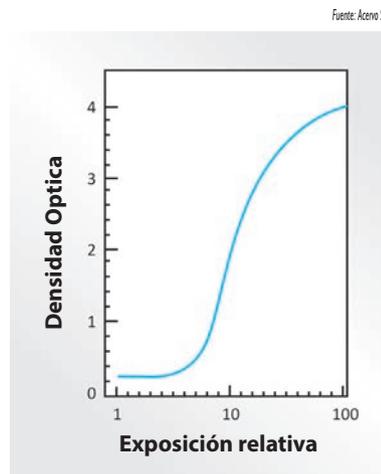


Figura 32. Curva característica de una película radiográfica usada en mamografía

FREITAS, A. G et al. Mamografia digital: perspectiva atual e aplicações futuras. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 287-296, 2006.

HENDAL, B. et al. **Mammography**: recent technical developments and their clinical potential. Stockholm: Swedish radiation Protection Authority, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama**: documento de consenso. Rio de Janeiro, 2004.

MAHESH, M. **AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Digital Mammography: An Overview**. **Radiographics**, Easton, v. 24, n. 6, p. 1747-1760, 2004.

PERRY, N. et al. (Ed.) **European Guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis**. 4th edition. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.

YOUNG, K C. Recent developments in digital mammography, **Imaging**, London, v. 18, n. 2, p. 68-74, 2006.

#### Artículo recomendado

SANTOS, A. **Física médica em mamografia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010. (Capítulos 6, 8 e 11).

## CAPÍTULO 5 - EL PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN MAMOGRÁFICA

Como vimos en el capítulo anterior, el proceso de producción de la imagen mamográfica envuelve la exposición de la mama a un haz de rayos X que es en parte absorbido, en parte transmitido y en parte dispersado por el tejido mamario (Figura 33). El haz de rayos X transmitido es atenuado de forma selectiva por los tejidos de la mama, pasa por la rejilla antidifusora, interactúa con el receptor de imagen y es finalmente absorbido por el dispositivo de registro como una imagen latente.

### 5.1. Comparación entre los sistemas convencional y digital en mamografía

En la mamografía convencional, el sistema película-pantalla intensificadora (SFS, del inglés screen-film system), las etapas de adquisición, presentación y archivo de la imagen ocurren en un único medio, la **película radiográfica**. El SFS todavía es ampliamente utilizado debido a una serie de ventajas, tales como: la gran resolución espacial de hasta 20 pares de líneas por milímetro, que permite mostrar estructuras finas espiculares y microcalcificaciones; alto contraste, que permite la visualización de tejidos con diferencias muy sutiles de densidad; el uso de negatoscopios de alta luminosidad que mejoran la visualización de áreas de alta densidad óptica (oscuras) en las imágenes; y la facilidad para ordenar las películas en el negatoscopio, lo que permite la presentación simultánea en varios negatoscopios de imágenes con proyecciones realizadas durante el tamizaje y las proyecciones complementares realizadas posteriormente, así como de exámenes anteriores. La posibilidad de usar películas de 18 cm x 24 cm y 24 cm x 30 cm, permite la radiografía de las mamas en todos los tamaños. Además, la tecnología SFS es relativamente barata y consolidada en la práctica de la mamografía a más de 30 años, aparte de la película ser un dispositivo de almacenaje con un bajo costo.

Aún con todas las ventajas mencionadas anteriormente, el SFS presenta algunas limitaciones. Entre ellas, la limitada gama de valores de tonos de gris o rango dinámico (*dynamic range*) reducido (Figura 34).

Teniendo en cuenta que la película actúa como un único medio para la adquisición, presentación y almacenamiento de la imagen, si alguna de esas etapas no está en condiciones óptimas, la calidad puede verse afectada y, de esa forma, perjudicar el objetivo de la mamografía.

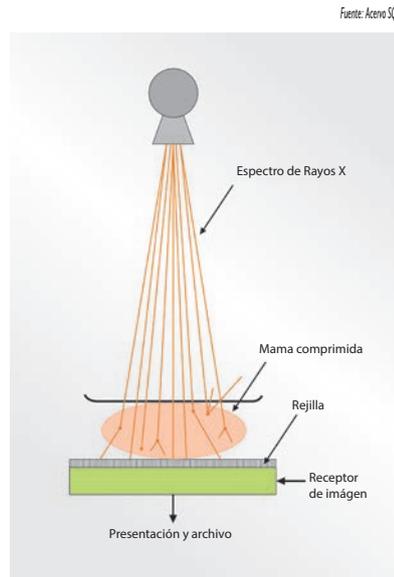


Figura 33. Proceso de formación de la imagen en mamografía

La limitación del SFS se muestra (Figura 35) por medio de la imagen de una mama compuesta por tejidos de varias densidades y de la curva característica de respuesta de la película radiográfica, la curva de Hurter y Driffield. Como se puede ver en la Figura 35, el contraste es alto para las regiones que reciben exposiciones medias y bajo para las regiones que reciben poca o mucha exposición. De esta forma, regiones con parénquima denso o de piel y tejido subcutáneo, serán representadas con bajo contraste en la imagen. Si el sistema es optimizado para la región densa de la mama, posicionando el sensor de CAE debajo de la región de tejido glandular, las áreas de tejido adiposo y de piel y tejido subcutáneo tendrán densidades ópticas (oscurecimiento) en la parte superior de la curva de respuesta de la película, generando gran dificultad en la visualización de estos tejidos.

Además, otros factores técnicos, como el procesamiento inadecuado de la película y los artefactos de imagen, introducen limitaciones en la calidad.

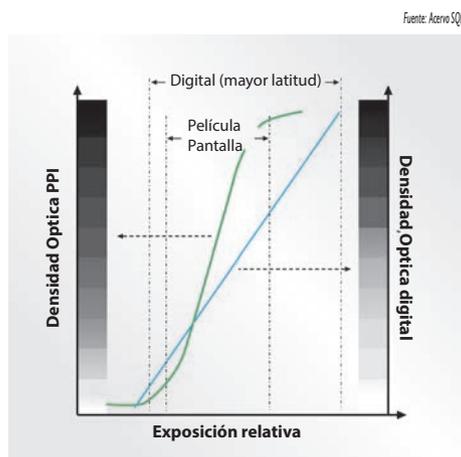


Figura 34. Curva de respuesta típica para una combinación SFS y del detector digital en mamografía. La combinación SFS muestra un rango dinámico (número de tonos grises para un único conjunto de exposiciones) menor que la del detector digital

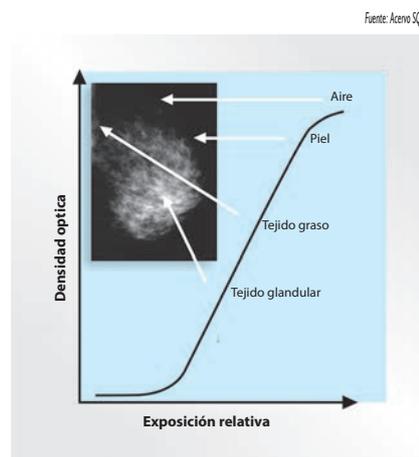


Figura 35. Limitaciones de la SFS para la formación de imagen en los tejidos mamarios. Cuando representadas por la curva característica de respuesta de la película (curva Hurter y Driffield), las diferentes regiones de la mamografía muestran una escala restringida de tonos de grises

Como no es posible modificar la imagen después que la película es revelada, en muchas ocasiones, es necesario repetir algunas proyecciones o inclusive todo el examen, lo que resulta en un aumento de la dosis en las pacientes. También es bueno recordar que las mamas densas, o sea, con más tejido fibroglandular, tienden a reducir la sensibilidad del SFS debido a la dificultad para identificar nódulos y microcalcificaciones en medio del tejido mamario denso.

## 5.2. Procesamiento de películas

La película radiográfica en mamografía es revelada en una procesadora automática específica, similar a las utilizadas comúnmente en radiología. Es importante que la temperatura del revelador, el tiempo de revelado y la reposición adecuada de los químicos sean compatibles con el tipo de emulsión de la película utilizada y que estén configurados para mantener un óptimo contraste.

Estos factores afectan la respuesta de la curva característica de la película en función de su sensibilidad, gradiente y el nivel de velamiento. El aumento del tiempo o de la temperatura del revelado aumenta la sensibilidad y el contraste, pero aumenta considerablemente el velamiento. Además, los niveles de ruido en la imagen también crecen, debido a la poca cantidad de rayos X utilizados para producir la imagen.

La Figura 36 muestra, de forma esquemática, el trayecto de la película radiográfica por las diferentes secciones de una procesadora automática.

La reposición adecuada de los productos químicos para el revelado, garantiza una adecuada estabilidad del proceso con el tiempo. La reposición reemplaza los químicos que fueron “llevados” por las películas, en el proceso de revelado, de un tanque para el próximo, así como los químicos usados y oxidados. La fijación y el lavado adecuado de la película, que remueve los residuos químicos, son necesarios para garantizar la calidad del almacenamiento.

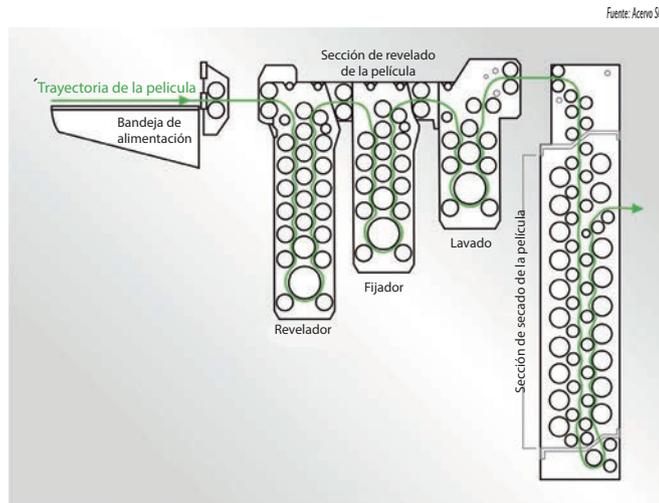


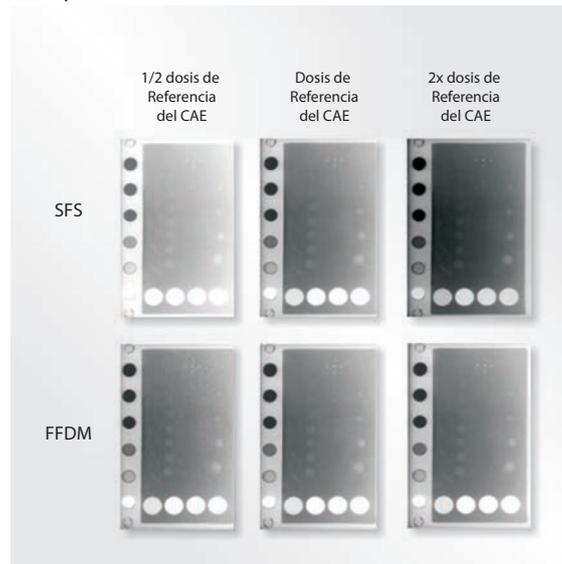
Figura 36. Ilustración sobre el procesamiento de las películas mamográficas

A mediados de la década de 1990, la tecnología utilizada en la radiología digital pasó a ser estudiada y desarrollada como una alternativa a las limitaciones de la tecnología convencional del SFS, con el fin de aumentar la detección precoz del cáncer de mama y mejorar la caracterización de las lesiones mamarias.

En la Figura 37, se muestran las ventajas potenciales de la mamografía digital sobre la convencional, a través de la imagen radiográfica de un simulador de mama realizada en un SFS con una técnica de CAE, acompañada de dos imágenes, una con la mitad y otra con el doble del producto mAs dado por el CAE. Seguidamente, se realizan tres radiografías del simulador en un sistema FFDM con los mismos factores de técnica utilizados en las exposiciones con el SFS. En las imágenes obtenidas con el sistema digital, fue posible ajustar el centro y la apertura de la ventana de tonos de gris antes de la impresión a laser de la película.

Las imágenes obtenidas tanto por el sistema convencional como por el sistema digital fueron colocadas en un negatoscopio de alta luminosidad y analizadas. La posibilidad de ajustar los tonos de gris y el amplio alcance dinámico de las imágenes realizadas con el sistema digital, permitieron visualizar las estructuras del simulador en las imágenes con las tres técnicas radiográficas diferentes, inclusive en la imagen con la mitad del mAs que presentaba un elevado nivel de ruido.

Fuente: Azeno SQRI

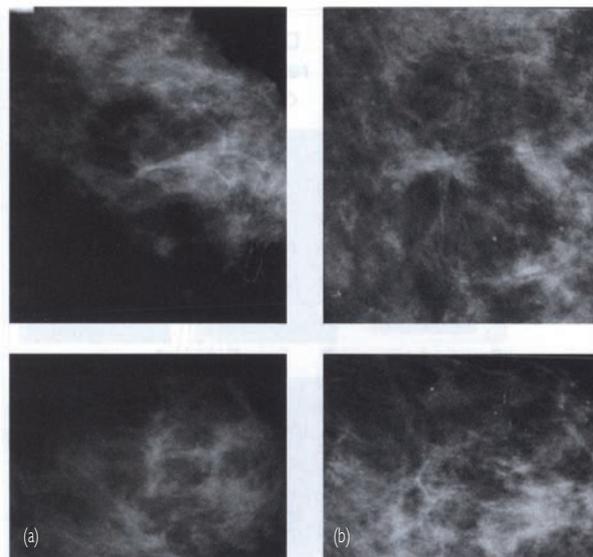


**Figura 37.** Imágenes de un simulador adquiridas con el SFS, usando el mAs dado por el CAE (centro); mitad del mAs (izquierda) y el doble del mAs (derecha). Imágenes del simulador adquiridas con un sistema digital usando el mAs dado por el CAE (centro); mitad del mAs (izquierda) y el doble del mAs (derecha).

Por otro lado, las imágenes obtenidas en el sistema convencional con la mitad y el doble de mAs dado por el CAE se mostraron subexpuestas y sobreexpuestas, respectivamente. Esto se debe a las limitaciones tecnológicas del SFS y muestra claramente la necesidad de repetir nuevamente las imágenes.

La Figura 38 muestra una mamografía digital y otra convencional de una mama con tejido moderadamente denso. La imagen convencional (SFS) muestra claramente una penetración insuficiente en la región densa de la mama cuando comparada con la imagen digital (FFDM). Esta presenta una escala de contraste aumentada, mostrando más claramente el volumen de característica sospechosa y los tejidos circundantes.

Fuente: Azeno SQRI



**Figura 38.** Mamografía convencional (a) y digital (b) de una paciente con mama moderadamente densa. La imagen digital, por presentar mejor contraste, muestra claramente un área sospechosa

### 5.3. La tecnología digital en la mamografía

La mamografía digital es una técnica radiográfica de la mama en la cual el SFS, usado como receptor de imagen en la mamografía convencional, es substituído por un detector

electrónico (sistema de DR) o por una placa de imagen (IP) de fósforo fotoestimulable (sistema CR). En el sistema DR, cada elemento de la matriz del detector electrónico absorbe los rayos X transmitidos a través de la mama, produciendo una señal eléctrica proporcional a la intensidad de los rayos X. Esta señal es convertida en formato digital y almacenada en una memoria del computador para formar la Imagen por medio de un programa (*software*).

En el sistema CR, la placa de imagen de fósforo fotoestimulable es colocada dentro de un chasis, haciendo con que los rayos X transmitidos a través de la mama sean absorbidos, almacenando su energía en la estructura cristalina. Cuando el chasis es introducido en la unidad digitalizadora, la placa de imagen es escaneada y la energía almacenada en la estructura cristalina es liberada, punto a punto, por medio de estimulación a laser, produciendo una luminiscencia proporcional a la intensidad de los rayos X que alcanzaron cada punto. La luminiscencia emitida es detectada y amplificada por un tubo fotomultiplicador, que produce una señal eléctrica de salida proporcional a la luminiscencia emitida por el punto estimulado en la placa de imagen. De la misma forma que en el sistema DR, esta señal es convertida en formato digital y almacenada en la memoria de un computador para posteriormente formar la imagen por medio de un programa. Durante el escaneo de la placa de imagen en la unidad digitalizadora, la imagen registrada hasta ahora en modo continuo es convertida para el formato digital en forma de un mapa de *bits*.

Una de las características fundamentales de la mamografía digital está relacionada con el hecho de que los procesos de adquisición, presentación para interpretación y almacenamiento de la imagen, son realizados de modo independiente uno del otro, permitiendo así la optimización de cada uno.

La imagen digital se forma a partir de una matriz bidimensional de elementos de imagen (*píxeles*) de tamaño fijo del orden de 40 a 100  $\mu\text{m}$ . De esta forma, la mamografía digital es una representación del estándar de transmisión de los rayos X a través de la mama por medio de una matriz de elementos de imagen. En cada *pixel*, la imagen tiene un único valor que representa el brillo de este punto, obtenido a partir de la intensidad de los rayos X en el área de la mama representada por ese *pixel*.

La intensidad de los rayos X en el sistema DR, o de la luminiscencia en el sistema CR, en cada *pixel* de la imagen, es transformada por un conversor analógico-digital en un número finito ( $2^n$ ) de niveles, donde  $n$  es el número de bits con la cual la imagen es digitalizada. Normalmente, se utiliza la digitalización de 12 a 14 bits, produciendo de 4.096 a 16.384 niveles de intensidad o de tonos de gris. Así que es almacenada en la memoria del computador, la imagen digital puede ser usada para interpretación con un contraste independiente de las características del detector y que puede ser ajustado por el médico que las visualiza. Este aspecto de la imagen digital supera una de las mayores limitaciones de la mamografía convencional, que es la escala fija de tonos de gris. Importante recordar que la misma está definida por la curva característica de la respuesta de la película, la técnica radiográfica, la composición de la mama y el procesamiento.

Otra diferencia importante entre la mamografía convencional y la digital está relacionada con el hecho de que, en el sistema convencional, la cantidad de radiación utilizada para producir la



*Pixel*, del inglés *picture element*. Una mamografía digital es formada por más de 1 millón de pixels.

imágen está altamente influenciada por la capacidad de la pantalla intensificadora de absorber la energía suficiente de los rayos X para transformarla en luz, exponiendo la película y alcanzando la densidad óptica deseada. En la mamografía digital, la ventaja del sistema de imágen está en el hecho de que el mismo puede ser controlado electrónicamente, permitiendo que la cantidad de radiación sea ajustada en función de la relación señal-ruido más adecuada al examen. Lo anterior interfiere en el nivel de optimización y en la selección de las técnicas radiográficas en la mamografía digital, posibilitando una mejoría en la calidad de la imágen así como una reducción de la dosis de radiación, si lo comparamos con la mamografía convencional.

Entre las ventajas de los detectores digitales, sobresale la respuesta lineal en un rango bastante amplio de intensidad de los rayos X y el bajo nivel de ruido del sistema. Otras ventajas de la mamografía digital son: el alcance dinámico del orden de 1.000:1, cuando comparado con la mamografía convencional que es del orden de 40:1; la desvinculación de las diferentes etapas de adquisición, presentación y almacenamiento de la imágen, la posibilidad de manipulación dinámica y del procesamiento posterior de la imágen, lo que permite aumentar la visualización de los hallazgos radiológicos de interés. La interpretación de la imágen en el monitor (*soft-copy*) y el diagnóstico con ayuda del computador (CAD, del inglés, *computer-aided diagnosis*) son otras de las posibilidades que mejoran todo el proceso en la mamografía.

Los enfoques tecnológicos más utilizados actualmente por los fabricantes de los sistemas FFDM son: (a) centellador con panel plano (*single flat-panel scintillator*) y matriz de fotodiodos, (b) pantalla plana fotoconductor de selenio amorfo (a-Se) y (c) placa de fósforo fotoestimulable (sistema CR).

### 5.3.1. El sistema CR

El llamado sistema CR se basa en el método de adquisición de la imágen radiográfica por medio de una placa de fósforo fotoestimulable y una barradura con un haz de laser. Este método posee un amplio uso en radiología (Figura 39a).

Inicialmente, los sistemas CR para mamografía utilizaban una placa de imágen de alta resolución dentro de un chasis de mamografía. Los lectores de las placas de imágen (digitalizadores) usaban algoritmos específicos para la imágen de la mama y el tamaño nominal del pixel era generalmente de 100  $\mu\text{m}$ .

Actualmente, existen sistemas CR dedicados a la mamografía con funciones específicas que mejoran la imágen y con un tamaño de *pixel* de 50  $\mu\text{m}$ .

El sistema Profect CR, de la firma Fuji, utiliza placa de imágen de base transparente, sobre la cual se deposita una capa de fósforo fotoestimulable, permitiendo así que la luz emitida, cuando estimulada por un haz de laser, sea registrada por los dos lados (Figura 39b).

La mayor ventaja del sistema CR está en el hecho de que la placa de imágen puede ser utilizada en un chasis colocado dentro del porta chasis de un mamógrafo convencional con SFS. El dispositivo de CAE del mamógrafo debe ser ajustado específicamente para el sistema CR. Es poco probable que el ajuste del CAE para el SFS sea el mismo que el del sistema CR. La adquisición de la imágen en un sistema CR es un proceso producido en dos etapas: primero

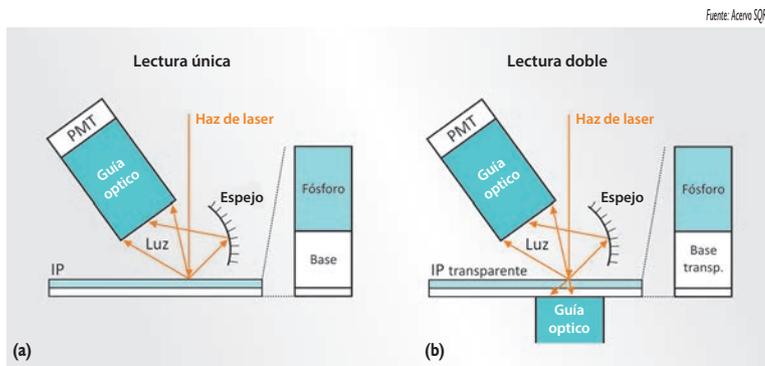


Figura 39. Métodos de adquisición de imagen en los sistemas CR. Método indirecto con lectura simple (a); método indirecto con doble lectura (b)

se expone la placa de imagen y, seguidamente, la imagen es transferida de la placa para la unidad de lectura. Por ello, la calibración del sistema CR requiere, inicialmente, de la optimización de los parámetros de exposición controlados por el CAE (kV, mAs y combinación blanco-filtro) y, seguidamente, el ajuste de la sensibilidad del digitalizador o del indicador de dosis en el detector, de manera que podamos obtener la mejor calidad de imagen dentro de los niveles de la dosis glandular media para cada grosor de la mama.

### 5.3.2. Sistema de radiografía directa

La primera experiencia con la tecnología digital (DR) en mamografía se produjo con los equipos de biopsia estereotáxica. Un tiempo después, los fabricantes desarrollaron equipos de FFDM, en función de los avances obtenidos con el aumento de la eficiencia en la absorción de los fotones de rayos X por los detectores digitales.

La Figura 40 muestra los dos métodos principales de adquisición de imagen en los sistemas de mamografía digital directa (DR)

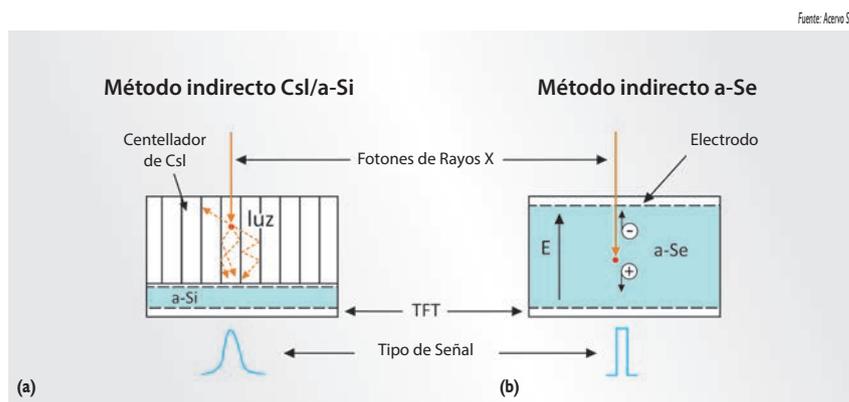


Figura 40. Métodos de adquisición de imagen en los sistemas DR. (a) Método indirecto con centelladores de CsI y matriz de fotodiodos de a-Si; (b) método directo con una capa fotoconductora de a-Se (b)

El Cuadro 4 muestra los principales sistemas de mamografía digital existentes en el mercado y sus características tecnológicas más importantes.

Cuadro 4. Características tecnológicas de los principales sistemas de mamografía digital

Fabricante/ Modelo	DR/CR	Tecnología	Tamaño del pixel ( $\mu\text{m}$ )	Área del detector	Rejilla
GE/2000D, DS	DR	CsI/a-Si	100	19x23	Si
GE/Essential	DR	CsI/a-Si	100	24x31	Si
Lorad-Hologic/ Selenia	DR	a-Se	70	24x29	Si
Siemens/Novation	DR	a-Se	70	24x29	Si
IMS/Giotto	DR	a-Se	85	18x24 ó 24x30	Si
Planmed/Nuance	DR	a-Se	85	17x24, 24x30	Si
Fuji/Profect	CR	PSP*	50	18x24, 24x30	Si
Kodak/850 HR-M	CR	PSP*	50	18x24, 24x30	Si
Konica/Regius 190	CR	PSP*	43,75	18x24, 24x30	Si
Agfa/Mammo IC	CR	PSP*	50	18x24, 24x30	Si

\* PSP - fósforo fotoestimulable (del inglés, *photostimulable phosphor*)

### 5.3.3 La tomosíntesis mamaria

En los días actuales, todavía persiste una tecnología que, apesar de no ser un método nuevo, es una herramienta adicional importante en la mamografía digital: la **tomosíntesis** mamaria digital (DBT, del inglés, *digital breast tomosynthesis*) o mamografía 3D.



#### Tomosíntesis - imagen digital

en tres dimensiones de una parte del cuerpo que se obtiene mediante el procesamiento digital de imágenes en diversos "cortes" (como una tomografía con rayos X).

La misma se desarrolló a partir de los avances en la mamografía digital de campo completo, combinado con las técnicas de reconstrucción tridimensional de imágenes. La técnica de la tomosíntesis consiste en la realización de varias imágenes de la mama con ángulos de proyección diferentes, siguiendo un arco alrededor de la misma. Con esto se busca reducir, o eliminar el efecto de superposición de los tejidos, cuestión esta que ocurre con frecuencia en las mamografías bidimensionales, sean convencionales o digitales.

Las imágenes individuales de la tomosíntesis se adquieren a partir de una serie de cortes finos de 1 mm de espesor, en ángulos diferentes (durante una barradura en movimiento continuo en los planos convencionales) por medio de algoritmos de reconstrucción de imágenes, similares a los utilizados en tomografía computadorizada.

El tubo de rayos X realiza una trayectoria lineal en forma de arco, la cual puede variar de acuerdo con el fabricante. De modo general, esa variación oscila entre  $-7,5^\circ$  y  $+7,5^\circ$ , una vez que, las estructuras mamarias están orientadas anatómicamente de la pared torácica hacia el pezón; proporcionando cortes angulados en las proyecciones seleccionadas sin ampliación.

Las imágenes que se obtienen en la tomosíntesis pueden ser vistas individualmente o como una película. De esta forma, es posible realizar exámenes tridimensionales de la mama a partir de la visualización de cortes transversales de los tejidos mamarios.

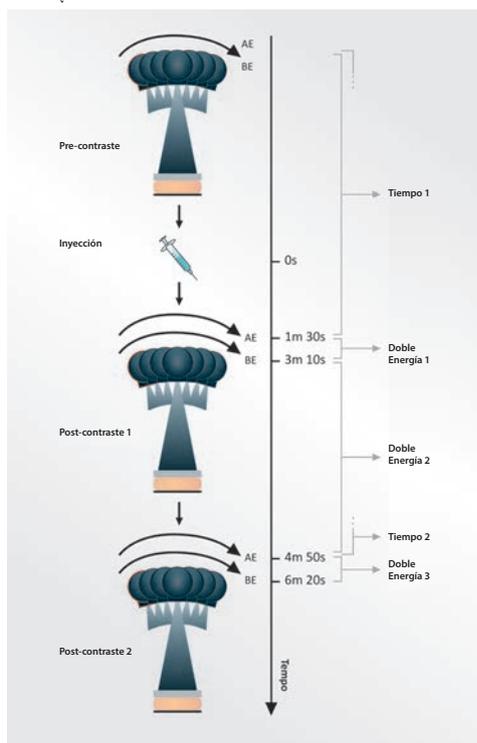
El uso de esta nueva herramienta no tiene la intención de reemplazar o modificar la forma cuidadosa con que el técnico y el radiólogo realizan la interpretación de los hallazgos mamográficos, pero sí la de añadir tributos, substancialmente positivos, para elevar la sensibilidad y especificidad de un método de tamizaje ya consagrado, promoviendo el aumento de la detección precoz del cáncer de mama.

Entre las ventajas potenciales de la DBT (Figura 41), se destacan: la reducción de nuevas exposiciones a la radiación X para los pacientes, la mejoría en la detección de lesiones en mujeres con mamas densas, la localización tridimensional de la lesión y la selección de las pacientes para biopsia, así como la evaluación de la eficiencia de los tratamientos quimioterápicos.



Figura 41. Equipamiento de DBT

Fuente: Acervo SQRI



La tomosíntesis mamaria con aumento del contraste (CE-DBT, del inglés, *contrast enhanced digital breast tomosynthesis*) es una técnica bastante innovadora (Figura 42), que combina las técnicas de proyección de la tomosíntesis con el aumento del contraste por inyección intravenosa, tal y como utilizado en otros métodos de imagen.

Figura 42. Secuencia de adquisición de imágenes. Adquisición de un conjunto de imágenes en alta energía (AE) con la mama comprimida, antes de la aplicación del contraste. Después de la inyección del contraste, se obtienen dos conjuntos de imágenes con alta y baja energía (BE). Una vez realizado el procesamiento y la reconstrucción tomográfica, se procede a la substracción de las imágenes (en Tiempo 1 y Tiempo 2) obteniéndose imágenes con doble energía (DE 1, 2 y 3) con CE-DBT

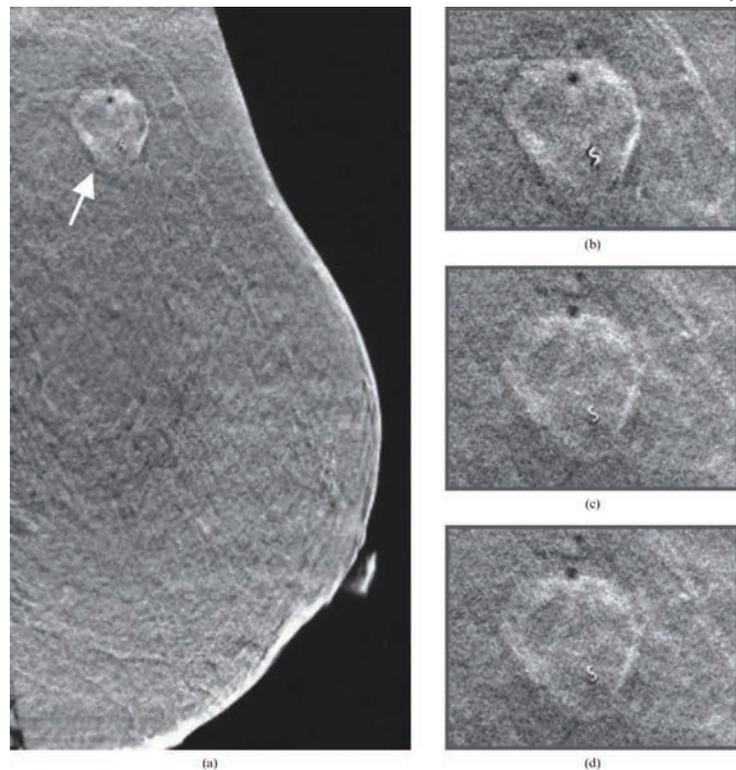


### Angiogénesis mecanismo

de crecimiento de nuevos  
vasos sanguíneos a partir  
de otros ya existentes.

Como la **angiogénesis** es necesaria para el crecimiento de las lesiones mamarias, el contraste inyectado utiliza el aumento de la permeabilidad de los vasos sanguíneos de la red recién formada, para, de ese forma, permitir una mejor visualización de los aspectos funcionales de la lesión.

Las lesiones se identifican por medio del contraste yodado que se acumula en el lugar donde se encuentra la lesión (Figura 43).



**Figura 43.** Imagen de CE-DBT con doble energía en (a) primer punto, la malignidad indicada por la saeta; y (b), (c) y (d) - lesión maligna mostrando los bordes de la lesión bien definidos en las imágenes ampliadas en cada uno de los tres instantes de tiempo (pre, durante y post-inyección)

Otras técnicas radiográficas que emplean contrastes yodados han demostrado el efecto acumulativo del material radiopaco en relación al cáncer de mama y el aumento de la visibilidad de las lesiones. La combinación del aumento del contraste en la mamografía digital y de la tomosíntesis en un único método, muestra el potencial de sumar los beneficios de las dos técnicas y, con eso, proporcionar información sobre la morfología y la vascularización de las lesiones mamarias. Las ventajas mostradas por la CE-DBT son muy importantes para los casos de biopsia y de marcaje preoperatorio. Además, como este método es más barato que la resonancia magnética de la mama, se espera que el mismo sea utilizado con mayor frecuencia.

En la práctica, este método se resume a una forma de minimizar la superposición del tejido mamario en la técnica mamográfica convencional en 2-D, haciendo con que no sea necesario realizar exposiciones adicionales en los pacientes y aún encontrar alteraciones sutiles que poderian pasar desapercibidas (por estar oscurecidas). Todo esto con un pequeño aumento

del tiempo de adquisición y de la dosis de exposición, semejante al de la mamografía digital convencional, una vez que el receptor de selenio presenta una alta sensibilidad con un mínimo de ruido y cada exposición angulada se realiza con una dosis de radiación muy baja (menos del 10% de la convencional). El filtro utilizado es el de aluminio. En la tomosíntesis no se utiliza la rejilla difusora como en la mamografía habitual. El tiempo total de adquisición es de aproximadamente 8 segundos y la dosis de radiación varía entre 1 y 1,5 veces la dosis de una mamografía convencional con dos proyecciones.

Llegamos al final de otro capítulo. Una vez que sabemos sobre la estructura de la mama y el método de adquisición de la imagen con mamógrafos convencionales y digitales, pasaremos a estudiar un asunto muy importante en la realización del examen mamográfico: la postura del técnico ante el paciente.

## Referencias

- AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems**: Report of AAPM Task Group 10. Maryland, 2006. (AAPM report, 93).
- CHEN, S. C. et al. Initial clinical experience with contrast-enhanced digital breast tomosynthesis. **Academic Radiology**, Reston, v. 14, n. 2, p. 229-238, 2007.
- DIEKMANN, F.; BICK, U. Tomosynthesis and contrast-enhanced digital mammography: recent advances in digital mammography. **European radiology**, Berlin, v. 17, n. 12, p. 3086-3092, 2007.
- FREITAS, A. G et al. Mamografia digital: perspectiva atual e aplicações futuras. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 287-296, 2006.
- HENDAL, B. et al. **Mammography**: recent technical developments and their clinical potential. Stockholm: Swedish radiation Protection Authority, 2002.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama**: documento de Consenso. Rio de Janeiro, 2004.
- MAHESH, M. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Digital Mammography: An Overview. **Radiographics**, Easton, v. 24, n. 6, p. 1747-1760, 2004.
- PERRY, N. et al (Ed.) **European Guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis**. 4th edition. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.
- POPLACK, S. P. et al. Digital breast tomosynthesis: initial experience in 98 women with abnormal digital screening mammography. **American Journal of Radiology**, Springfield, v. 189, n. 3, p. 616-623, 2007.
- SMITH, A. **Fundamentals of breast tomosynthesis**: improving the performance of mammography. Bedford: Hologic, 2008. (Hologic: the women's health company). Disponible en: <[www.hologic.com/data/WP-00007\\_Tomo\\_08-08.pdf](http://www.hologic.com/data/WP-00007_Tomo_08-08.pdf)>. Acceso en: 31 mar. 2017.
- YOUNG, K C. Recent developments in digital mammography, **Imaging**, London, v. 18, n. 2, p. 68-74, 2006.

### Artículo recomendado

Santos A. **Física Médica em Mamografia**. Rio de Janeiro: Ed. Revinter, 2010. Capítulos 9-10, 12-15.

## CAPÍTULO 6 - EL PAPEL DEL TÉCNICO EN LA MAMOGRAFÍA

### 6.1. El elemento humano en la mamografía

En el capítulo anterior, vimos los aspectos concernientes al mamógrafo, a la adquisición de la imagen mamográfica y las nuevas tecnologías para obtener imágenes (sistemas digitales).

En este capítulo abordaremos otro aspecto de fundamental importancia en la realización de los exámenes, el factor humano. Aun cuando el papel del médico (en la indicación y el informe del examen) y del físico médico (en el control de calidad de los equipos y exámenes) sean imprescindibles para la obtención de imágenes mamográficas con calidad, el papel del técnico también es de crucial importancia durante todo el proceso.

### 6.2. La relación con los pacientes

Por más amable que sea la recepción de los pacientes en una clínica, es durante el primer contacto con el técnico que los paciente demuestran mayor aprehensión, ya que él será quien realice el examen. Por lo tanto, es indispensable que el mismo esté atento al estado emocional de la paciente, de forma que la pueda calmar y hacer con que colabore con la realización del examen.

Con una postura adecuada y cuidando de algunos detalles, el técnico puede transformar una paciente con un estado de nervios elevado, en una paciente colaborativa, pero también puede convertir una paciente tranquila y relajada, en una paciente inquieta y con miedo. La postura que el técnico adopte será la que dará confianza y seguridad al paciente, o no.

El técnico deberá siempre dejar fuera de la sala de exámenes todos sus problemas personales. Debe siempre recibir la paciente con una sonrisa, mucha disposición y buen humor; nunca con cara de pocos amigos o reclamando. La comunicación entre el técnico y la paciente debe ser la más directa posible. Nada como una buena conversación “ojo a ojo” para estimular la confianza con el paciente.

A través de su percepción, el técnico deberá construir una relación de empatía con la paciente que será examinada, de manera que consiga, sin dificultades, su colaboración para realizar el examen. Sin la colaboración de la paciente, el examen de mamografía no sería posible. Una paciente nerviosa tiene la musculatura contraída, haciendo con que el posicionamiento de la mama sea difícil y la compresión más incómoda. Recordemos que usted va a trabajar con el cuerpo de una persona cuyo aspecto emocional está totalmente descontrolado. En la práctica, no todas las

pacientes cuando se someten a una mamografía están esperando un resultado que les agrade. El ser humano, en estas situaciones, siempre espera lo peor.

La colaboración de la paciente depende mucho de la recepción del técnico, de su apariencia, cariño, atención y de su forma de hablar. El técnico debe ser un profesional delicado e intuitivo. El mismo debe percibir la manera más apropiada para trabajar con cada paciente. En general, el momento de esta percepción es durante la anamnesis. Se recomienda a todos los técnicos que, durante la anamnesis, expliquen de forma clara y precisa a los pacientes todo el procedimiento del exámen, con la finalidad de dejarlos más confortables y relajados.

La paciente debe ser informada que el exámen consta, en principio, de cuatro proyecciones, pero que, dependiendo de la calidad de la imagen, pueden ser más; que la compresión, a pesar de no ser agradable, es soportable y necesaria, y que ella misma debe informar hasta donde puede soportarla.

Durante la compresión, junto con la atención a cuanto la paciente puede soportarla, el técnico debe, colocar la mano entre la mama y el compresor, para evitar que, con el frío, la paciente retraiga el cuerpo, dificultando el posicionamiento para el exámen.

Como se conoce, la paciente generalmente, cuando llega para el exámen, está tensa, nerviosa y con mucho miedo, pensando que será “torturada”, que el dolor de la compresión no es tolerable, que le provocará hematomas, que la prótesis de silicona se va a reventar etc. La cordialidad del técnico va ayudar mucho en esta fase del exámen, pues la delicadeza al realizar las primeras imágenes (cráneo-caudal), transmite una confianza mayor a la paciente, facilitando la obtención de las demás proyecciones.

**Mito refutado:** las prótesis de silicona son proyectadas para resistir varios niveles de presión. De esa forma, las mujeres que practican buceo y/o paracaidismo pueden estar seguras a respecto de la integridad de sus prótesis. A pesar de incómoda, la compresión de la mama durante el exámen de mamografía no es suficiente para romper la prótesis, y mucho menos, la mama de la paciente. Informe esto a las pacientes que usted va a atender!

Observando todos estos detalles, se puede tener al final del exámen, una paciente relajada y agradecida, muchas veces, más por la atención recibida que por el beneficio que el propio exámen le pueda ofrecer.

La ergonomía del mamógrafo da preferencia a profesionales de estatura baja y media, porque personas muy altas pueden tener dificultad al posicionar la paciente para la realización de algunas proyecciones.

Aún cuando la mayoría de los profesionales que realizan el atendimento en mamografía sean mujeres, nada impide que el técnico hombre también realice este procedimiento. Con el objetivo de dejar las pacientes más a gusto, esta profesión ha tenido un predominio femenino a lo largo de los años, pues aún cuando el paciente es hombre, este cree que una mujer tiene más sensibilidad para atenderlo.

### 6.3. La apariencia del técnico

Al atender los pacientes, un factor indispensable para los técnicos es la buena apariencia. La higiene personal adecuada también es esencial. Los hombres deben tener el pelo y la barba bien arreglados. Las mujeres también deben presentarse con los cabellos limpios, lavados y recogido, para que no caigan sobre el rostro de la paciente durante el posicionamiento para el exámen. Si usa maquillaje, el mismo debe ser discreto.

Tanto el hombre como la mujer deben estar con las uñas bien cuidadas y cortas, para no arañar las pacientes durante el posicionamiento de las mamas para el exámen, principalmente cuando se trata de ancianas, pues las mismas tienen una piel muy fina y sensible.

Para las técnicas que prefieren las uñas pintadas, las mismas deben estar cortas, bien lijadas y con un esmalte claro, principalmente si van trabajar en cuarto oscuro (revelado de películas), pues cualquier descuido puede llevar un artefacto a la película radiográfica, o provocar un rasguño en la pantalla intensificadora.

El uniforme o las ropas en general también requieren de atención. La técnica no debe trabajar de falda o con una blusa muy descotada, y, en el caso de los profesionales hombres, ni con bermuda ni camiseta. Aún que el delantal plumbífero cubra todo el cuerpo, estas no son ropas adecuadas para quien trabaja en un ambiente hospitalar. El uniforme siempre debe estar limpio, con la finalidad de evitar malos olores.

Como la mamografía es un exámen en el cual el técnico abraza literalmente al paciente para posicionar su cuerpo en el mamógrafo, el mismo debe siempre mantener un buen aliento y nunca trabajar utilizando gomas de mascar.

Un técnico que realiza más de 20 exámenes en una jornada de trabajo muchas veces no tiene tiempo de parar para beber agua. Esto puede producir una halitosis, lo cual es bastante desagradable cuando se habla próximo del paciente. Por eso, siempre trate de realizar una pausa de un o dos minutos entre cada paciente y beber un poco de agua.

Ya sobre los calzados, como en cualquier área de salud, se recomiendan zapatos cerrados y de cuero, evitando el uso de sandalias (dejan los pies bien más vulnerables) y tacones altos. Este último, en especial, por ser contraproducente para la técnica, pues va a realizar movimientos en cuclillas, lo que podría, a medio plazo, producir una lesión por esfuerzo repetitivo (**LER**).

Otro motivo por el cual debemos evitar el tacón alto se debe a la ergonomía del equipamiento. Como el mamógrafo tiene poca altura, sí la técnica, en su posicionamiento, posee un ángulo de visión elevado, no conseguirá identificar correctamente el posicionamiento de la mama de la paciente, pudiendo así cometer algún error en la realización del exámen.

Además de la sensibilidad profesional, el técnico tiene otras responsabilidades que deben ser cumplidas durante su jornada de trabajo. Son ellas:



**LER** - lesión común

en trabajadores que repiten continuamente los mismos movimientos durante su jornada de trabajo. ¡Cuide de su salud! ¡Trabaje lo más confortable posible dentro de lo que es permitido!



**Anamnesis** -  
cuestionario

que debe ser completado por el técnico que realizará el examen. Este cuestionario debe contener todos los datos de la paciente y sus quejas (dolores, inflamaciones, cicatrices). Los mismos deben ser descritos con la mayor precisión posible.

- Realizar la **anamnesis** correctamente (Figura 44), con todo el cuidado posible, destacando los aspectos particulares de cada paciente, como nódulos, cicatrices, verrugas, cirugías realizadas, etc.

Fuente: Acervo SQRI



Figura 44. Técnica realizando la anamnesis de la paciente

- Determinar correctamente cual será la técnica radiográfica que será utilizada en cada paciente (Figura 45 a y b), evitar exposiciones innecesarias, disminuir la angústia de la paciente y hacer un uso racional del equipamiento, economizando películas.

Fuente: Acervo SQRI



Figura 45. (a) Técnica en el panel de mando del mamógrafo y (b) en la estación de adquisición del sistema CR

- Mostrar el examen al médico antes que la paciente se retire.
- Organizar los exámenes para facilitar su localización y posterior análisis por parte del médico responsable.
- Informar al médico responsable sobre problemas que se presentan en cualquier equipamiento.

- Velar por la organización del ambiente de trabajo.
- Velar por la conservación y realización de la limpieza del material utilizado durante el examen – pantalla intensificadora (diaria, antes del inicio de los exámenes, utilizando compresas quirúrgica) (Figura 46), cuarto oscuro (diaria), procesadora (semanal), placas de imagen (sistema CR: mensual).
- Preparar y/o substituir los productos químicos de la procesadora.
- Acompañar el mantenimiento del mamógrafo y de la procesadora.

En el próximo capítulo, será vista una descripción detallada de las diferentes técnicas de posicionamiento en mamografía, que deberá ayudarle a usted, técnico, a corregir posibles errores y mejorar su habilidad en el trabajo, obteniendo así, imágenes de mejor calidad y con mucho menos repeticiones.

### Artículo recomendado

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Mamografía**: da prática ao Controle: recomendações para profissionais da saúde. Rio de Janeiro, 2007.



Figura 46. Técnica limpiando el chasis y la pantalla intensificadora



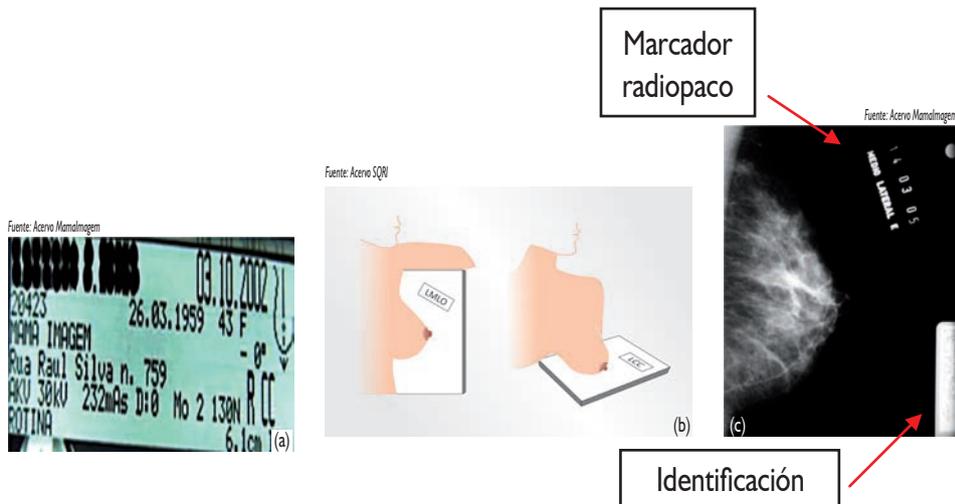
## CAPÍTULO 7 - TÉCNICAS MAMOGRÁFICAS

### 7.1 Identificación de las mamografías

Las películas utilizadas en la realización de los exámenes de mamografía deben ser identificadas para evitar que se pierdan o sean mal interpretadas.

La identificación debe colocarse lo más apartado de la imagen de la mama e incluir: nombre del servicio donde es realizado el examen, nombre completo de la paciente, el número específico de identificación y la fecha del examen. También deberá constar: el tipo de proyección utilizada (ex: craneocaudal, oblicua mediolateral), la mama expuesta a la radiación (derecha o izquierda), la técnica radiográfica usada (kV, mAs, combinación blanco-filtro), el ángulo de incidencia, el grosor de la mama comprimida, la fuerza de compresión y las iniciales del técnico (Figuras: 47 a y c).

Los marcadores radiopacos de identificación, por convenio, deberán colocarse próximos a la región axilar de la mama e indicar la proyección utilizada en la radiografía (Figuras: 47 b y c).



**Figura 47.** (a) Identificación de una mamografía, donde consta: nombre del paciente, fecha del examen, número de identificación, fecha de nacimiento, edad, sexo, nombre y dirección de la institución, ángulo de oblicuidad, cantidad de kV y mAs, tipo de filtro (molibdeno), fuerza de compresión, espesor de la mama comprimida, y la proyección mamográfica realizada; (b) marcadores radiopacos colocados próximos a la región axilar de la mama, indicando el tipo de proyección y la mama objeto de estudio; (c) mamografía en proyección mediolateral a 90° mostrando la identificación con los datos de la paciente a cierta distancia de la imagen de la mama y los marcadores radiopacos en el cuadrante superior

**Nota:** durante el posicionamiento de la mama, se debe prestar atención al hecho de dislocar siempre el tejido móvil de la mama (márgenes lateral e inferior) en dirección al tejido fijo (márgenes medial y superior); evitando el movimiento de la placa de compresión contra los tejidos fijos. Esto hará con que una mayor cantidad del tejido mamario quede dentro del área de la imagen. Las regiones lateral e inferior de las mamas son márgenes móviles, mientras que las regiones medial y superior son fijas.

## 7.2 Compresión de la mama

La compresión adecuada de la mama es esencial para un examen confiable (Figura 48) y tiene como finalidad:

- Inmovilización de la mama, evitando así imágenes borrosas.
- Reducción del espesor mamario, contribuyendo para una dosis de radiación menor para la paciente, mejorando el contraste y la nitidez de la imagen, ya que reduce la distancia objeto-película, disminuyendo la radiación dispersa.
- Separación de los tejidos mamarios superpuestos, evitando la formación de imágenes falsas, una vez que las lesiones reales sobresalen, tornándolas más evidentes.



Figura 48. Placa de compresión utilizada para la realización de mamografías

Como criterio general, la mama debe ser comprimida hasta que el tejido quede uniformemente distribuido. Segundo la legislación nacional, la fuerza máxima de compresión aplicada a una mama debe ser entre 108 y 177 N (MS, 1998). La Comisión Europea (CEC, 2001) establece valores un poco mayores, entre 130 y 200 N y la *Food and Drug Administration* (FDA, 2002) entre 111 y 200 N.

En algunos casos y con miedo de provocar molestias a la paciente, el técnico no realiza una compresión adecuada, lo cual implica en una imagen pobre y una dosis mayor de radiación.

Por otra parte, una compresión exagerada hará con que la paciente rechace el examen, pues crearia un posible obstáculo para la realización de futuras mamografías periódicas. Por eso, es importante que el técnico, antes de realizar la mamografía, establezca un contacto con la paciente, donde le pueda informar que, aunque incómoda, la compresión dura solo unos pocos segundos y es de vital importancia para asegurar una mayor precisión en el diagnóstico. Las pacientes normalmente toleran mejor la compresión de la mama cuando son previamente advertidas y principalmente cuando esa compresión es realizada de forma gradual.

## 7.3. El uso del control automático de exposición

Los mamógrafos poseen un CAE, que se constituye de una célula fotoeléctrica, situada debajo del receptor de imagen. Esta fotocélula mide la cantidad de radiación transmitida a través del receptor, y detiene la exposición cuando la dosis recibida alcanza un valor predeterminado, el cual normalmente correspondiente con la densidad óptica deseada en la

película radiográfica. Esta fotocélula existe en todos los equipamientos con dispositivo automático o semiautomático de exposición, y determina cual es la dosis de radiación cuando la técnica manual no es utilizada. Localizada debajo del porta chasis, (Figuras: 49 y 50), su posición debe abarcar una parte representativa de la mama, generalmente su tercio anterior, permitiendo una exposición ideal (Figura 51).



Figura 49. Normalmente no se observa la célula fotoeléctrica, pues la misma se encuentra debajo del porta chasis. En la foto, el técnico retira el porta chasis, permitiendo la identificación de la misma

Fuente: Acevo Mamalogem

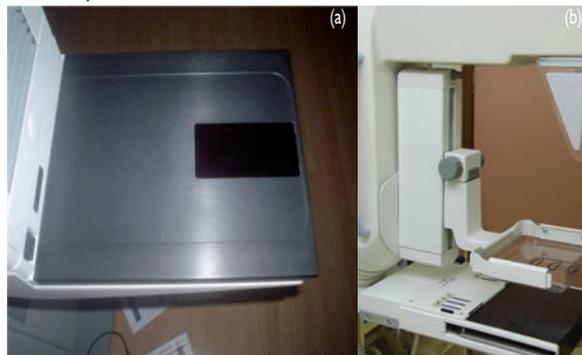


Figura 50. (a) Equipamiento sin el porta chasis, donde es posible visualizar la fotocélula y (b) las medialunas representan la posible localización de la fotocélula

La mayoría de los mamógrafos poseen tres o más opciones de posicionamiento de la fotocélula. Nunca posicione la fotocélula de manera que la mama no la cubra totalmente, pues en ese caso, la fotocélula recibirá una dosis de radiación mayor que la debida, desconectándose antes de tiempo y produciendo una imagen subexpuesta. La mejor región debajo de la cual debemos posicionar la fotocélula es sin dudas la parte central del tercio anterior de la mama, pues esta posee un tejido fibroglandular relativamente uniforme (Figura 51).

Fuente: Acevo SQM

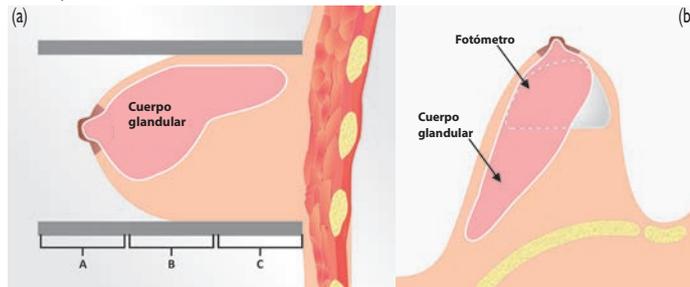


Figura 51. (a) Posiciones de la fotocélula en vista lateral de la mama comprimida: posiciones inadecuadas en A y C, y correcta en B y (b) vista superior de la mama comprimida: en B, posición ideal

En contrapartida, las variaciones en la distribución del tejido glandular y graso son mayores en las áreas próximas a la pared torácica, aumentando así el riesgo de la fotocélula quedar sobre una área poco representativa de la mama. El posicionamiento incorrecto de la fotocélula es una de las fuentes de errores más frecuente en las exposiciones.

En los mamógrafos digitales de campo completo, el técnico no necesita preocuparse con la posición de la fotocélula.

Todos los mamógrafos, por más modernos que sean, deben permitir el uso del control manual de exposición. En situaciones, como en el caso de mamas con implantes de silicona, es el técnico quien selecciona el kV y el mAs (técnica manual). De lo contrario, la fotocélula leerá la alta radiodensidad de los implantes y el parénquima mamario quedará sobreexpuesto a la radiación. Al realizar el ajuste manual de la exposición, el técnico seleccionará el producto mAs de acuerdo con el grosor de la mama y la radiodensidad estimada. En ausencia de mamografías previas, el técnico estimará la radiodensidad de acuerdo con la consistencia del tejido. Para esto, obviamente, se requiere de experiencia. También es útil, verificar en los registros los valores de exposición de exámenes anteriores. Por ello, es muy importante registrar el espesor y el grado de compresión, el producto mAs, el ajuste del kV y la combinación de blanco-filtro en cada examen de mamografía realizado.

## 7.4. Elección del receptor de imagen de acuerdo con el tamaño de la mama

Antes de realizar la mamografía, el técnico debe escoger el tamaño del receptor de imagen más apropiado para el estudio en cuestión.

Los receptores de imagen con dimensiones 18 cm x 24 cm y 24 cm x 30 cm deben estar disponibles en cada unidad de mamografía.

Si el receptor seleccionado es muy pequeño, la región axilar e inferior de la mama pueden quedar fuera de la imagen (Figura 52 a y b).

En contrapartida, un receptor mayor que la mama provocará:

- Interposición de otras partes del cuerpo entre el chasis y la mama.
- Dificultad para obtener una óptima compresión de la mama en la proyección mediolateral oblicua.
- Poca separación de las estructuras.
- Artefactos debido al movimiento.
- Exposición inapropiada.

En algunos mamógrafos de campo completo, no es necesario que el técnico determine el tipo de receptor de imagen a ser utilizado.

El técnico debe optar por receptores 24 cm x 30 cm en mamas voluminosas.

En la Figura 52b se ve un imagen donde la selección de un receptor de imagen muy pequeño para la mama, hace con que su parte inferior sea excluida.

Fuente: Acevo Mamalogem

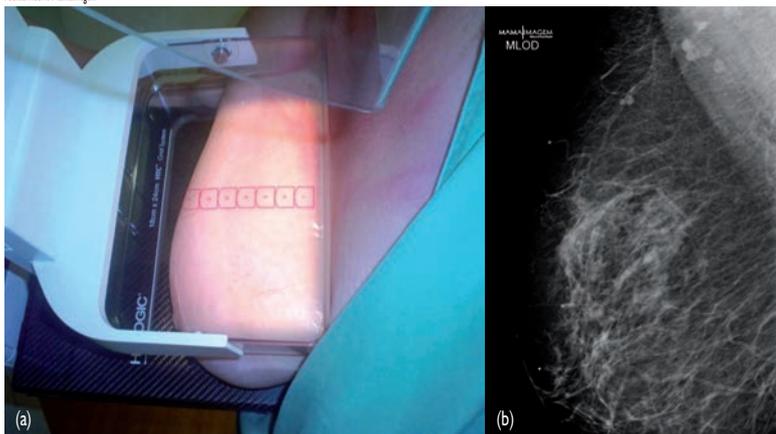


Figura 52. (a) Ejemplo de un receptor de imagen 18 cm x 24 cm no adecuado al tamaño de la mama y (b) imagen obtenida

## 7.5. Proyecciones mamográficas de rutina

Normalmente, se realizan dos proyecciones (cráneo-caudal y oblicua mediolateral) de cada mama, tanto para estudios de tamizaje como para una evaluación diagnóstica (Figura 53 a y b).

Las dos proyecciones permiten una mayor compresión de las estructuras superpuestas, que tienden a confundirse, cuando se realiza una única proyección.

Sickles (1986) evidencia que la mamografía con una única proyección aumenta el índice de pacientes que necesitan repetir la evaluación mamográfica. Lo más importante: fue demostrado que el uso de una única proyección en mamografía lleva al radiólogo a no detectar entre 11% y 25% de los cánceres.

Fuente: Acevo Mamalogem

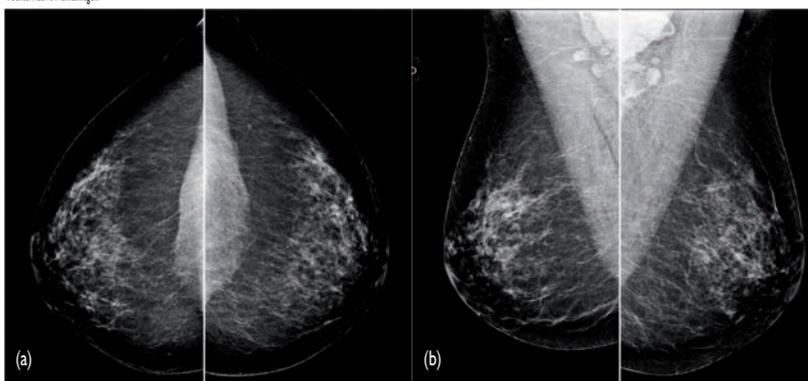


Figura 53. Proyecciones mamográficas estándar. (a) Cráneo-caudal y (b) oblicua mediolateral

**Proyección oblicua mediolateral:** identifica mejor el tejido junto a la pared del tórax y la cola de Spence. Es la proyección que presenta mayor probabilidad de inclusión de todo el tejido mamario. Si algún tejido no es incluido en esta proyección, lo más probable es que sea del cuadrante inferior medial.

Aquí el uso del término oblicuo es diferente de aquel utilizado en otras áreas de la radiología. El mismo no se aplica al paciente y sí al plano de compresión de la mama.

### Realizando el examen:

Fuente: Acervo Mamógen



Figura 54. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento

- Se inicia el examen (Figura 54a) rotando el tubo de rayos X y el soporte de la película con una angulación que puede variar entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$ , dependiendo de las características físicas del paciente. En general, se utiliza  $45^\circ$ .
- Normalmente, para mujeres altas y delgadas, el ángulo es más agudo que para bajas y gruesas.
- Para las mujeres gruesas o con sobrepeso, el posicionamiento del tubo de rayos X es más horizontal.
- La angulación debe ser de modo que la posición del porta chasis quede lo más paralelo posible a la musculatura pectoral, permitiendo una mejor movilización del tejido glandular.
- Escoger el punto (Figura 54b) donde se debe colocar el borde del porta chasis. Para ello, mentalmente, se debe dividir la axila de la paciente en tres partes, colocando el porta chasis en su tercio posterior.
- Elevar el brazo de la paciente (Figura 55a), orientándola para que apoye la mano en el lateral del equipo.

Fuente: Acervo Mamógen

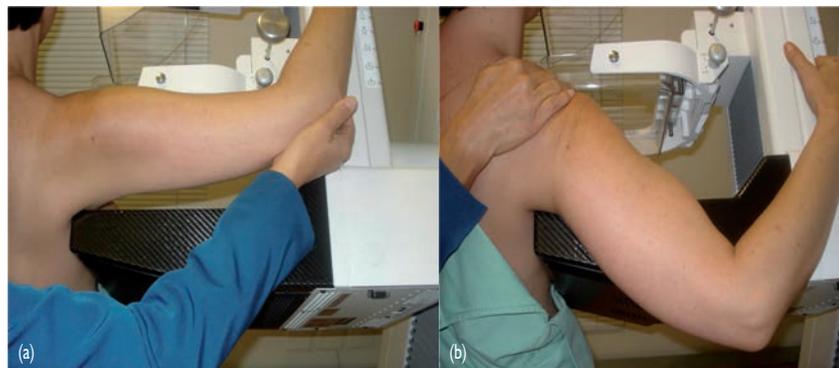


Figura 55. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento

- Mantener relajada la musculatura del hombro (Figura 55b). El brazo nunca debe estar más elevado que el hombro.

Fuente: Acevo Mamógen



Figura 56. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento

- Suspender la mama (Figura 56a) y dirigirla hacia adelante. La mama no puede movimentarse lateral o inferiormente en la pared del tórax, pero sí en la dirección medial.
- Con la otra mano sobre el hombro de la paciente (Figura 56b), intentar que la misma continúe con el brazo relajado sobre el porta chasis.
- Efectuar la compresión (Figura 57a).
- Abrir el surco inframamario (Figura 57b), localizado entre el borde inferior de la mama y el abdomen, el cual puede alojar patologías.

Fuente: Acevo Mamógen

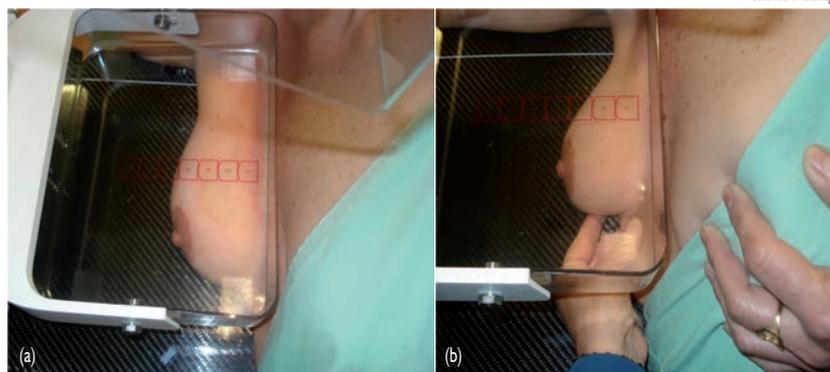


Figura 57. Proyección oblicua mediolateral – posicionamiento

### Consejos:

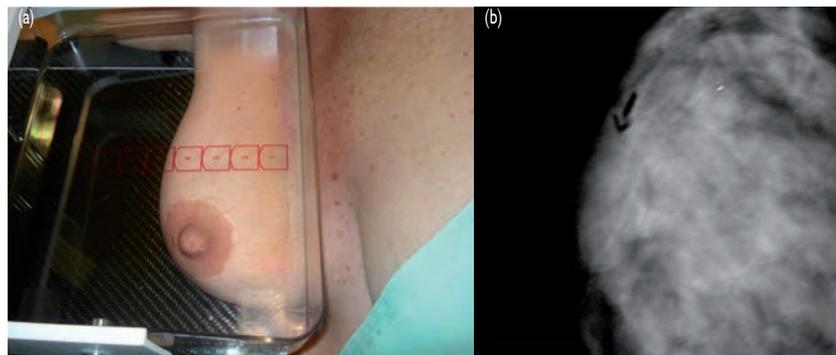
- Nunca coloque el porta chasis muy alto en la axila, pues dificultará la tracción de la mama hacia adelante.
- Girar la paciente de forma que quede virada de frente para el mamógrafo. De esta forma, las porciones mediales del tejido mamario quedarán incluidas y el doblez inframamario será visualizado en la mamografía.

- Siendo el único punto de referencia constante, el pezón debe idealmente ser proyectado de forma tangencial al haz de rayos X en todas las imágenes. Esto reduce la posibilidad de confundir el pezón con un nódulo, o un nódulo periareolar verdadero ser confundido con el pezón.
- Una señal elocuente de que la compresión fue inadecuada, es el hecho de que parte del húmero aparezca en la imagen.
- Procure siempre optimizar la proyección, para ello es posible:
  - (1) girar el tubo en un ángulo que se corresponda con la inclinación del pectoral;
  - (2) elevar la mama, trayéndola de manera firme hacia adelante y en la dirección medial;
  - (3) girando la paciente de frente para el mamógrafo, de manera que se difunda el tejido glandular, consiguiendo la mejor compresión posible.

#### Importante durante la realización de las mamografías:

- Evitar que el pezón quede apuntando para arriba o para abajo (Figura 58a y b).

Fuente: Azero Mamologem



**Figura 58.** (a) Evitar que el pezón mamario se viere durante la realización de la mamografía ya que, (b) caso suceda, el pezón se proyectará sobre la imagen

- Los pies de la paciente deben estar de frente y perpendicular al mamógrafo, pues ello evita que aparezcan dobleces en la piel y que el pezón se invierta (Figura 59b).
- Las siguientes situaciones pueden perjudicar la estabilidad de la paciente y hacer con que las imágenes mamográficas queden borradas:
  - rodilla flexionada;
  - cadera torcida (Figura 59a);
  - pies apartados del equipo (Figura 59c);
  - elevación de los talones o calcañales;
  - cadera no alineada.

Fuente: Acervo Mamamogem

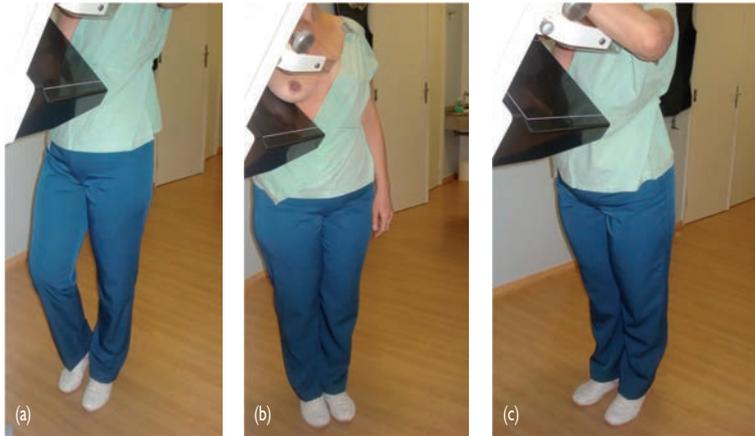


Figura 59. (a) Evitar flexionar la rodilla con la cadera torcida, (b) pies fuera de la línea del mamógrafo o (c) pies separados

- Es difícil en pacientes con abdomen prominente posicionar el surco inframamario. Solicite al mismo contraer el abdomen durante la realización del examen.
- Observe si aparecen objetos extraños (mandíbula, cabello, mano) sobre la imagen (Figura 60).



Figura 60. Repare si objetos extraños como mano (a), cabellos (b), collar, arete, o mandíbula están sobre la imagen

- La suspensión, así como la tracción de la mama, deben realizarse con la palma de la mano, nunca con la punta de los dedos, pues pueden aparecer dobleces en la piel.
- Si aparecer algún doblez en la región axilar, estire la piel para deshacerlo, no es necesario soltar la mama.

El posicionamiento correcto de la proyección oblicua mediolateral incluyen entre los criterios de calidad que (Figura 61):

- 1) El músculo pectoral mayor debe aparecer en la imagen al menos al nivel del pezón. Esto se puede obtener en más del 80% de las pacientes. Para ello, se debe trazar una línea imaginaria desde el pezón hasta el borde del

Fuente: Acervo Mamamogem



Figura 61. Proyección mediolateral oblicua correctamente posicionada: la imagen muestra gran parte del músculo pectoral mayor, con identificación del pliegue inframamario

músculo pectoral, con un ángulo aproximadamente perpendicular al músculo o al borde de la película.

- 2) Los tejidos mamarios, profundos y superficiales, deben estar bien separados, permitiendo una buena identificación de las estructuras adyacentes al pectoral mayor.
- 3) El doblez inframamario debe ser incluido por el lado inferior.
- 4) El pezón debe quedar paralelo a la película, para que no se sobreponga a la imagen.
- 5) Una buena inspección ocular debe garantizar la ausencia de movimiento durante la exposición, minimizando la posibilidad de obtener una imagen borrosa.

**Proyección cráneo-caudal:** incluye todo el tejido mamario, excepto la porción axilar. Aquí se debe incluir cualquier tejido que halla quedado de fuera en la proyección oblicua mediolateral. Lo más probable es que el tejido excluido sea el medial, por eso, esta proyección debe mostrar todo el tejido medial con lo máximo posible de tejido lateral.

#### Realizando el exámen:

- En esta proyección, la mama es atravesada por el haz de rayos X en la dirección cráneo-caudal. El técnico debe posicionarse inicialmente próximo al lado medial de la mama que será examinada, teniendo de esta forma un contacto visual con la paciente y focalizando el tejido mamario medial.
- Nunca realice la proyección cráneo-caudal con la mama relajada o suelta (Figura 62a).
- Como la mama posee una cierta movilidad en relación al torax, debemos suspenderla hasta el punto de máxima movilidad para realizar esta proyección (Figura 62b).
- Solo después de la suspensión es que debemos ajustar la altura del porta chasis, lo que permitirá, además de una óptima visión de la mama, una compresión sin que la piel de la pared torácica encima de la mama quede estirada.

Fuente: Acevo Mamalogem

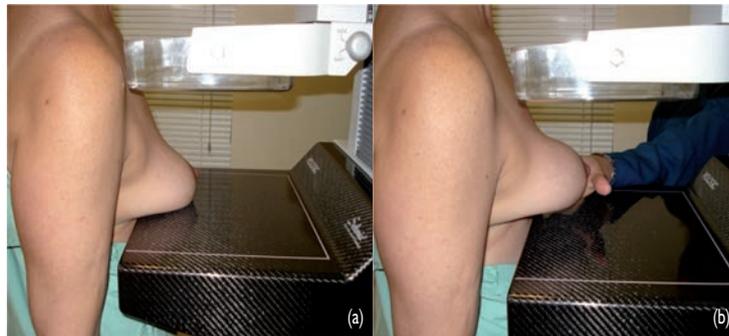


Figura 62. Proyección cráneo-caudal – posicionamiento

- Después de suspender la mama, se debe traccionarla (Figura 63) y, sin soltarla, efectuar la compresión. Recuerde que el pezón siempre debe estar en el centro del porta chasis.

### Consejos:

- La cabeza de la paciente debe estar virada hacia la mama opuesta.
- Con el brazo del lado opuesto al exámen, la paciente deberá apartar la mama contralateral para que esta quede fuera del campo de radiación.
- Del lado del exámen, el brazo de la paciente debe estar suspendido y relajado, con el húmero estirado externamente. Esta posición del brazo ayuda a eliminar pliegues en la piel.
- Para optimizar la proyección: antes de efectuar la tracción de la mama hacia adelante y realizar la compresión, suspenda la mama hasta su punto de máxima movilidad. Si apenas colocamos la mama sobre el detector, la placa de compresión puede que no mantenga los tejidos profundos dentro del campo de exposición.

El posicionamiento correcto de la proyección cráneo-caudal, incluye entre los criterios de calidad que (Figura 64):

- 1) Se visualice toda la estructura glandular, con inclusión del tejido adiposo retromamario y del músculo pectoral.
- 2) Exista un equilibrio en la inclusión de los cuadrantes lateral y medial para esta proyección, permitiendo visualizar todo el tejido medial.
- 3) El pezón quede paralelo a la película.

**Observación:** Cuando el músculo pectoral no esté presente en la proyección cráneo-caudal, el criterio correcto de inclusión del tejido posterior estará determinado por su comparación con la proyección mediolateral oblicua. Se sugiere que la distancia, justo debajo del pezón y hasta el borde de la película virada para la pared del tórax en la proyección cráneo-caudal ( $LEM_{CC}$ , Figura 65a), no podrá tener una diferencia mayor que 1,0 cm si comparada con la distancia del pezón, en su eje, al músculo pectoral mayor en la proyección mediolateral oblicua ( $LEM_{MLO}$ , figura 65b). En otras palabras, el valor de la distancia oblicua mediolateral menos el valor de la distancia cráneo-caudal debe ser menor o igual a 1,0 cm.



Figura 63. Proyección cráneo-caudal – posicionamiento

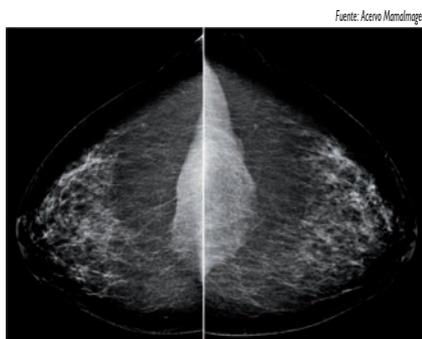
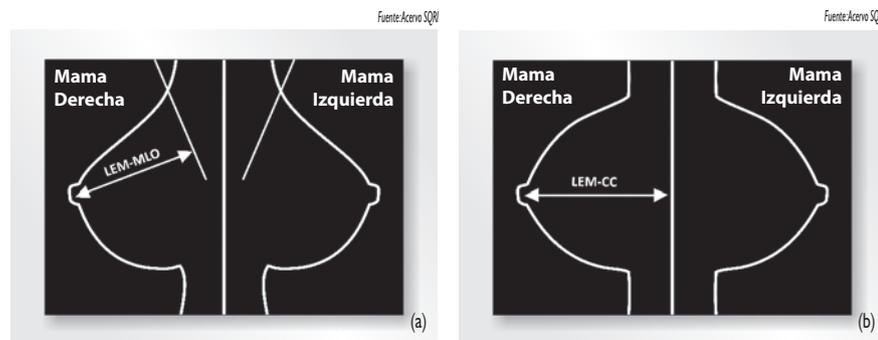


Figura 64. Proyección cráneo-caudal correctamente posicionada: imagen de toda el área del parénquima mamario, detrás el tejido adiposo y a continuación el músculo pectoral



**Figura 65.** Figura que muestra como proceder para garantizar que buena parte del tejido mamario posterior sea expuesto a la radiografía en la proyección craneocaudal. Estas medidas pueden obtenerse desde que el músculo pectoral no sea incluido en la proyección craneocaudal. Basta medir la distancia del pezón hasta el vértice de la musculatura pectoral en la proyección mediolateral oblicua (a) y comparar con la distancia que va desde el pezón hasta el extremo posterior de la película radiográfica en la proyección craneocaudal (b). Esta diferencia no puede ser mayor que 1,0 cm

## 7.6. Proyecciones mamográficas adicionales o complementarias

La realización de imágenes adicionales a las proyecciones de rutina solo serán necesarias si las primeras no muestran algún hallazgo sospechoso o si todo el tejido mamario no fue debidamente encuadrado en la imagen. En caso contrario, no existen límites a la cantidad de maniobras y/o proyecciones necesarias para responder cuestiones específicas. Aun cuando la necesidad de una proyección adicional aumente la ansiedad de la paciente, esto no significa, en modo alguno, la evidencia de tener un cáncer de mama. La paciente debe ser informada de que tales proyecciones son muchas veces necesarias para:

- substituir imágenes superpuestas;
- ampliar microcalcificaciones (independientemente de su naturaleza);
- evaluar los márgenes de una lesión puntual;
- exponer una área densa o próxima de la pared torácica;
- probar o descartar una lesión cutánea proyectada en el tejido mamario.

Proyecciones adicionales o complementarias son imágenes mamográficas que se obtienen a partir de un ángulo diferente al usado en las proyecciones estándares, con el objetivo de optimizar la visión de un área específica para definir el diagnóstico.

Las proyecciones adicionales más importantes incluyen:

- compresión selectiva;
- ampliación;
- mediolateral a 90 grados;
- lateromedial a 90 grados;
- craneocaudal exagerada;
- rotada;

- tangencial a la piel;
- prolongamiento axilar;
- *cleavage*;
- variación del ángulo;
- oblicuas con angulación variable;
- lateromedial oblicua;
- caudocraneal;
- maniobra de *Eklund*.

**Compresión selectiva:** se realiza utilizando un compresor pequeño (redondo o rectangular) para comprimir solo el área de interés, con el haz colimado en esta pequeña área en cuestión. Puede ejecutarse en cualquier plano de la imagen.

#### Realizando el exámen:

- Para realizar la compresión selectiva, se debe, en primer lugar, localizar la imagen en la mamografía.
- Usando los dedos (Figura 66a), se mide la distancia de la imagen hasta el pezón.
- Se usa la misma medida y se localiza el área en la piel de la paciente (Figura 66b), marcando el local con un lapicero.
- Finalmente, se comprime el área marcada (Figura 66c).



**Observación:** en la compresión selectiva, se utiliza un compresor pequeño para comprimir solamente el área de interés, con el haz colimado específicamente sobre esa área.

**Ampliación:** método muy utilizado en la diferenciación de lesiones benignas y malignas, por ejemplo, al analizar específicamente los márgenes de un nódulo y al caracterizar la forma y la distribución de las calcificaciones.

### Realizando el examen:

- En la mamografía con ampliación, la mama se coloca en una plataforma, separada aproximadamente a 40 cm de la película (Figura 67).
- Se comprime el área de interés y el campo de la imagen se colima de la forma más estrecha posible, igual que en la compresión selectiva.
- Utilice el punto focal pequeño, de 0,1 mm, para así mejorar la resolución espacial, la cual se afecta con el aumento de la distancia objeto-película.
- La rejilla no se utiliza, este hecho no perjudica la nitidez de la imagen porque la capa de aire (resultante de la separación de la mama del receptor de la imagen) y una buena colimación, evitan que una cantidad significativa de radiación dispersa, impacte en la película. Por otro lado, el uso de la rejilla exigiría una exposición más prolongada para garantizar la calidad de la imagen.

En la mamografía digital de campo completo, no es necesario que el técnico retire la rejilla, una vez que el equipamiento lo hace automáticamente.

**Mediolateral a 90 grados:** una de las proyecciones adicionales más utilizadas.

### Realizando el examen:

- Gire el tubo a 90 grados, con el haz perpendicular a la mama. En seguida, posicione al paciente de frente para el portachasis, con el brazo relajado y doblado sobre el mismo.
- Levante y coloque la mama hacia adelante, con el ángulo superior del receptor detrás del margen lateral del músculo pectoral mayor.
- Centre la mama, manteniendo el pezón paralelo a la película.
- Comprima la mama en su porción medial (Figura 68).



Figura 67. Ampliación – posicionamiento



Figura 68. Proyección mediolateral a 90 grados: el haz de rayos X va de la región medial para la lateral, estando el portachasis en la región lateral de la paciente. La mama debe estar centrada en el portachasis

**Lateromedial a 90 grados:** es utilizada para evaluar la porción medial de la mama. En esta proyección, la imagen de cualquier lesión presente en el cuadrante medial, será mucho más nítida, una vez que se aproxima el área de interés a la película, lo contrario de la mediolateral a 90 grados.

#### Realizando el exámen:

- Gire el tubo a 90 grados, con el haz perpendicular a la mama. Seguidamente, posicione la paciente de frente para el portachasis, con el brazo en alto, haciendo un ángulo de 90 grados con el tórax y apoyado en el portachasis.
- Centre la mama, manteniendo el pezón paralelo a la película.
- Comprima a partir de la línea axilar posterior en dirección a la mama (Figura 69).



Figura 69. Proyección lateromedial a 90 grados: el haz de rayos X va de la región lateral para la medial, estando el portachasis en el lado medial de la paciente

**Cráneocaudal forzada o exagerada externa:** esta proyección delinea lesiones profundas situadas en localización lateral de la mama, incluyendo la mayor parte de la extensión axilar.

#### Realizando el exámen:

- Posicione la paciente de la misma forma como lo haría para la posición cráneocaudal de rutina.
- Después de elevar el pliegue inframamario, gire la paciente hasta que la región lateral de la mama quede en contacto con el portachasis (Figura 70).
- Centre la región lateral de la mama con el pezón virado para el lado opuesto del portachasis.
- El tubo de rayos X se angula lateralmente en 5 grados, para, de esta forma, alejar la cabeza del húmero.
- Aquí se sacrifica la porción medial de la mama en la imagen.



Figura 70. Proyección cráneocaudal forzada o exagerada externa - posicionamiento

**Nota:** cuando la proyección cráneocaudal con rotación lateral está correctamente posicionada, una pequeña porción del músculo pectoral debe ser visualizada en la misma.

**Cráneo-caudal forzada o exagerada interna:**

muestra lesiones profundas situadas en la porción medial de la mama.

**Realizando el examen:**

- Se posiciona la mama con la misma técnica utilizada para la proyección cráneo-caudal (Figura 71).
- Luego, se gira la paciente de modo que la región medial sea arrastrada hacia el soporte de la película, sacrificando el aspecto lateral de la imagen.
- El tubo de rayos X se angula medialmente en 5 grados.



Figura 71. Proyección cráneo-caudal forzada o exagerada interna - posicionamiento

**Cráneo-caudal rotada:** muy utilizada cuando existe sospecha de superposición de imágenes y no de una lesión real.

**Realizando el examen:**

- La proyección rotada puede ser realizada en cualquier incidencia, aunque es mucho más utilizada en la cráneo-caudal.
- El técnico coloca una mano en la porción superior de la mama y la otra en la porción inferior; seguidamente gira la porción superior en una dirección y la abase en la otra, tomando el pezón como eje de rotación.
- De esta forma, se comprime nuevamente la mama, manteniendo el tejido en su nueva posición.

La Figura 72 muestra rotación en las proyecciones cráneo-caudal (a) y oblicua mediolateral (b).



Figura 72. Rotación

**Tangencial a la piel:** es una proyección mamográfica que tiene como objetivo aproximar el área de interés a la superficie cutánea, de forma que el haz de rayos X se proyecte tangencialmente a la lesión a ser estudiada. Para esto, es necesario el uso de marcadores cutáneos, representados por perdigones (encontrados dentro de proyectiles de arma de fuego), acrílico e hilo metálico (Figura 73). Los mismos se fijan a la piel del paciente con cinta adhesiva sobre el local de la sospecha. Es importante no utilizar esparadrapo, pues este aparece en la imagen.



Figura 73. Ejemplos de marcadores cutáneos (perdigones, acrílico, hilo metálico)

### Realizando el exámen:

- Primeramente, fije el marcador metálico en la piel de la paciente, sobre la región de interés (nódulo, calcificaciones, **nevus**).
- A seguir, coloque el tubo de rayos X en el ángulo que mejor deje en evidencia la lesión. Puede ser cráneo-caudal, oblicua mediolateral etc.
- Aproxime la paciente al mamógrafo y rote la mama de forma que el marcador metálico se proyecte sobre el portachasis.
- Efectue la compresión de la mama (Figura 74a).

La Figura 74b muestra el marcador metálico en posición tangencial a la región de interés.



**Nevo o nevus** - término médico que se utiliza para las lesiones en la piel popularmente conocidas como lunares.

Fuente: Acevo Mamalogem



Figura 74. Proyección tangencial a la piel – posicionamiento

**Prolongación axilar:** esta proyección se utiliza para mostrar toda la prolongación de la axila, así como la mayor parte de la región lateral de la mama. Antiguamente, esta se conocía como proyección Cleópatra, porque el posicionamiento de la paciente (seminclinada posteriormente) recordaba a Cleópatra acostada en su sofá. En la actualidad, esta técnica es más fácil de realizar ya que los mamógrafos pueden girar de forma paralela a la prolongación de la mama (axila).

#### Realizando el exámen:

- El posicionamiento se realiza, rotando el brazo del tubo hasta que el bucky quede paralelo a la prolongación axilar.
- Se gira la paciente lateralmente para colocar la prolongación axilar en contacto con el porta chasis (Figura 75).
- El brazo del lado en que se realiza la radiografía queda suelto al final del portachasis, levemente doblado y con la mano descansando sobre el asa lateral.
- Suspenda y traccione la región axilar de la mama en dirección al centro del portachasis.
- A seguir, se realiza la compresión.

Fuente: Acevo Mamalogem



Figura 75. Proyección con prolongación axilar

**Nota:** es importante priorizar la región de la prolongación axilar en esta proyección, aunque pueda perderse parte del cuadrante inferior. Un error bastante común es repetir una proyección oblicua mediolateral, que incluye los tejidos de la medial a la lateral.

**Proyección cleavage:** raramente utilizada, esta proyección incluye las porciones internas de la mama, próxima a la pared torácica (Figura 76).

#### Realizando el examen:

- En la proyección *cleavage*, ambas mamas son colocadas sobre el portachasis (Figura 77), de manera que el campo proyectado permita obtener una imagen de la región entre las mismas.

Fuente: Acervo SQM

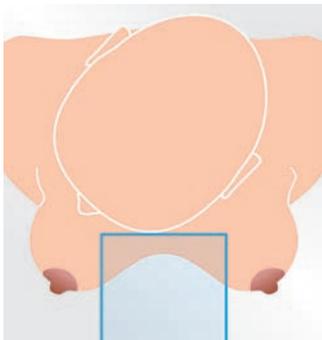


Figura 76. Proyección *cleavage* – posicionamiento

Fuente: Acervo Mamogramem



Figura 77. Proyección *cleavage* – posicionamiento

- El tubo de rayos X se posiciona igual que en la proyección cráneo-caudal.
- Si la fotocélula queda posicionada debajo del área entre las mamas, la imagen quedará subexpuesta debido al aire en el camino de los rayos X, por lo que en este caso se debe utilizar la técnica manual.
- Debe utilizarse un compresor pequeño o de uso común.

**Variación del ángulo:** comunmente utilizada para esclarecer dudas sobre el posible efecto de la superposición de estructuras.

Cuando existen dudas sobre una posible superposición de estructuras normales en una proyección (Figura 78a), una buena opción es cambiar el ángulo de proyección (Figura 78b).

Fuente: Acervo SQM

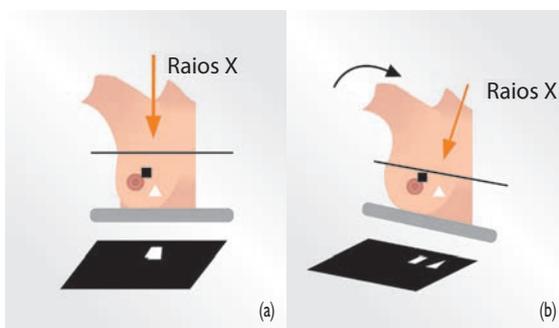


Figura 78. Como esclarecer dudas sobre una posible superposición de estructuras

### Realizando el examen:

- Girar el tubo de rayos X (normalmente entre 5 y 20 grados) y comprimir la mama con un ángulo diferente, mientras se mantenga en la misma posición, puede ayudar a separar estructuras normales que se encuentran superpuestas (Figuras 79 a y b).

Fuente: Acaero Mamomagem



Figura 79. (a) Proyección de rutina y (b) proyección con variación del ángulo

**Nota:** en general, si se identifica una lesión en apenas una proyección mamográfica, lo mejor es regresar a la proyección en que fue detectada, modificar el ángulo y observar su desplazamiento en relación a las estructuras de fondo. Si se detecta alguna anomalía solamente en la proyección mediolateral oblicua y no en la cráneo-caudal, lo mejor es comenzar a trabajar a partir de la primera proyección. Si la lesión no es real, la misma nunca podrá ser identificada en la proyección cráneo-caudal. Por lo tanto, no tendría sentido esta técnica y de hecho causaría una exposición desnecesaria a la paciente. Si la lesión es real, su localización puede ser determinada por el movimiento aparente en relación al fondo de las estructuras mamarias normales entre las dos proyecciones. Una vez determinada la localización aproximada del hallazgo real, se puede comenzar con la proyección ortogonal.

**Oblicua con angulación variable:** esta técnica tiene como intención determinar si un hallazgo mamográfico, visto en principio, en una proyección común (cráneo-caudal o mediolateral oblicua), persiste en proyecciones con ángulos diferentes y, a partir de ahí, diferenciar la superposición de imágenes de una lesión real.

### Realizando el examen:

- **Oblicuas con angulación variable** implican imágenes adicionales con aumentos de 15 grados en proyección oblicua (Figura 80), comenzando por la proyección en que se identifica el hallazgo mamográfico y direccionada para la proyección donde el hallazgo en cuestión no puede ser más visualizado.
- Todas las imágenes deben obtenerse con la misma orientación.
- Evitar que el pezón se sobreponga a la estructura mamaria.
- La paciente debe permanecer en pie sin curvarse, ya que el tubo de rayos X estará angulado. El hecho de que la paciente no permanezca en la posición rectilínea puede conducir a errores durante el examen.
- Todas las imágenes deben obtenerse, usando la misma técnica para así, reducir la variabilidad del posicionamiento mamario.

Fuente: Acevo Mamalogem



**Figura 80.** Oblicua con angulación variable. (a) 0 grado; (b) 15 grados; (c) 30 grados; (d) 45 grados; (e) 60 grados; (f) 75 grados; (g) 90 grados

**Oblicua lateromedial:** también conocida como oblicua invertida, es poco utilizada.

Fuente: Acevo Mamalogem

#### Realizando el exámen:

- Poco utilizada, esta técnica complementar es usada en pacientes con tórax excavado o portadores de marcapasso cardíaco.
- La paciente deberá inclinarse hacia adelante para que el borde del porta chasis quede posicionado contra el esternón (Figura 81).



**Figura 81.** Proyección oblicua lateromedial – posicionamiento

**Caudocraneal:** también conocida como cráneo-caudal invertida.

**Realizando el exámen:**

- Se rota el tubo de rayos X hasta 180°, con la paciente posicionada de frente para el mamógrafo (Figura 82).
- Suspenda y traccione la mama hacia adelante de forma que el surco inframamario quede expuesto.
- Con una mano encima y la otra debajo de la mama, el técnico coloca el tejido fuera de la pared torácica, centralizando la mama en el porta chasis y posteriormente realizando la compresión.
- Esta proyección es muy utilizada cuando las mamas son muy pequeñas, o cuando el paciente es del sexo masculino con cifosis acentuada. También se utiliza para mejorar la identificación de lesiones en las regiones superiores de la mama.



Figura 82. Proyección caudocraneal – posicionamiento

**Nota:** para pacientes con ascitis o abdomen voluminoso, sean hombres o mujeres, no se recomienda esta técnica.

**Maniobra de Eklund:** esta maniobra es parte de la evaluación radiológica en pacientes con implantes mamarios. Sus resultados son mejores en los implantes con localización retropectoral y más difícil en pacientes con contractura capsular debido al implante mamario (Figura 83).

Fuente: Averno, SQM

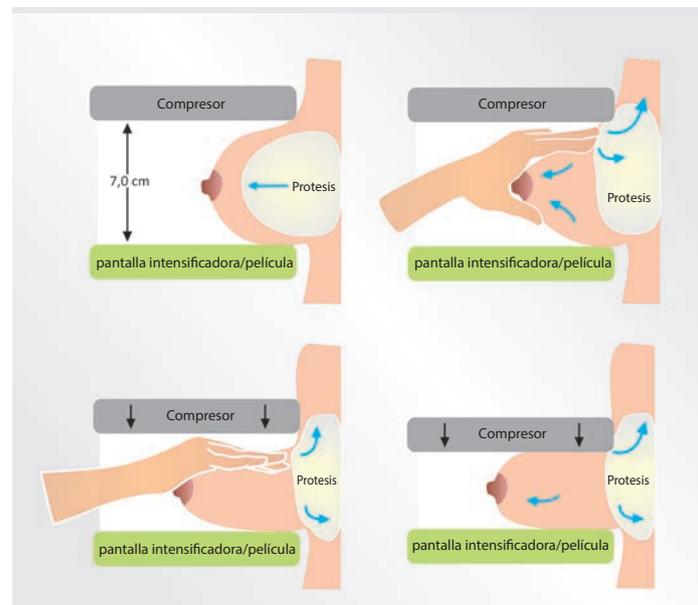


Figura 83. Maniobra de Eklund: consiste en dislocar el implante contra la pared torácica, mientras se extiende el tejido mamario hacia adelante para, de esa forma, efectuar su compresión

### Realizando el examen:

- En pacientes con implantes mamarios, lo ideal sería que, junto con las proyecciones de rutina (Figura 84a y b), también sea realizada la maniobra de Eklund en las proyecciones cráneo-caudal (Figura 84c) y oblicua mediolateral (Figura 84d), para cada mama.
- Como esta maniobra es realizada con la prótesis comprimida, se puede usar el control automático de exposición.

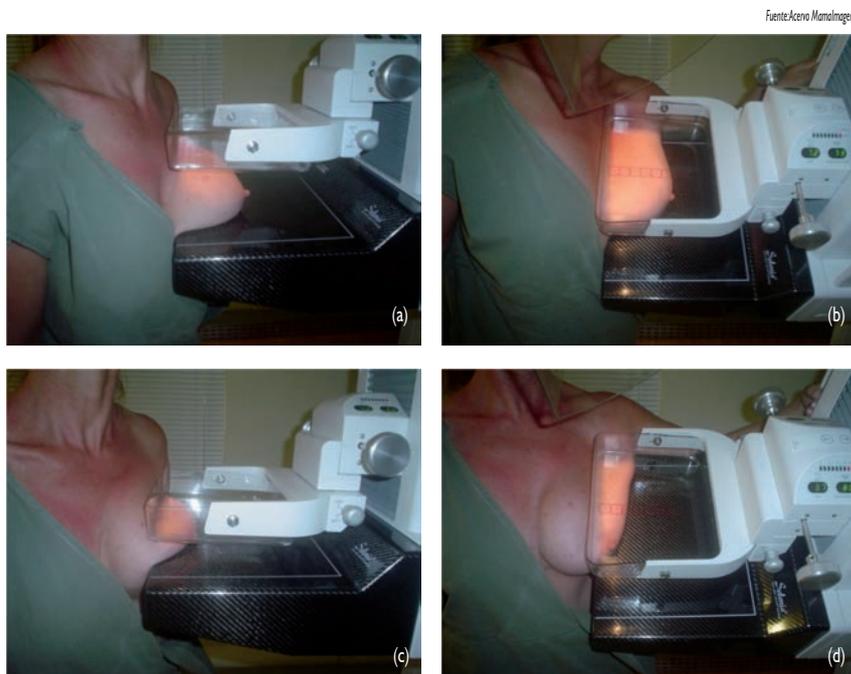


Figura 84. Maniobra de Eklund – posicionamiento

## 7.7. Posicionamientos especiales

Las técnicas conocidas hasta el momento se aplican a la gran mayoría de los pacientes sometidos a un examen mamográfico, pero existen situaciones donde las mismas sufren pequeñas modificaciones con el fin de garantizar una imagen con calidad diagnóstica y de alguna manera beneficiar al paciente.

Vea las indicaciones, caso a caso.

### 7.7.1. Pacientes con tórax excavado o portadores de marcapaso

La proyección oblicua lateromedial es una opción, pero, debemos darle preferencia a las proyecciones comunes.

### 7.7.2. Pacientes del sexo masculino, o con mamas pequeñas, o con cifose acentuada

La proyección caudocraneal puede substituir a la cráneocaudal.

### 7.7.3. Pacientes gestantes

Aun cuando los cálculos de exposición a la radiación en el útero, utilizando un equipo de mamografía, sugieren que no existe virtualmente ninguna radiación llegando al feto, la mamografía debe realizarse solamente en caso de que haya sospecha de cáncer. Aun cuando la mamografía sea indicada, es aconsejable cubrir el abdomen de la gestante con un delantal plomado durante el procedimiento y tranquilizarla sobre los posibles efectos carcinogénicos de la radiación.

### 7.7.4. Pacientes lactantes

No existe contraindicación de la mamografía durante la lactancia materna. Sin embargo, durante la lactancia es aconsejable no realizar el tamizaje, ya que la densidad mamaria aumenta significativamente en este período, disminuyendo así la sensibilidad del método para la detección del cáncer.

### 7.7.5. Pacientes que no pueden permanecer en pie

En este caso, es conveniente realizar la mamografía con la paciente sentada.

### 7.7.6. Pacientes en edad fértil

Antes de comenzar el exámen, pregunte sobre la posibilidad de la paciente estar embarazada. Mujeres en el período premenstrual pueden tener una mayor sensibilidad en las mamas, lo que dificulta la compresión. En este caso, es recomendable la realización de la mamografía de tamizaje después del período menstrual.

### 7.7.7. Pacientes jóvenes (edad entre 25 y 35 años)

La mamografía deberá ser realizada en una única proyección, que consiste, básicamente, en una proyección oblicua mediolateral bilateral. En casos muy específicos y de alta sospecha, pueden incluirse otras proyecciones, como la cráneocaudal. Debe evitarse la realización de la mamografía antes de los 25 años, debido al aumento del riesgo asociado a la exposición de radiación ionizante en personas jóvenes.

### 7.7.8. Pezón mamario para arriba (cervical) o para abajo (abdominal)

Muchas veces, el posicionamiento de pacientes con el pezón apuntando para arriba (Figura 85a) o para abajo (Figura 85b), es bastante complicado debido a la necesidad de que el mismo esté correctamente orientado. De esa forma, es conveniente colocar un artefacto metálico sobre el mismo antes de realizar la mamografía, para identificarlo en la imagen. Lo principal es que nunca se sacrifique la imagen mamaria tratando de posicionar el pezón paralelo al detector.

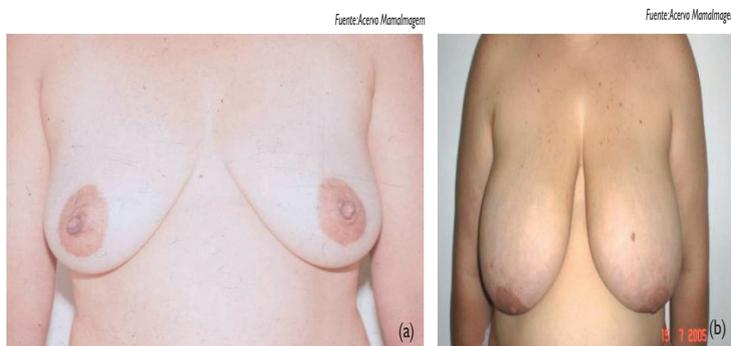


Figura 85. (a) Pezón apuntando hacia arriba y (b) mama muy grande con el pezón apuntando hacia abajo

### 7.7.9. Pacientes altas y delgadas, obesas y bajas

En las pacientes altas y delgadas, la proyección mediolateral oblicua deberá realizarse con un ángulo más acentuado (Figura 86). En las pacientes más obesas y bajas, la posición del tubo debe ser más horizontal. Es importante recordar que el porta chasis siempre debe mantenerse lo más paralelo posible a la musculatura pectoral.



Figura 86. Gantry angulado

### 7.7.10. Pacientes con torax arqueado (pecho de paloma), portadores de cateter implantado (port-a-cath) y marcapaso cardiaco

Realizar la mamografía normalmente, pero teniendo cuidado de no dañar al paciente. En el caso del marcapaso, se debe estar muy atento al hecho de que el mismo se mueva. En caso de que suceda, no se debe realizar el exámen y se debe pedir a la paciente que entre en contacto con su cardiólogo. Si el marcapaso se mantiene fijo, ejecute el posicionamiento normalmente. Una opción es la proyección lateromedial oblicua (Figura 87).



Figura 87. Proyección lateromedial oblicua

### 7.7.11. Pacientes con dificultades para levantar el brazo

Realizar la proyección cráneo-caudal y una mediolateral a 90 grados. En estas pacientes, la no inclusión de la región axilar es dispensable.

### 7.7.12. Posicionamiento de la mama masculina

#### Realizando el exámen:

- La mama masculina puede posicionarse de la misma forma que la mama femenina.
- En la práctica diaria, prefiera la proyección mediolateral a 90 grados en vez de la oblicua mediolateral (Figura 88), porque la musculatura del hombre es muy prominente y, en consecuencia, si la fotocélula lee esta musculatura, el tejido mamario saldrá superpuesto.
- Otra opción sería realizar la proyección caudocraneal (Figura 88) en lugar de la cráneo-caudal, con el objetivo de exponer mayor cantidad de tejido.

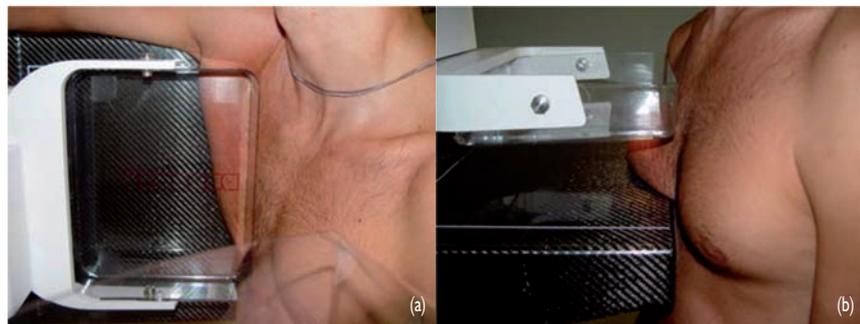


Figura 88. Posicionamiento de la mama masculina: (a) proyección mediolateral a 90 grados y (b) proyección caudocraneal

**Nota:** en el caso de que alguna anomalía sea detectada en las proyecciones de rutina, las mismas proyecciones complementarias utilizadas en las pacientes femeninas pueden ser indicadas para el sexo masculino.

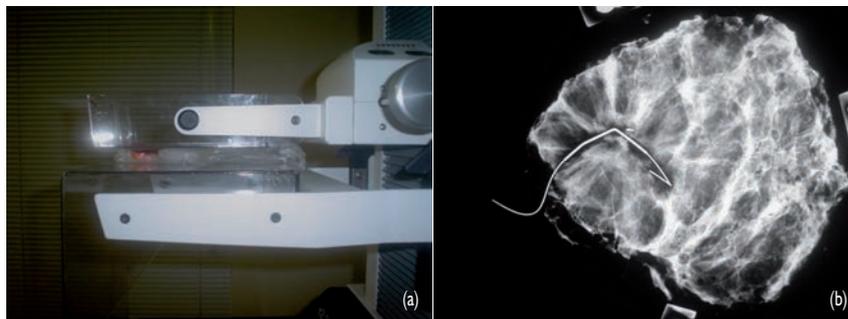
### 7.7.13. Postmastectomía

La utilidad de realizar una mamografía del lado post mastectomizado es polémica. Quienes recomiendan este procedimiento sugieren realizar una proyección oblicua mediolateral de la piel sobre el local de la mastectomía (de ser posible) y una proyección complementaria de algún área de interés si necesario.

### 7.7.14. Radiografía de la pieza quirúrgica

Las lesiones no palpables, identificadas en la mamografía y que necesitan de cirugía deben ser localizadas en el preoperatorio. Una vez realizada la exéresis, se obtienen radiografías de la pieza quirúrgica con la finalidad de confirmar la retirada de la lesión para el análisis

histológico. Si la lesión es maligna (diagnóstico previo a través de la biopsia percutánea) y se extiende hasta el margen de la pieza, o con un margen tumoral libre inferior a 10 mm, es necesario solicitar al cirujano escisión quirúrgica adicional en el margen comprometido (Figuras 89a y b).



**Figura 89.** (a) Después de retirar quirúrgicamente la lesión, se deben realizar proyecciones ampliadas ortogonales de la pieza quirúrgica, de frente y de lado. Siempre que la misma cubra toda la célula fotoeléctrica, se podrá usar el control automático de exposición. (b) Radiografía de la pieza quirúrgica realizada para confirmar la retirada de la lesión

En general, se realizan dos radiografías del espécimen quirúrgico con compresión selectiva ampliada en proyecciones ortogonales, de frente y de lado.

El uso del control automático de exposición es permitido desde que el espécimen cubra toda la fotocélula. La compresión siempre debe ser aplicada, una vez que iguale las diferencias entre los espesores, reduce la radiación dispersa y separa las estructuras superpuestas.

Debe indicarse al patólogo, el área de interés en el espécimen quirúrgico, con la finalidad de facilitar su trabajo y eliminar la posibilidad de pasarla por alto.

En ocasiones, la evaluación de una lesión extraída puede no ser posible mediante la radiografía de la pieza quirúrgica. En estos casos, es útil repetir la mamografía después de la cirugía para, de esa forma, confirmar la retirada completa de la lesión.

Hasta aquí, hemos llegado a un nivel del curso donde el técnico ha recibido todas las informaciones y los conocimientos esenciales para realizar con habilidad los exámenes de mamografía, desde el más simple hasta el caso más complicado. En el próximo capítulo, veremos otra tarea muy importante del técnico: el control de calidad. Es a través del mismo que el técnico consigue mantener la calidad de su trabajo en un nivel elevado.

## Referencias

BAUAB, S. P. Mamografía digital: um caminho sem volta. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. III-IV, 2005.

BIRDWELL, R. L. et al. **Mama – os 100 principais diagnósticos**. Série Radiologia Clínica, 1ª ed.

CARDENOSA, G. Positioning and problem solving. In: \_\_\_\_\_. **Breast Imaging Companion**. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997. p. 46-91.

CARDENOSA, G. Procedimientos Intervencionistas. In: \_\_\_\_\_. **Imagenología Mamária**. Buenos Aires: Journal, 2005. p. 372-378.

DUARTE, D. L. **Curso de formação e treinamento em radiologia da mama**. Disponível em: <<http://www.saintpastous.org.br/pages/bannerSGR.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

FERREIRA, A. B. H. **Mini Aurélio**: o dicionário da língua portuguesa. 6. ed. Curitiba: Positivo, 2004.

HEINLEIN, R. W.; BASSET, L. W. Posicionamento. In: BASSET, L. W. et al. **Enfermidades da mama**: diagnóstico e tratamento. Rio de Janeiro: Revinter, 2000. p. 43-65.

HEYWANG-KÖBRUNNER, S. H. et al. Posicionamento e compressão. In: HEYWANG-KÖBRUNNER, S. H. et al. **Mama**: diagnóstico por Imagem: correlação entre mamografia, ultrasonografia, ressonância magnética, tomografia computadorizada e procedimentos intervencionistas. Rio de Janeiro: Revinter, 1999. p. 11-80.

KENNEDY, A.; BERG, W. A. Mammography: positioning. In: BERG, W. A. et al. **Diagnostic imaging**: breast. Salt Lake City: Amirsys, 2006. p. 112-115.

KOPANS, D. B. Posicionamento mamográfico. In: \_\_\_\_\_. **Imagem da mama**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1998. p. 171-209.

MARANHÃO N. Arte do posicionamento mamográfico. In: PASQUALETTE, H. A et al. (Ed.). **Mamografia atual**. Rio de Janeiro: Revinter, 1998. p. 69-87.

MUIR, B. B. et al. Oblique-view mammography: adequacy for screening. **Radiology**, Easton, v. 5, n. 1, p. 39-41, 1984.

OLIVEIRA, L. C. G. **Estimativa do Kerma no ar na superfície de entrada em exames mamográficos**. 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

PEARSON, K. L. et al. Efficacy of step oblique mammography for confirmation and localization of densities seen on only one standard mammographic view. **American journal of roentgenology**, Springfield, v. 174, n.3, p. 745-752, 2000.

SICKLES, E. A. et al. Baseline screening mammography: one vs two views per breast. **American journal of roentgenology**, Springfield, v. 147, n. 6, p. 1149-1153, 1986.

### Artículos recomendados

AGUILLAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. **Mama Diagnóstico por Imagem**. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. (Capítulos 7, 13, 14, 18 a 20).

SANTOS, A. **Física Médica em Mamografia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010. (capítulo 17).

## CAPÍTULO 8 - CONTROL DE CALIDAD EN MAMOGRAFÍA

### 8.1. Importancia de las pruebas de control de calidad

Una vez que ya se vió y aprendió todos los aspectos referente a como obtener una imagen de buena calidad con el mamógrafo, se debe explorar los medios para garantizar que esta calidad se mantenga todo el tiempo. Con este objetivo, será visto, en este capítulo, algunas pruebas de control de calidad que pueden ser realizadas por el técnico en mamografía durante su trabajo diario.

Las pruebas que serán realizadas como tareas prácticas para la evaluación de este módulo son una selección de un conjunto mayor de pruebas que están plasmadas en el Decreto n° 453/98 de la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (Anvisa) y otros protocolos de entidades internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Las tareas a realizar incluyen desde procedimientos para el control de calidad en los sistemas convencionales (película-pantalla intensificadora) (Figura 90a) hasta los sistemas digitales CR (Figura 90b) y DR.

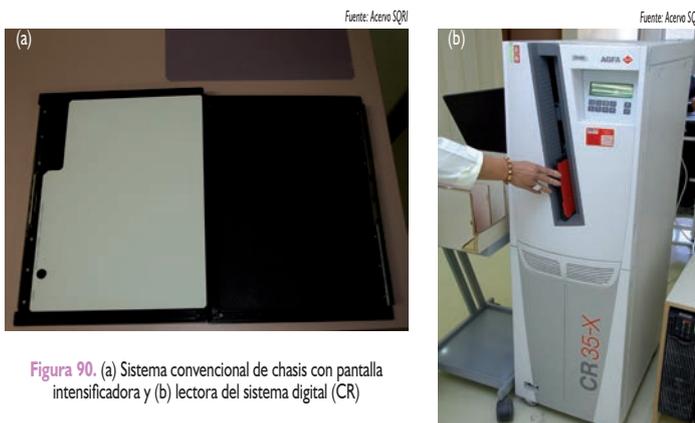


Figura 90. (a) Sistema convencional de chasis con pantalla intensificadora y (b) lectora del sistema digital (CR)

En caso de dificultades para realizar las pruebas aquí indicadas, consulte al Físico Médico de su servicio, pues este profesional tiene conocimientos para la realización de los mismos e incluso otros procedimientos más complejos que forman parte del Programa de Garantía de Calidad. De seguro, él compartirá con usted los conocimientos necesarios, que le permitirá, futuramente, ayudarlo en las tareas de control de calidad.

### 8.2. Verificación física de los equipamientos

El objetivo de esta inspección es verificar mensualmente el funcionamiento eléctrico y mecánico del mamógrafo.

En esta prueba, debe verificarse:

- todos los bloqueos del equipamiento (Figura 91a y b);
- integridad del equipamiento y de las bandejas de compresión;
- funcionamiento adecuado de los comandos en el Panel de Control (Figura 92);
- integridad física de los cables, que pueden estar partidos y/o torcidos.

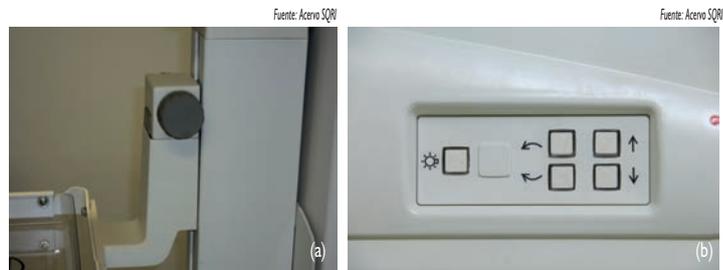


Figura 91. (a) Control y bloqueo de la bandeja de compresión. (b) Controles y bloqueos de los movimientos del mamógrafo



Figura 92. Panel de control del mamógrafo

Cuando algunos de los movimientos o controles del equipo no estén funcionando correctamente, se debe llamar rápidamente al personal de mantenimiento para una reparación inmediata.

Si el problema es en el generador o en el sistema de compresión, los exámenes sólo deben realizarse después que el problema sea solucionado.

Piezas rotas deben ser substituidas lo más rápido posible y nunca usar las bandejas de compresión si presentan roturas o rajaduras.

### 8.3 Almacenamiento de películas radiográficas y reactivos químicos

Realizado mensualmente y/o a cada restitución o cambios en la ubicación de los materiales, el objetivo de esta prueba es verificar si las películas mamográficas y los reactivos químicos utilizados en el procesamiento están almacenados adecuadamente.

Debe verificarse: la temperatura y la humedad del local de almacenamiento.

La temperatura y la humedad pueden medirse con el uso de un termohigrómetro instalado en el local de almacenamiento (Figura 93).



Figura 93. Termohigrómetro digital

Las cajas con las películas radiográficas deben mantenerse siempre en posición vertical (para evitar artefactos en las películas) y en orden cronológico para su utilización en función de la fecha de vencimiento (Figura 94a y b).



Figura 94. (a) Películas almacenadas de forma adecuada. (b) Películas almacenadas de forma incorrecta

Las cajas con los productos químicos deben ser almacenadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante, en orden cronológica y según su fecha de vencimiento.

Deben observarse las condiciones ambientales de temperatura y humedad recomendadas por los fabricantes de las películas radiográficas y reactivos químicos. Si el local de almacenamiento no cumple con las condiciones exigidas deberá ser adaptado, de no ser posible, otro local que cumpla con las exigencias deberá ser contemplado.

## 8.4 Cuarto oscuro

Diariamente antes de comenzar el servicio, se debe limpiar el cuarto oscuro de forma que se minimice la posibilidad de artefactos en las películas. El polvo presente en el cuarto oscuro emigra fácilmente para el interior de los chasis durante su manipulación, comprometiendo así, la calidad de la imagen en las mamografías.

Por este motivo, los grandes conductos de ventilación (Figura 95), las luces de seguridad y las paredes deben limpiarse por lo menos una vez por semana, así como las superficies de trabajo y la bandeja que recibe la película en la procesadora. Asegurese de que el piso del cuarto oscuro también esté limpio.

Los chasis que se utilizan en los exámenes deben estar limpios y sin manchas. Las pantallas intensificadoras en el interior de los chasis deben limpiarse periódicamente y siempre que algún artefacto sea encontrado. Esta limpieza debe realizarse superficialmente con un pincel y en un área limpia del cuarto oscuro, por ejemplo, la meseta de trabajo (Figura 96).



Figura 95. Extractor del cuarto oscuro necesitando de una limpieza



Figura 96. Técnica limpiando el chasis con un pincel

Una vez realizada la limpieza, las pantallas deben ser inspeccionadas con luz ultravioleta para confirmar la ausencia de polvo, pelusas, estriados o marcas. De encontrarse algún rastro de suciedad, la pantalla deberá limpiarse con una solución recomendada por el fabricante y utilizando un paño que no suelte pelusas. En este caso, los chasis deben colocarse parcialmente abiertos y en la posición vertical, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Así como en las pantallas intensificadoras, la presencia de polvo o arañazos en las placas de imagen CR producen artefactos inaceptables en la realización imágenes diagnósticas. Las mismas deben limpiarse con un paño que no suelte pelusas y una solución recomendada por el fabricante, posteriormente, también deben inspeccionarse con una luz ultravioleta.

La temperatura, la humedad y las condiciones de ventilación en el cuarto oscuro también deben ser verificados periódicamente. Lo ideal es que exista un termohigrómetro en la sala (con una planilla para el registro de los valores diarios) y un sistema de extracción funcionando de forma continua.

En el cuarto oscuro deben respetarse los valores de tolerancia para la temperatura (entre 15 °C y 21 °C) y la humedad (entre 30% y 70%) y no debe existir olores perceptibles de los reactivos químicos para el revelado (lo que sería un indicio de deficiencias en la circulación de aire). En el caso de que no se cumplan estas condiciones, el sector de mantenimiento o la ingeniería clínica del servicio, deben ser comunicados para que realicen las posibles correcciones.

Otros dos aspectos de vital importancia en el cuarto oscuro son: la luz del local y la luz de seguridad. Cualquier fuente de luz en el cuarto oscuro puede velar las películas, incluso la propia luz de seguridad si se encuentra mal posicionada (a menos de 1,20 m y/o virada para la meseta de trabajo), utilizando un filtro inadecuado y/o utilizando una lámpara con alta potencia (> 15 W).

Para inspeccionar una posible entrada de luz en el cuarto oscuro, apague todas las luces del local y espere un tiempo para acomodar la visión. Pasado ese tiempo, procure por posibles entradas de luz a través de puertas, procesadora, ventanas o transfer, extractores y el techo. Existiendo cualquier entrada de luz, procure sellarla antes de continuar.

Con oscuridad total, coloque una película (si va a utilizar más de una película, repita el procedimiento para cada una) sobre la meseta de trabajo, siempre con la capa de emulsión volteada para cima. Cubra la mitad de la película con un papel o algún material opaco y encienda las luces de seguridad.

Pasados 2 minutos, revele la película radiográfica y mida con un densímetro, la densidad óptica en los dos lados, el cubierto y el expuesto. La diferencia entre las dos densidades ópticas medidas debe ser menor o igual a 0,05. Si el valor resulta mayor que 0,05, se debe verificar el filtro de la luz de seguridad (Figura 97a), la proximidad de la luz de seguridad en relación a la meseta de trabajo (Figura 97b), la potencia de la lámpara, las luces indicadoras (de la procesadora, teléfonos móviles etc.) y las entradas de luz.

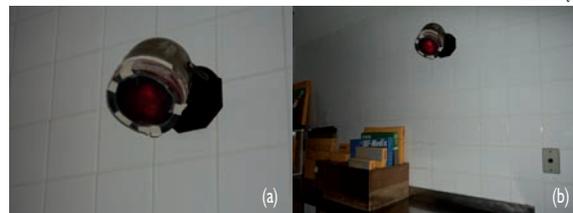


Figura 97. (a) Luz de seguridad en detalle y (b) posición de la luz de seguridad en el cuarto oscuro

## 8.5 Temperatura del revelador y la sensitometría

La temperatura del revelador debe verificarse todos los días, en el mismo horario, antes de realizar la sensitometría, con un termómetro digital de inmersión (Figura 98). Se enciende la procesadora y espera el tiempo necesario para que la temperatura de la misma se estabilice (alrededor de 30 min). La temperatura no debe variar más de un 1 °C que la recomendada por el fabricante de la película.

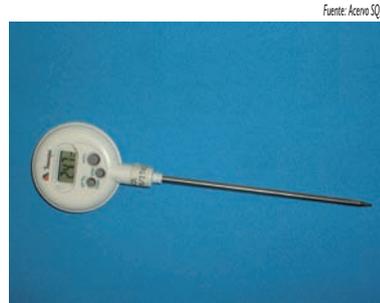


Figura 98. Termómetro digital de inmersión

Si la temperatura de la procesadora está fuera del límite de aceptación, se debe enviar para mantenimiento y ajustes necesarios

Así como la verificación de la temperatura, la sensitometría debe realizarse diariamente, en el mismo horario y antes del inicio de cualquier exámen. De esta forma, se garantiza el funcionamiento estable de la procesadora.

Para establecer los niveles iniciales de operación, comience limpiando la procesadora y los tanques de mezcla y reposición de los reactivos químicos. Prepare el revelador y el fijador siguiendo las recomendaciones del fabricante, colocando las soluciones ya listas en la procesadora. En caso de ser necesario, mezcle la solución inicial con el revelador del recipiente de reposición, disminuyendo, de esa forma, su actividad.



Figura 99. Procesadora y bandeja de entrada

Exponga la cara emulsionada de la película al sensitómetro (verificando que la luz emitida por él sea verde) y colóquelo en la bandeja de entrada de la procesadora (Figura 99) siempre orientado en el mismo sentido (lado con la emulsión para arriba y el eje menor perpendicular a la dirección de entrada).

La película revelada, tendrá diferentes grados de densidad óptica. Verifique en la misma la ausencia de artefactos, caso encuentre alguno, repita el procedimiento.

Realice la sensitometría (Figura 100a) durante cinco días consecutivos. Después del quinto día, mida con un densitómetro (Figura 100b) los diferentes valores de densidad óptica

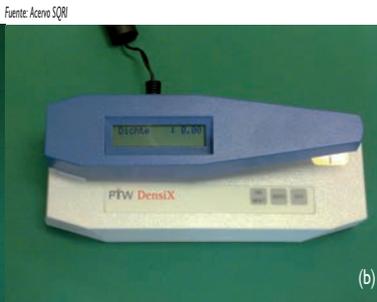


Figura 100. (a) Sensitómetro y (b) densitómetro



Figura 101. Película de prueba sensitométrica observada en un negatoscopio

punto a punto (escala) de cada una de las cinco películas de prueba utilizadas (Figura 101). Coloque los resultados en una planilla y calcule el promedio de densidad óptica para cada escala obtenida en las cinco películas.

Procure, en su planilla, la escala con densidad óptica promedio, lo más próximo posible a (pero nunca menor que) 1,20. Esta escala, así como su densidad óptica, será la referencia para el índice de velocidad de la película, debiendo comparar este valor con el que se obtiene diariamente.

Seguidamente, busque la escala con densidad óptica por encima o lo más próxima de 2,20. Esta será la escala de alta densidad y la diferencia entre este valor y el índice de velocidad da el valor de referencia para el contraste de la película. Como alternativa para el valor de referencia del contraste, se puede seleccionar también el valor de densidad óptica que está cuatro veces por encima de la escala referente a la velocidad (densidad óptica por encima de 3,40).

El valor promedio de la densidad óptica de la primera escala (o cualquier área no expuesta de la película) será el valor de “base y velo”, que servirá como referencia para las comparaciones diarias.

Una vez establecidas las tres escalas (“base y velo”, velocidad y alta densidad o contraste), la sensitometría puede realizarse diariamente, comparando los valores obtenidos en la rutina con los de referencia. En el Cuadro 5, son mostrados los valores de tolerancia para efectos de comparación:

Cuadro 5. Tolerancia para las propiedades fundamentales de las películas

Parámetro	Aceptable*	Deseado*
<b>Base y velo (B+V)</b>	≤ 0,25	≤ 0,21
<b>Velocidad (S)</b>	≥ Nivel inicial ± 0,15	≥ Nivel inicial ± 0,10
<b>Alta densidad (AD)</b>	≥ Nivel inicial ± 0,15	≥ Nivel inicial ± 0,10
<b>Escala de contraste (C)</b>	≥ Nivel inicial ± 0,15	≥ Nivel inicial ± 0,10

\*Observe que los valores mínimos para B+V, S AD y C son respectivamente: 0,25; 1,20; 2,20 y 3,40. Por lo tanto, en este caso, el valor de tolerancia debe sumarse al valor base, y nunca sustraerlo.

Los valores de referencia deben revisarse siempre que existan cambios en las condiciones de operación de la procesadora o de las películas, que los hagan distanciarse considerablemente de los valores de rutina.

En el caso de que los valores medidos se encuentren fuera del intervalo de tolerancia, repita la prueba y verifique los mismos. Si la discrepancia continua manifestándose, investigue las posibles causas y resuelva el problema, repitiendo nuevamente la prueba, para confirmar la solución del problema.

Construya un gráfico con los valores diarios de “base y velo”, velocidad y contraste de la película, limitados por el intervalo de tolerancia (Figura 102). Observe si los valores del gráfico muestran alguna tendencia (tres o más valores que se desplacen en una misma dirección). Aun cuando se manifieste alguna tendencia, si los puntos se mantienen dentro del límite de tolerancia, los exámenes pueden ser realizados. Tenga siempre presente la importancia de acompañar este comportamiento, determinando las causas de origen y corrigiéndolas cuando necesario.

Para las impresoras de películas en los equipos digitales, se debe realizar un procedimiento de densitometría similar (Figura 103). En este caso, los niveles iniciales de funcionamiento serán determinados por el físico médico de su servicio, siempre dentro de las pruebas de aceptación de la impresora. De forma alternativa (y siempre que sea necesario), el técnico puede definir nuevos niveles de operación (siempre orientado por el físico médico del servicio) de modo similar al procesamiento convencional.

Como no es posible (y carece de sentido) el uso del sensitómetro, la mayoría de las impresoras de películas están programadas para imprimir una guía sensitométrica así que son encendidas. Esta guía debe ser impresa durante cinco días consecutivos y los valores de “base y velo”, “velocidad” y “contraste” deberán ser determinados al igual que en el sistema convencional.

Fuente: Acervo SQRI

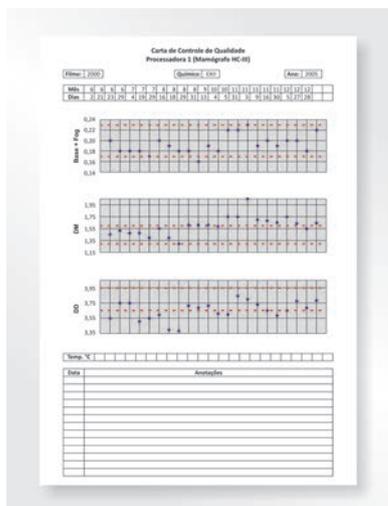


Figura 102. Ejemplo de planilla de control de la sensitometría con gráficos actualizados diariamente

Fuente: Acervo SQRI

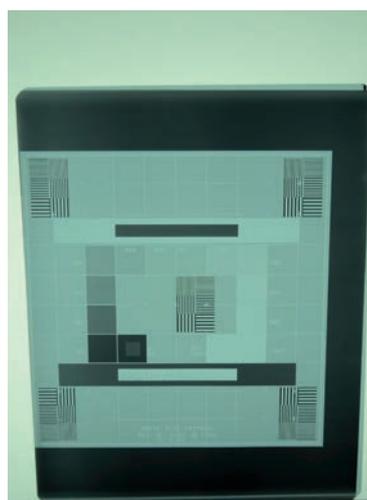


Figura 103. Película de control de calidad para la impresora de sistemas digitales en mamografía

Los límites para los valores de las escalas de la guía sensitométrica de la impresora son los mismos utilizados por la procesadora de películas convencionales. En caso de que algún problema sea detectado, debe llamarse al sector de mantenimiento para que realice los ajustes necesarios.

En el Cuadro 6, son mostradas las causas más probables de los problemas encontrados en la sensitometría durante el procesamiento de las películas.

**Atención:** nunca pase nuevamente una película ya revelada por la procesadora. Puede contener residuos de fijador y así contaminará la solución reveladora, comprometiendo la calidad del procesamiento.

Cuadro 6. Causas más probables de los problemas encontrados durante la sensitometría

Escala sensitométrica	Tendencia	Aspecto general de la mamografía	Probables causas
Base + velo	Aumenta	Densidad general de la imagen muy alta	Temperatura del revelador muy alta; tiempo excesivo de revelado; sobrerrevelada; error en la preparación del revelador
Velocidad	Aumenta		
Contraste	Aumenta		
Base + velo	Disminuye	Densidad general de la imagen muy baja	Temperatura del revelador muy baja; tiempo corto de revelado; subrevelada; error en la preparación del revelador
Velocidad	Disminuye		
Contraste	Disminuye		
Base + velo	Aumenta	Imagen con poco contraste, con velamiento y densidad promedio normal	Revelador sucio; baja reposición del fijador; tanque de agua vacío
Velocidad	Constante		
Contraste	Disminuye		
Base + velo	Aumenta	Imagen con poco contraste, gris, con velamiento y densidad promedio muy alta	sobrerrevelada; baja eficiencia del fijador o pérdida del revelador; error en la preparación del revelador
Velocidad	Aumenta		
Contraste	Disminuye		
Base + velo	Aumenta	Imagen con poco contraste, con velamiento, muy clara, y posible tonalidad marrón	Revelador sucio o revelador oxidado por el fijador
Velocidad	Disminuye		
Contraste	Disminuye		
Base + velo	Constante	Imagen con poco contraste y tal vez un poco clara	Subrevelada; error en la preparación del revelador
Velocidad	Disminuye		
Contraste	Disminuye		

## 8.6. Artefactos durante el procesamiento

Semanalmente, se debe realizar una verificación de la imagen de un simulador antropomórfico de la mama con 45 mm de espesor de **PMMA** o su equivalente (Figura 104), libre de imperfecciones, para evaluar si el mamógrafo, el chasis o la procesadora introducen artefactos en la imagen.

Realice una imagen del simulador con dos chasis diferentes y en excelentes condiciones de uso, usando el CAE o una técnica radiográfica que genere una imagen con densidad óptica ligeramente superior a 1,20. Las películas deben revelarse en condiciones iguales a la de las imágenes clínicas, siempre orientadas perpendicularmente a la bandeja de entrada de la impresora. Inspeccione las películas reveladas procurando por marcas del rodillo de la procesadora, manchas o cualquier otro tipo de artefacto (Figura 105).

Fuente: Acevo SQRI

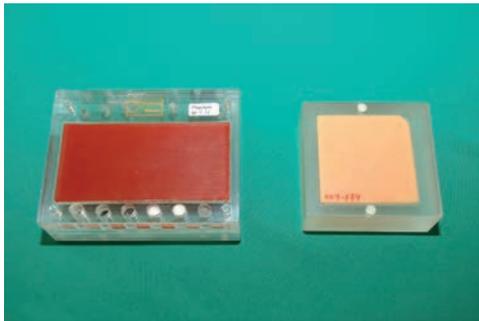


Figura 104. Simuladores radiográficos utilizados para verificar la calidad de la imagen en mamografía

Fuente: Acevo SQRI

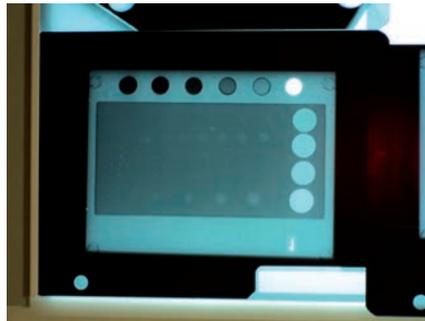


Figura 105. Imagen de un simulador radiográfico utilizado en mamografía

En el caso de encontrar algún artefacto (marca de la rejilla, puntos brillantes, rasguños, rajaduras, manchas, trechos de baja o alta densidad o marcas del rodillo) en cualquier parte de la película, se debe considerar la gravedad de los mismos antes de dar continuidad a los exámenes.

Si se detectan en la película daños, como rajaduras, arañazos, manchas y puntos brillantes, el problema puede estar en la limpieza de los chasis o de la placa de imagen (sistemas CR), en la pantalla intensificadora, en el sistema de lectura (sistemas CR), en la procesadora o en el cuarto oscuro. Ejecute la limpieza de estos componentes y repita el procedimiento. Si el problema persiste, analice otras causas para estos artefactos antes de descartar el chasis.

Si aparecen marcas de la rejilla, probablemente el problema fue provocado por el mal funcionamiento de la rejilla antidifusora. En este caso, entre en contacto con el equipo de mantenimiento del mamógrafo.

Si las marcas en la película son del rodillo o de manchas causadas por el procesamiento (Figura 106), contacte al equipo de mantenimiento de la procesadora.



### PMMA -

polimetilmetacrilato (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>), también conocido como acrílico. Posee varios nombres comerciales, entre ellos: Lucite, Plexiglas y Perspex.

Fuente: Acervo SQRI

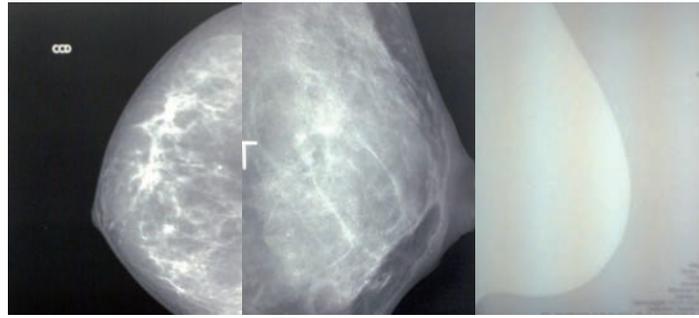


Figura 106. Imágenes rechazadas por contener artefactos

En los mamógrafos digitales, la verificación de artefactos en la imagen se realiza de forma similar. Debe realizarse la imagen de un simulador (o placas) de PMMA con una grosura de 45 mm, para todos los filtros usados clínicamente. En caso que sea necesario, realizar la imagen también para el filamento fino y la magnificación (Figura 107).

El simulador (o las placas) no debe tener ningún arañazo o cualquier otra imperfección que provoque artefactos en la imagen. El mismo será posicionado sobre el soporte de la mama, centrado lateralmente y sobrepasando ligeramente el borde de la pared torácica del receptor de imagen. Toda vez que se realice esta prueba, el sensor del CAE debe estar debajo del objeto de prueba y siempre en la misma posición.

Las imágenes deben adquirirse con las mismas técnicas radiográficas utilizadas en la rutina (o con el CAE, si el mismo es utilizado). Para la evaluación, serán utilizadas las imágenes en bruto. Si los exámenes de los pacientes son interpretados en monitores digitales, las imágenes deben ser evaluadas en la estación de trabajo, con el ancho y nivel de ventana recomendados por el físico médico.

Se debe inspeccionar las imágenes, procurando la presencia de artefactos, no uniformidades, manchas, marcas verticales blanquecinas y píxeles defectuosos. Los artefactos grandes se visualizan mejor cuando la imagen se exhibe en la pantalla toda, mientras que los artefactos pequeños deben inspeccionarse utilizando la resolución espacial máxima (*pixel* de la pantalla = *pixel* de la imagen), o magnificando la imagen.

La imagen debe estar siempre libre de artefactos significativos, manchas, píxeles defectuosos y regiones con la textura alterada (imagen con ruido no uniforme o muy elevado). En el caso de los sistemas digitales, cualquier artefacto que pueda imitar o oscurecer la información anatómica, así como la presencia de curvas o líneas diagonales (*aliasing*) en las imágenes, implicará necesariamente en la recalibración de los detectores.

El físico médico del servicio y el radiólogo responsable deben ser informados sobre los problemas encontrados, para que puedan determinar su naturaleza y gravedad o sea, si hay reducción apreciable de la calidad de la imagen, y en consecuencia investigar las causas del problema.

Fuente: Acervo SQRI



Figura 107. Posicionamiento de placas de acrílico para pruebas

## 8.7 Contacto película-pantalla intensificadora y el sellado del chasis

Estas pruebas deben realizarse de seis en seis meses, o siempre que surja algún artefacto o algún velamiento en las imágenes, de forma que se pueda comprobar si los chasis todavía están en condiciones de uso.

En el caso de que exista aire preso entre la pantalla intensificadora y la película en el momento de la irradiación, surgirá una mancha oscura (velamiento) en la región donde el contacto entre la pantalla y la película fue pobre. Para evitar este tipo de artefacto, se recomienda, siempre que los chasis estén aptos para el uso, esperar unos 15 minutos después de cargados para ser utilizados.

Para realizar esta prueba, se debe someter todos los chasis sospechosos a una exposición, sobre el soporte de la mama, con un objeto de prueba que cubra todo el chasis. Este objeto de prueba está compuesto por una rejilla metálica fina (radiopaca) (Figura 108), específica para mamografía, diferente de la utilizada para radiología general. La imagen de esa rejilla debe mostrarse uniforme una vez revelada la película.

La exposición debe ser suficiente para generar una densidad óptica entre 1,50 y 2,00. Este intervalo de densidad proporciona un gradiente adecuado que facilita la detección de áreas donde el contacto película-pantalla es pobre. Las películas deben ser evaluadas en negatoscopios (aprobados en sus respectivas pruebas de calidad) buscando manchas oscuras, verificando su tamaño y posición.

Los chasis cuyas películas presenten más de cinco manchas con hasta 1 cm de diámetro no deben ser más utilizados para uso clínico.

## 8.8 El control automático de exposición (CAE)

Como ya fue explicado anteriormente, el CAE es un sistema muy útil para la producción de imágenes con calidad diagnóstica y bajas dosis para el paciente, cuando utilizado de forma adecuada y funcionando correctamente. Se debe probarlo en dos aspectos fundamentales: en su constancia, que permite obtener la misma densidad óptica bajo las mismas condiciones de exposición; y de su compensación por el espesor, lo cual permite producir una misma densidad óptica para diferentes espesores de la mama, cuando se varía la técnica radiográfica.

La densidad óptica del índice de contraste debe estar en el intervalo entre 1,50 y 1,90 (teniendo en consideración factores como el tipo de película en uso). Esta densidad óptica debe ser medida siempre en la misma posición (a 40 mm de la pared torácica, centralizado lateralmente) y la imagen debe hacerse utilizando siempre el mismo chasis (de uso clínico regular) para las dos pruebas.



Figura 108. Radiografía de la rejilla metálica utilizada en las pruebas de contacto pantalla-película

Debe establecerse un determinado valor de mAs, necesario para obtener una densidad óptica de interés como referencia para futuras consultas.

La prueba se realiza posicionando las placas de PMMA con una espesura total de 45 mm sobre el soporte de la mama, sobrepasando levemente el borde de la pared torácica (Figura 109). El sensor del CAE debe estar en la posición central y sus parámetros de operación son seleccionados de la misma forma que en la rutina clínica (que depende de cada tipo de equipamiento) para este espesor de mama.

Fuente: Acervo SQR



Figura 109. Montaje experimental para la verificación del CAE

La película revelada después de la exposición debe estar libre de artefactos y mostrar una densidad óptica en el punto de medida igual a la deseada, con una tolerancia de  $\pm 0,2$  ( $\pm 0,15$  sería el ideal). El valor del mAs utilizado por el CAE debe ser de  $\pm 10\%$  del valor de referencia. Las no conformidades deben ser comunicadas al equipo de mantenimiento para las devidas acciones correctivas.

Mensualmente, se debe generar tres imágenes, una para cada espesor de PMMA (20, 45 y 70 mm), con la finalidad de verificar la compensación del sistema CAE. Deben utilizarse marcadores radiopacos para identificar las películas en el caso que no halla sido realizado de forma automática.

Las imágenes deben ser generadas con los parámetros de operación del CAE utilizados en la rutina clínica, para cada espesor. Las placas de PMMA deben estar alineadas con el margen de la pared torácica del soporte de mama y centralizadas lateralmente, cubriendo por completo el sensor del CAE, el cual debe estar en la posición central.

Si el CAE cambia la técnica radiográfica para las diferentes exposiciones, cambie discretamente el espesor de PMMA, aproximadamente en 5 mm, para obligar al sistema a seleccionar un espectro único y consistente, repitiendo la prueba.

La densidad óptica que se obtiene para cada espesor debe ser la de referencia (entre 1,50 y 1,90) dentro de un intervalo de  $\pm 0,20$  (deseable  $\pm 0,15$ ) y el mAs debe variar dentro de  $\pm 10\%$  del valor de referencia que fue asumido con antecedencia.

## 8.9 La calidad de la imagen

Con el fin de garantizar la calidad de la imagen mamográfica a nivel diagnóstico, se debe realizar, semanalmente, una prueba para evaluar si el desempeño del equipamiento permanece dentro de los niveles aceptables. Para eso, se genera una imagen de un simulador antropomórfico de la mama, con objetos de prueba que permitan evaluar las características de la imagen (simulador del American College of Radiology – ACR, simulador MAMA o similares) (Figura 105).

El simulador debe posicionarse sobre el soporte de la mama, alineado con la pared torácica y centrado lateralmente. El sensor del CAE debe estar debajo del simulador, como en la prueba del CAE (Figura 110). Se debe realizar una exposición (para cada tipo de película utilizada en el servicio) del simulador con una técnica radiográfica utilizada en la rutina clínica (combinación blanco/filtro, kVp, mAs, rejilla, control de densidad y modo de operación).

Fuente: Acervo SQ01

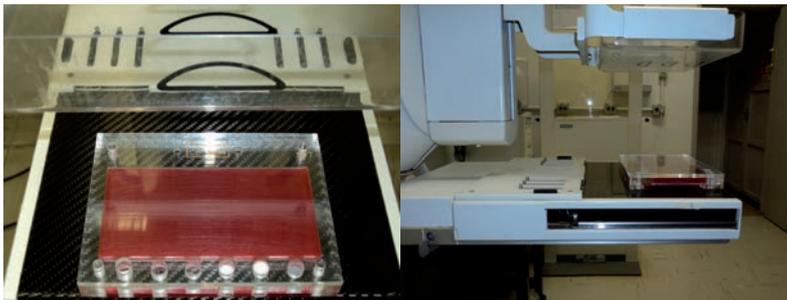


Figura 110. Simulador radiográfico posicionado para pruebas

La película (o las películas) producida, debe inspeccionarse en un negatoscopio de uso clínico, con una lente de aumento que permita una ampliación mínima de dos veces (es recomendable que la lente tenga un área con aumento de cuatro o cinco veces). Examine la imagen de acuerdo con el protocolo del simulador que está siendo utilizado, enfatizando la posible presencia de artefactos.

Debe observarse como mínimo las fibras de 0,75 mm de diámetro, las microcalcificaciones de 0,32 mm de diámetro, la masa de 6 mm de diámetro y 0,75 mm de espesor y el conjunto de rejillas (o el estándar de barras) correspondiente a 12 pares de líneas/mm; o lo que esté de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del simulador.

Si el índice de contraste empeora con el tiempo, otras pruebas deberán ser realizadas (kVp, CAE, procesamiento) para determinar la fuente del problema.

Debido al hecho de la prueba ser subjetiva (depende del observador), se recomienda que siempre sea realizada por la misma persona, utilizando los mismos criterios y condiciones de observación.

Para evaluar la calidad de la imagen en mamografía digital, debemos seguir un procedimiento diferente al utilizado en la mamografía convencional. En vez de utilizar el simulador antropomórfico, se usan placas de PMMA con un espesor total de 45 mm para obtener la imagen semanal.

Estas placas (o bloques) no deben tener arañazos o cualquier imperfección que puedan crear artefactos. Las placas deben posicionarse sobre el soporte de la mama de modo que cubran (preferiblemente) toda el área del receptor de imagen, centralizada lateralmente, y extendiéndose discretamente fuera del borde de la pared torácica.

Debe posicionarse sobre las placas un objeto de contraste (disco de PMMA con 2,5 cm de diámetro y 1 mm de espesor o un cuadrado de aluminio con 1 cm de lado y 0,2 mm de espesor), distante a 4 cm de la pared torácica, y lo más próximo posible de la línea central del detector, pero no quedando encima del sensor del CAE.

Exponga las placas (o el bloque) de PMMA y el objeto de contraste con una técnica radiográfica utilizada normalmente en la rutina clínica para una mama con este espesor (en general, el CAE). La imagen a ser evaluada, no debe someterse a cualquier tipo de procesamiento (imagen bruta).

Muestre la imagen en un monitor de la estación de trabajo de los radiólogos, usando el nivel y ancho de la ventana recomendado por el físico médico del servicio. Toda vez que se evalúe una nueva imagen, se debe utilizar los mismos valores del nivel y ancho de ventana ( $\pm 10$ ).

Utilice la resolución espacial máxima (*pixel* de la pantalla = *pixel* de la imagen), reduzca el ancho de la ventana hasta que el estándar del ruido (textura) sea evidente. Procure, en toda la imagen, variaciones en la cantidad de ruido y en la textura. La misma debe ser uniforme o al menos similar a la imagen que se obtuvo cuando las pruebas de aceptación del equipamiento.

Si la variación del ruido punto a punto cambia con el tiempo, el detector puede estar degradándose, causando, de esta forma, pérdidas de definición en la imagen. El físico médico o el radiólogo responsable deben ser informados para que evalúen el problema, determinando si existe o no disminución apreciable de la calidad de la imagen diagnóstica.

Si el sistema utilizado, ofrece la posibilidad de evaluar la imagen con el uso de región de interés (**ROI**, del inglés, *region of interest*), analice la imagen con el uso de esta herramienta.

Diseñe un ROI circular en su imagen que cubra (pero que no exceda) la mayor parte del área del objeto de contraste. Es importante que el ROI utilizado siempre tenga el mismo tamaño. Anote el valor promedio de píxeles en esa región y denomínelo como "A".

En una región adyacente al objeto de contraste, cree una ROI con igual tamaño al anterior y anote el valor promedio del pixel y su desviación estándar, y denomínelos como "B" y "C" respectivamente.

Calcule la diferencia relación señal-ruido (**SDNR**, del inglés, *signal differenc-to-noise-ratio*) usando los valores de A, B y C según la función:  $SDNR = |B - A| / C$ .

La SDNR también puede obtenerse a partir del *software* del sistema, si el mismo fue incorporado por el fabricante. Los valores encontrados no pueden tener una discrepancia mayor que 10% de los valores adoptados como referencia en las pruebas de aceptación del equipamiento.



#### ROI -

herramienta

encontrada en los sistemas digitales y que sirve para verificar propiedades de una región seleccionada en la imagen. En general, posee un formato circular o cuadrado que también puede ser modificado por el usuario.



#### SDNR - medida

de la relación

entre la diferencia de los valores de *pixels* de dos regiones adyacentes y el ruido total en la imagen.

En caso de que los resultados se encuentren fuera del intervalo de tolerancia, las pruebas deberán repetirse. Cerciórese que está utilizando en las evaluaciones el tipo correcto de imagen (bruta), así como las condiciones de temperatura y humedad del ambiente y del detector, ajustes del sistema, recalibración del sistema de detección y/o cambios en el *software*.

Si los resultados continúan fuera de los límites, comuníquelo al físico médico del servicio y entre en contacto con el servicio de mantenimiento.

## 8.10. Tasa de rechazo de películas y análisis de las repeticiones

Una de las formas de optimizar no solo la producción, sino también la protección radiológica en cualquier servicio de radiología, es analizar la tasa de películas rechazadas (Figura 111), investigando las razones para el rechazo de las películas y problemas que puedan pasar inadvertidos en las pruebas diarias de sensitometría y artefactos.

Esta prueba deberá ser realizada con una frecuencia mensual o trimestral, en dependencia del volumen de exámenes realizados en el servicio y también de la cantidad de películas rechazadas.

Las películas pueden ser guardadas durante los últimos 15 días del período adoptado, o ser almacenadas a lo largo de todo el período.

Fuente: Acervo SQRI

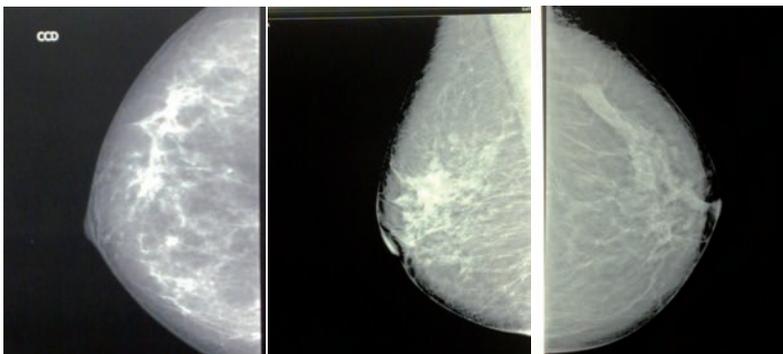


Figura 111. Películas rechazadas

La tasa de rechazo se calcula como la relación (expresada en porcentaje) entre el número de películas rechazadas y el número total de películas utilizadas en el período (para imágenes de pacientes, no se incluyen las de pruebas de control de calidad). El valor aceptable de la tasa de rechazo es de 8%, pero pueden alcanzarse valores tan bajos como 3%, una vez que los procedimientos son optimizados.

Una tasa de rechazo muy baja puede ser indicativo de que los radiologistas aceptan películas que deberían ser rechazadas, en vez de proponer un perfeccionamiento de la práctica.

Debe registrarse la razón del rechazo para cada caso (posicionamiento, sub o sobreexposición, artefactos etc.), estableciendo una referencia o un código que facilite la identificación.

Acciones correctivas (mantenimiento de los equipamientos, cambio de películas, entrenamiento de técnicos y radiólogos) deben llevarse a cabo, dependiendo del motivo del rechazo.

En la mamografía digital, donde las películas pueden ser analizadas directamente en monitores de alta resolución, controlar la tasa de rechazo puede, aparentemente, ser desnecesario, pero, de hecho, controlar la tasa de repetición de exposiciones no lo es. Debido al hecho de que las imágenes obtenidas pueden sufrir ajustes en el contraste y el brillo, es común que se haga uso de exposiciones más elevadas, sin que exista una real preocupación con la dosis de radiación que el paciente recibe. Otro punto preocupante es el hecho de que las imágenes que no son útiles acaban siendo descartadas, sin ningún tipo de registro.

Las causas, así como el número de estas repeticiones, deben analizarse más detenidamente, no con el objetivo de sancionar, y sí con el de educar a los técnicos y radiólogos en la forma de buscar siempre la mejor calidad de imagen con el mínimo detrimento para los pacientes.

En contraste con el sistema convencional, donde todas las películas rechazadas en un departamento son llevadas en cuenta, en el sistema digital, cada unidad de adquisición debe ser evaluada separadamente.

Las imágenes consideradas como repetidas no incluyen: las imágenes adicionales que se requieren para examinar el tejido seleccionado en una primera imagen; las imágenes hechas para incluir tejido que no fue examinado en la primera imagen debido al tamaño de la mama; y las imágenes realizadas con propósito de control de calidad.

Deben incluirse las imágenes rechazadas en la estación de adquisición y en los exámenes abortados antes que se halla completado la exposición.

Entre las causas más comunes de repetición, están:

- problemas en el posicionamiento;
- imágenes borrosas debido al movimiento del paciente;
- sub o sobreexposición del detector;
- artefactos;
- fallas del equipo o del *software*;
- imágenes sin contenido;
- otros problemas.

Algunos sistemas de adquisición emiten un informe automático de las causas de exposiciones repetidas, pero se debe tener cuidado, pues las exposiciones repetidas en fechas diferentes pueden no ser registradas como tal.

El número de exposiciones clínicas a lo largo de un trimestre debe ser estimado, excluyendo las realizadas para control de calidad.

La tasa de repetición se calcula dividiendo el número de exposiciones repetidas entre el número total de exposiciones durante el período analizado, multiplicando el resultado por 100%.

Si el servicio tiene como norma almacenar las imágenes repetidas, las mismas deben usarse con propósito educativo y de entrenamiento, reduciendo así el número de exposiciones desnecesarias en el futuro.

Con el objetivo de evitar el “miedo a ser sancionado” por parte de los técnicos, lo que los llevaría a aceptar imágenes que de hecho deberían ser descartadas, el análisis deberá ser realizado de modo que preserve el anonimato de los mismos.

Las tasas de repetición deben ser menores que 5%, pudiendo ser inclusive menores que 2%. Tasas muy altas o muy bajas pueden indicar que el servicio no está invirtiendo en fuentes adecuadas de entrenamiento, equipamiento y control de calidad.

Si la tasa de repetición se encuentra muy por encima de lo esperado, se debe investigar las causas para encontrar las debidas soluciones. Si la causa principal está en el equipo, se debe comunicar a la ingeniería clínica. Si el motivo es el posicionamiento o una técnica inadecuada, los técnicos del servicio deben ser sometidos a un entrenamiento adicional en posicionamiento y compresión de la mama. Se resalta que estas acciones siempre son más acertadas cuando utilizadas de forma educativa.

## 8.11. Negatoscopios

Imprescindibles para visualizar exámenes impresos en películas, los negatoscopios son tan importantes para la calidad del diagnóstico como la imagen en si.

Debe ser dada una especial atención a su uniformidad y a su nivel de **luminancia** (mínimo de 3.000 cd/m<sup>2</sup> para películas, pudiendo ser menor para películas impresas con laser).

Con el paso del tiempo, las lámparas fluorescentes utilizadas pierden su brillo por lo que deben ser sustituidas cuando tengan entre 18 y 24 meses de uso. Por otro lado, cuando sustituidas, todas las lámparas deben ser del mismo tipo y color. Si al menos se hace necesario cambiar una de las lámparas debido a la reducción de su luz o cualquier otra razón, el resto de las lámparas también deberá ser cambiada al mismo tiempo, garantizando, de esa forma, la uniformidad en el color y la luminancia.

Los uniformidad de la luminancia en los negatoscopios debe ser inspeccionada semanalmente. Los mismos deben estar libres de polvo, marcas de lápiz, manchas, etc. Marcas o manchas encontradas deben ser removidas con una solución que no dañe el acrílico del negatoscopio.

Si el brillo de los negatoscopios no está uniforme, todas las lámparas fluorescentes deben cambiarse a la brevedad.



### Luminancia -

relación entre la intensidad de la luz emitida por una superficie en una dirección y el área de la propia superficie.

## 8.12. Evaluación cualitativa de las imágenes clínicas

La mamografía es un exámen de difícil interpretación. No porque las enfermedades sean complejas, sino porque la glándula mamaria se muestra de forma diferente en cada mujer, porque el cáncer de mama es una enfermedad muy heterogénea y porque, en muchas ocasiones, existen grandes diferencias entre anormalidades benignas y malignas.

Los principales factores que influyen en la interpretación de la mamografía son:

- la calidad técnica del exámen;
- la composición del tejido mamario;
- el conocimiento por parte del radiólogo, de la anatomía y la patología mamaria.

Para realizar una mamografía ideal, las mamas deben estar correctamente posicionadas en el mamógrafo, de modo que la mayor parte del tejido sea visto en la película (en la mamografía analógica) y en el monitor (en la mamografía digital o mamografía computadorizada). Las imágenes deben obedecer el control de calidad establecido, un requisito fundamental para la interpretación de la mamografía.

Organizaciones profesionales y gubernamentales han establecido estándares para el desempeño de la práctica en mamografía. En muchos países la revisión de las imágenes clínicas se realiza como parte del proceso de acreditación.

Los radiólogos y los físicos médicos evalúan las mamografías siguiendo los aspectos y criterios mostrados a continuación:

Aspectos:

- posicionamiento;
- compresión;
- exposición;
- contraste;
- resolución espacial;
- ruido;
- artefactos;
- identificación del exámen.

Criterios:

**Posicionamiento:** el objetivo de un buen posicionamiento es aumentar la cantidad de tejido mamario a ser examinado.

La proyección oblicua mediolateral debe mostrar los tejidos posteriores, el pliegue inframamario abierto y el músculo pectoral mayor hasta 2 cm por debajo de la línea proyectada en 90 grados, partiendo del pezón.

La proyección cráneo-caudal no debe mostrar extremos, tanto en la porción medial como en la porción lateral de la mama.

Ninguna porción de la mama debe excluirse de la mamografía así como se deben evitar pliegues en la piel y proyección de otras partes del cuerpo sobre la imagen de la mama.

**Compresión:** la compresión está correcta cuando se obtiene una óptima separación del tejido glandular con niveles de exposición uniformes sin perder la definición de la imagen (borrosas) debido al movimiento de la paciente.

**Exposición:** una exposición correcta permite la penetración adecuada de las áreas de los tejidos mamarios densos y adiposos, sin subexposición o sobreexposición de cualquier región.

**Contraste:** debe existir una resolución de contraste adecuada entre las áreas de tejidos adiposos y fibroglandulares en la mayor parte posible de la imagen mamaria.

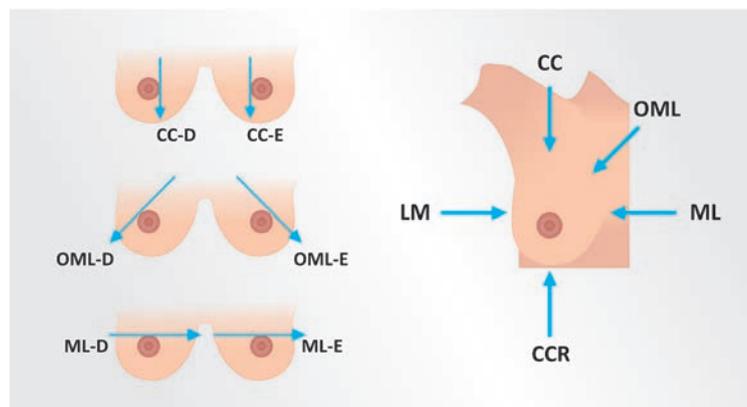
**Resolución espacial:** la definición o resolución espacial de la imagen debe permitir una demarcación perfecta de las estructuras lineales, de los bordes nodulares y de las microcalcificaciones. Se requiere de una alta resolución espacial para identificar y caracterizar las lesiones.

**Ruido:** la señal de la imagen no debe tener una fluctuación excesiva que limite la visualización de los detalles de pequeño tamaño, necesarios para el diagnóstico. La fluctuación puede tener origen aleatoria o ser causada por estructuras irrelevantes para el diagnóstico.

**Artefactos:** los artefactos son defectos en el procesamiento de la película o cualquier variación en la densidad mamográfica que no es provocada por la atenuación real de la mama (incluyendo cuerpos extraños y dispositivos médicos implantados, como cateteres y marcapasos). Los artefactos comprometen la calidad final de la imagen y pueden resultar en pérdidas de información o enmascaramiento.

**Identificación del examen:** las imágenes deben estar correctamente identificadas con el nombre del paciente, nombre de la institución, fecha, proyección radiográfica (Figura 112), lateralidad, chasis utilizado (en el caso de la mamografía analógica), técnica utilizada y un identificador único para cada paciente, que puede ser la fecha de nacimiento o su número de registro.

Fuente: Acervo SQRI



**Figura 112.** Izquierda: proyección de los rayos X incidiendo sobre la mama en las proyecciones estándar: cráneo-caudal, oblicua mediolateral y perfil. Derecha: diferentes proyecciones complementarias como cráneo-caudal reversa (CCR), mediolateral o externa (ML o P), lateromedial o perfil interno (LM o P). Estas proyecciones son posibles gracias a la rotación del tubo de rayos X

### 8.13. El informe mamográfico

El informe mamográfico debe incluir:

- breve historia y mencionar la posible existencia o no de exámenes anteriores para comparación;
- composición de la mama;
- descripción de los hallazgos encontrados;
- clasificación de los hallazgos;
- conducta a seguir.

Es importante que, en el informe, se describa la radiodensidad de las mamas, pues eso puede interferir en la sensibilidad de la mamografía. Es conocido que, en mamas extremadamente densas y/o heterogeneamente densas, existe una disminución de la sensibilidad del examen.

En 1993, el Colegio Americano de Radiología, ante la necesidad de una mejor comunicación entre los radiólogos y los médicos que solicitan el examen mamográfico, creó una terminología estandar, llamada de *Breast Imaging Reporting and Data System*, más conocida por su sigla BI-RADS® (ver clasificación en el Cuadro 7). El principal objetivo de este manual, que en 2003 tuvo su cuarta y última edición, es unificar el lenguaje de los informes mamográficos, ultrasonografía y RM, creando un sistema que uniformiza la descripción de las alteraciones encontradas y las conclusiones de los exámenes, además de sugerir conductas adecuadas, dependiendo de la clasificación final obtenida.

Cuadro 7. Clasificación BI-RADS® con los hallazgos y las correspondientes conductas

Categoría	Hallazgos y conducta
0	Hallazgo inconclusivo ⇒ necesita evaluación adicional
1	Hallazgos negativos ⇒ control periódico de rutina
2	Hallazgos negativos ⇒ control periódico de rutina
3	Hallazgos probablemente benignos ⇒ control en un período de seis meses de la mama en cuestión y después anualmente en relación al primer examen de control, por un período de 2 a 3 años
4 A, B e C	Hallazgos sospechosos para malignidad ⇒ considerar la posibilidad de biopsia
5	Hallazgos altamente sospechosos para malignidad ⇒ indicación de biopsia
6	Hallazgos comprobados de malignidad

En Brasil, el Colegio Brasileño de Radiología no obliga al uso de la clasificación BI-RADS® en los informes, pero recomienda su uso para una adecuada estandarización del lenguaje, descripción y conductas a ser seguidas.

Hasta aquí, usted adquirió conocimientos que le permiten no solo garantizar una buena atención y un examen de calidad a los pacientes, sino también velar por el mantenimiento de las condiciones que permitan la integridad física de todos los elementos involucrados en el proceso. En el último capítulo, será trabajado un aspecto muy importante para los pacientes y principalmente para los técnicos que todos los días utilizan equipos generadores de rayos-X: la protección radiológica.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Radiodiagnóstico médico: segurança e desempenho de equipamentos**. Brasília, DF, 2005.

COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA. Mamografia. In: **ACR BI-RADS® Sistema de laudos e registro de dados de imagem da mama**. Edição nº 1 baseada na 4ª edição americana. São Paulo, SP: Colégio Brasileiro de Radiologia, 2005. p. 9-370.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Quality assurance programme for digital mammography**. Viena, IAEA Human Health Series No. 17, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama: documento de Consenso**. Rio de Janeiro, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Mamografia: da prática ao Controle: recomendações para profissionais da saúde**. Rio de Janeiro, 2007.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. **Control de Calidad en Mamografía: protocolo elaborado en el marco de dos proyectos regionales ARCAL/OIEA**. Viena, 2006.

PERRY, N. et al (Ed.) **European Guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis**. 4th edition. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.

SANTOS, A. **Física médica em mamografia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010.

## Artículos recomendados

AGUILLAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. **Mama: diagnóstico por imagem**. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. (Capítulo 5).

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Mamografia: da prática ao Controle: recomendações para profissionais da saúde**. Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, A. **Física médica em mamografia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010. (Capítulos 19 a 22).



## CAPÍTULO 9 - PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### 9.1. Protección radiológica

Para finalizar este curso, será discutido un tema bastante relevante para quien trabaja con radiaciones ionizantes, como los rayos X: la protección radiológica.

Debemos entender la protección radiológica como un conjunto de medidas destinadas a proteger la humanidad, los seres vivos y el medio ambiente de los efectos causados por el uso de las radiaciones ionizantes.

En las diferentes áreas que utilizan radiaciones ionizantes, existen diversas preocupaciones cuando se trata de la protección radiológica. En mamografía, aun cuando el uso de los rayos X se corresponda con bajas energías, esta preocupación no puede ser menor, una vez que no solo el público y el personal técnico están expuestos, existe también el riesgo de la exposición desnecesaria de los pacientes.

A continuación veremos algunos conceptos utilizados en protección radiológica y seguidamente sus principios, finalizando el capítulo con las medidas que deben ser tomadas para prevenir exposiciones desnecesarias a las radiaciones ionizantes.

### 9.2. Conceptos importantes en protección radiológica

- **Exposición accidental:** exposición involuntaria e imprevisible ocurrida en condiciones de accidente.
- **Exposición del público:** exposición de miembros de la población a fuentes de radiación, con excepción de las exposiciones ocupacionales y médicas.
- **Exposición normal:** exposición esperada en función de prácticas autorizadas (en este caso, exámenes de mamografía).
- **Exposición médica:** involucra la exposición normal y aquella a que están sometidos los acompañantes de los pacientes (solo cuando estrictamente necesario).
- **Exposición ocupacional:** exposición del técnico en su jornada de trabajo y principalmente, como resultado de ese trabajo.

### 9.3. Principios de protección radiológica

Historicamente, se definen como tres los principios que se deben observar en protección radiológica: justificación, optimización y limitación de dosis. En términos prácticos, se debe sumar

un cuarto principio: prevención de accidentes, que abarca situaciones no tratadas por los tres primeros.

### 9.3.1. Justificación

Este principio debe ser aplicado para que se garantice que la exposición médica (diagnóstica o terapéutica) resulte siempre en un beneficio real para la salud del individuo irradiado y/o para la sociedad, en comparación con el detrimento que pueda causar. En este análisis, deben observarse también la eficiencia, los beneficios y los riesgos de técnicas alternativas disponibles con el mismo objetivo, pero que utilizan menos o ninguna exposición a las radiaciones ionizantes.

En el área de la salud existen dos niveles de justificación: la justificación genérica de la práctica (que autoriza la realización del examen por ser esta la mejor opción para el paciente si se compara con otras técnicas) y la justificación de la exposición individual del paciente (considerando los objetivos específicos de la exposición y las características del individuo en cuestión).

Toda exposición que no puede ser justificada debe ser prohibida, incluyendo:

- exposición deliberada de seres humanos a los rayos X diagnósticos con el único objetivo de demostración, entrenamiento y otros fines que sean contrarios al principio de justificación;
- exámenes radiológicos para chequeos médicos de admisión en empleos o periciales, excepto cuando las informaciones que se obtengan puedan ser útiles para la salud del individuo examinado o para mejorar el estado de salud de la población;
- exámenes radiológicos para tamizaje poblacional en masa, excepto cuando el Ministerio de Salud de Brasil juzgue que las ventajas esperadas para la población son suficientes para compensar los costos, incluyendo el detrimento radiológico;
- exposición de seres humanos con fines de pesquisa, excepto cuando esté de acuerdo con la Declaración de Helsinki, adoptada en la 18ª Asamblea Mundial de la OMS en 1964, debiendo todavía estar de acuerdo con resoluciones específicas del Consejo Nacional de Salud.

### 9.3.2. Optimización

Este principio establece que, una vez justificada una determinada práctica, la misma debe realizarse con dosis individuales tan bajas como razonablemente sea posible (*Alara*, del inglés, *As Low As Reasonably Achievable*), considerando factores económicos y sociales, además de las restricciones de dosis aplicables.

Esto puede lograrse utilizando técnicas radiológicas que posibiliten una exposición menor del paciente; realizando periódicamente las pruebas de control de calidad y promoviendo cursos de actualización para los profesionales involucrados en la realización de los exámenes.

Las exposiciones médicas de los pacientes deben optimizarse con un valor mínimo necesario, para obtener imágenes con calidad diagnóstica. Por eso, durante la optimización de las exposiciones médicas, se debe considerar:

- la selección adecuada de las técnicas de examen que serán utilizadas;
- la garantía de calidad de todos los procedimientos que serán realizados (desde la anamnesis con los pacientes hasta el funcionamiento adecuado del equipo);
- los niveles de dosis de referencia para los pacientes;
- las restricciones de dosis para cualquier individuo (acompañante) que colabore, conscientemente y de libre espontaneidad en el apoyo y confort de un paciente, durante la realización del examen.

### 9.3.3. Limitación de dosis

Los límites para las dosis individuales son valores de dosis efectiva o equivalente, establecidos para la exposición ocupacional y del público, resultantes de prácticas controladas, cuyas magnitudes no deben ser excedidas.

Estos límites inciden sobre el individuo en la totalidad de las exposiciones resultantes de todas las prácticas a que pueda estar expuesto, pero los mismos no se aplican:

- a las exposiciones médicas;
- como una frontera entre lo seguro y lo peligroso;
- como objetivo en proyectos de blindaje o para evaluación de conformidad en levantamientos radiométricos;
- a las exposiciones potenciales.

Las **exposiciones ocupacionales normales** de cada individuo, resultantes de todas las prácticas, deben ser controladas de modo que:

- el valor de la dosis efectiva anual no exceda los 20 mSv en cualquier período de 5 años consecutivos, no pudiendo exceder los 50 mSv en un año;
- el valor de la dose equivalente anual no exceda los 500 mSv para extremidades y 150 mSv para el cristalino.

Para **mujeres embarazadas** deben observarse los siguientes requisitos adicionales, de forma que se proteja el embrión o feto:

- el embarazo debe ser notificado al responsable del servicio así que sea confirmado;
- las condiciones de trabajo deben ser revisadas para garantizar que la dosis en la superficie del abdomen no exceda los 2 mSv durante todo el período restante del embarazo, lo que haría poco probable que la dosis adicional en el embrión o feto exceda el valor de 1 mSv en ese mismo período.

## 9.4. Prevención de accidentes

Este principio prevé reducir la probabilidad de accidentes (exposiciones potenciales) durante el proyecto y la operación de equipamientos e instalaciones. Para ello, deben crearse los medios e implantar las acciones necesarias que disminuyan las exposiciones accidentales en función de los errores humanos.

## 9.5. La protección radiológica en la sala de exámen



**Gantry** - brazo que soporta el cabezal del mamógrafo, fijado en la columna, que permite la rotación del tubo para las proyecciones oblicuas.

El diseño de una sala de mamografía debe permitir al técnico una libre circulación, así como un acceso al paciente por todos los lados del mamógrafo durante la realización del exámen. O sea, debe existir por lo menos 2 m de distancia desde el centro de rotación del **gantry** a la pared más próxima. Esto permitirá un espacio adecuado de maniobra durante la proyección oblicua mediolateral. También debe haber espacio suficiente en el panel de mando para que el técnico y un observador (por ejemplo, un alumno) se posicionen detrás del vidrio de protección (plomado).

La sala de exámenes debe disponer de:

- Un solo equipo de mamografía: no es permitido por ley la instalación de más de un equipo por sala (Figura 113).
- De acuerdo con los requisitos de optimización, paredes, piso, techo y puertas deben tener blindaje suficiente para atender los niveles de restricción de dosis establecidos en la Resolución Ministerial no 453 de la Anvisa.
- Blindajes contínuos y sin fallas. El blindaje de las paredes puede ser reducido hasta la altura de 210 cm por encima del piso, desde que esté devidamente justificado. Toda la superficie de plomo debe estar con un revestimiento protector como madera, pintura o otro material adecuado.
- Panel de control con dimensiones y blindaje que proporcionen una atenuación suficiente, garantizando así la protección del operador.

También se deben considerar los siguientes requisitos: el panel de control debe permitir al técnico, en la posición de disparo, observar y comunicarse normalmente con el paciente, a través el vidrio plomado de protección (Figura 114a y b).



Figura 113. Solamente un equipo por sala

Fuente: Azevô SQRI



Figura 114. (a) Visión del operador a partir del vidrio blindado. Es posible visualizar al mismo tiempo la puerta de la sala y al paciente posicionado en el mamógrafo. (b) Vidrio plomado o escudo de protección

- Panel de control posicionado de modo que, durante las exposiciones, ningún individuo entre en la sala sin ser visto por el técnico.
- Señales indicativas, en el exterior, de las puertas de entrada que muestren el símbolo internacional de la radiación ionizante, acompañado de inscripciones: “Atención rayos X, entrada prohibida” o “rayos X, entrada prohibida a personas no autorizadas” (Figura 115a y b).

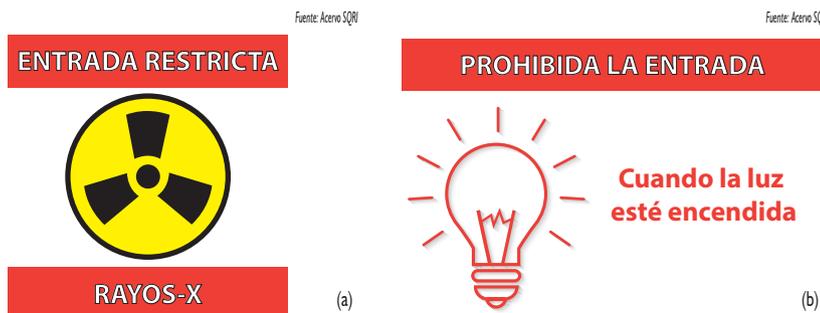


Figura 115. (a) Símbolo de radiación ionizante, indicando el acceso restringido a la sala de mamografía. (b) Aviso de prohibición de acceso durante la realización del examen mamográfico

- Señal luminosa de color rojo en la parte superior de la puerta de entrada (Figura 116), acompañada del respectivo aviso de advertencia: “Entrada prohibida mientras la luz roja está encendida”. Esta señal luminosa debe accionarse durante la realización de los procedimientos radiológicos, indicando que el equipo está en funcionamiento y que puede haber exposición. Este sistema puede tener un mecanismo que acciona la señal luminosa cuando se realiza el disparo de los rayos X.

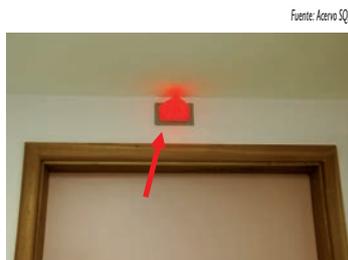


Figura 116. Ilustración de la señal luminosa

- Un cartel con las siguientes orientaciones de protección radiológica, en un lugar visible (Figura 117):
  - “No es permitida la permanencia de acompañantes en la sala durante el examen radiológico, excepto en casos estrictamente necesarios y con autorización”.
  - “Acompañante: cuando exista la necesidad de sujetar al paciente, exija y use correctamente los medios para su protección”.

Fuente: Acervo SQRI

## A LOS ACOMPAÑANTES

**NO ES PERMITIDO**  
la permanencia de  
acompañantes en la sala  
durante el examen radiológico  
excepto cuando necesario  
y autorizado



Existiendo la necesidad de  
ayudar al paciente, exija  
el uso de la ropa blindada  
para su protección

Figura 117. Aviso para pacientes y acompañantes

- Un cartel en el interior del local, en lugar y de tamaño visible para el paciente, con el siguiente aviso: “En este local solo puede permanecer un paciente de cada vez”.
- Indumentaria de protección individual para pacientes, técnicos y acompañantes así como todos los accesorios necesarios para los procedimientos previstos en el local, según lo establecido en la Resolución Ministerial no 453 de la Anvisa.
- Colgadores apropiados para los delantales plomados con el fin de conservar la integridad física de los mismos (Figura 118).

**Nota:** en mamografía, la exposición de otros organos sensibles a la radiación es generalmente despreciable, por lo que se dispensa el uso de medios individuales de protección radiológica, excepto si la paciente presenta alguna enfermedad en la glándula tiroides (la cual se debe proteger).

Fuente: Acervo SQRI



(a)

Fuente: Acervo SQRI



(b)

Figura 118. . Vestimentas de radioprotección: (a) delantal plumbífero y (b) collar para protección de la glándula tiroides

Para fines de planificación de las barreras físicas de una instalación y para verificar los niveles adecuados de radiación en los levantamientos radiométricos, se debe adoptar los siguientes niveles de dosis equivalente ambiental como restricción de dosis: 5 mSv/año en áreas controladas y 0,5 mSv/año en áreas de libre acceso.

Los locales de mamografía, como cualquier instalación en un servicio de radiología, necesitan, para su funcionamiento, una autorización del órgano regulador con respecto a la radiación ionizante (en Brasil, Vigilancia Sanitaria). La aprobación del blindaje para el local del mamógrafo debe obtenerse antes de iniciar la construcción del servicio de mamografía.

El físico médico del servicio puede ayudar en el cálculo de las barreras y los blindajes, así como, asesorar sobre los requisitos exigidos en la documentación pertinente. El blindaje para una sala de mamografía solo es necesario para reducir la exposición a la radiación dispersa, ya que el haz primario está limitado al área del soporte del receptor de la imagen.

Normalmente, una puerta de madera maciza y paredes con un grosor total de 24 mm de yeso (*dry-wall*) son suficientes.

El panel de control del equipo debe estar protegido por una pared de vidrio transparente (nominalmente equivalente a 0,3 mm de plomo) detrás de la cual el técnico y cualquier otro observador se posicionan durante la exposición.

Durante la instalación, cambio de equipo, alteración en la ocupación de las áreas vecinas o en la estructura de la sala de exámenes, o a cada 4 años de uso, se debe realizar un nuevo levantamiento radiométrico en el local de exámenes y en las áreas circundantes, para determinar los niveles de radiación y evaluar, de acuerdo con los resultados del levantamiento, la necesidad o no de alterar las barreras (blindajes) para el operador y demás profesionales del sector.

## 9.6. La reducción de dosis para el técnico y el paciente

En el sistema de mamografía convencional (pantalla-película), la dosis absorbida por la mama está directamente relacionada con la cantidad de radiación necesaria para producir una imagen con la densidad óptica deseada. Esta densidad óptica se selecciona de forma tal que se pueda obtener la mayor parte posible de la mama en la porción lineal de la curva característica de la película.

Entre los factores que afectan la dosis absorbida en la mamografía convencional, están:

- la eficiencia en detectar la radiación por parte de la pantalla intensificadora;
- la eficiencia de conversión del material fosforescente de la pantalla;
- la sensibilidad de la película;
- el procesamiento de la película (tiempo, temperatura y actividad de los productos químicos);

- el nivel de densidad óptica seleccionado;
- la composición del tejido mamario y su espesura;
- el material del blanco del tubo de rayos X;
- la filtración;
- la diferencia de potencial (kVp) seleccionado;
- la eficiencia de la rejilla;
- el grado de magnificación.

En la mamografía digital, el nivel de dosis se establece en función de una relación señal/ruído adecuada para la imagen. Por ejemplo, detectar, de modo confiable, microcalcificaciones en un fondo de tejido fibroglandular.

El monitor de video (donde se observan las imágenes) puede ser ajustado para ofrecer los valores de brillo y contraste deseados para la imagen en cuestión.

Entre los factores que afectan la dosis en la mamografía digital, están:

- la eficiencia del detector digital en la detección de la radiación;
- la composición del tejido mamario y su espesura;
- el material del blanco del tubo de rayos X;
- la filtración;
- la diferencia de potencial (kVp) seleccionado;
- la eficiencia de la rejilla;
- el grado de magnificación.

Debido a la posibilidad de ajustar el contraste del monitor, el uso de haces de rayos X más penetrantes puede ser adecuado para la mamografía digital. Cuando se combinan correctamente, el aumento de la eficiencia de detección de la radiación con un bajo nivel de ruido en el receptor dará como resultado un aumento en la eficiencia cuántica de detección; lo que permitirá reducir la dosis en la mamografía digital, si comparada con la convencional.

Los exámenes de radiodiagnóstico deben ser realizados teniendo en cuenta los niveles de referencia de la dosis para esta área. Cuando las dosis están por encima de los valores específicos (establecidos por el programa de optimización), estos niveles deben utilizarse de modo que permitan la revisión y la adecuación de los procedimientos y de las técnicas.

Todo servicio de radiodiagnóstico debe implementar un sistema de control de exposición médica, de forma que se evite la exposición inadvertida de pacientes embarazadas, incluyendo avisos de advertencia como: "Mujeres embarazadas o con sospecha de embarazo: por favor informar al médico o al técnico antes del examen" (Figura 119).

Fuente: Acrevo SQRI



Figura 119. Advertencia a pacientes que creen estar embarazadas

Con el objetivo de producir una dosis mínima para la paciente que sea consistente con la calidad aceptable de la imagen y el propósito clínico del procedimiento radiológico, los médicos, técnicos y demás miembros del equipo de radiodiagnóstico deben seleccionar y combinar adecuadamente los siguientes parámetros:

- tipo de receptor de imagen;
- rejilla antidifusora apropiada, cuando aplicable;
- procedimientos para el uso del CAE;
- combinación pantalla-película que será utilizada;
- valores apropiados de la técnica radiográfica (por ejemplo kVp, mA y tiempo o mAs);
- factores adecuados de procesamiento de imagen (por ejemplo temperatura del revelador y algoritmo de reconstrucción de la imagen).

Debe colocarse, junto al panel de control de cada mamógrafo, un protocolo con las técnicas radiográficas, especificando, para cada examen realizado en el equipo, las informaciones listadas anteriormente.

## 9.7. Monitoreo ocupacional

Todo individuo que trabaja con rayos X diagnóstico debe usar, durante su jornada de trabajo y mientras permanezca en el área controlada, un dosímetro individual de lectura indirecta (Figura 120), el cual debe cambiarse mensualmente.

Los dosímetros individuales destinados a estimar la dosis efectiva deben ser colocados en la región más expuesta del tronco. Cuando se utiliza el delantal plomado, el dosímetro individual deberá colocarse sobre el mismo (se aplicará un factor de corrección de 1/10 para estimar la dosis efectiva).

Fuente: Acrevo SQRI



Figura 120. Interior de un dosímetro individual

El dosímetro individual es de uso exclusivo de cada usuario y en el servicio específico al cual fue asignado. Durante la ausencia de los usuarios, los dosímetros individuales deben guardarse en un local seguro, con temperatura amena, baja humedad, lejos de fuentes de radiación ionizante, y junto al dosímetro de referencia, bajo la supervisión del supervisor de protección radiológica. En caso de alguna sospecha de exposición accidental, el dosímetro individual debe ser enviado para lectura con carácter urgente.

El servicio de monitoreo individual debe ser contratado apenas en los laboratorios de monitoreo individual credenciados por la comisión o órgano regulador de la energía nuclear en cada país.

Cada individuo ocupacionalmente expuesto debe poseer un registro con sus datos relativos al control ocupacional, los mismos deben incluir:

- naturaleza del trabajo que realiza;
- entrenamientos de actualización que ha realizado;
- todos sus resultados dosimétricos mensuales, contabilizados anualmente (año calendario);
- todos los eventos relativos a su monitoreo individual, contando desde su primer día de trabajo en el servicio.

El nivel de registro establecido para el monitoreo mensual del tronco es de 0,10 mSv. Las dosis anuales (año calendario) deben ser computadas considerando los valores por debajo del nivel de registro, como los iguales a cero, y las dosis mensuales desconocidas o extraviadas, iguales al valor medio de las dosis registradas durante el año.

Cuando la persona deja de trabajar en el servicio, se le debe entregar una copia de los datos de control ocupacional.

## Referencias

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Portaria nº 453 de 01 de junho de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 jun. 1998.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (Brasil). Resolução nº 27, de 17 de Dezembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 jan. 2005. Seção 1, p. 13.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Mamografia: da prática ao controle**. Rio de Janeiro, 2007.

PERRY, N. et al (Ed.) **European Guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis**. 4th edition. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.

## Artículo recomendado

SANTOS, A. **Física médica em mamografia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010. (Capítulos 2 a 5, 23).

## CLAUSURA

---

¡Por fin, terminó nuestro curso!

Durante el proceso de elaboración de este material, procuramos transmitirle a usted, técnico en mamografía, un conjunto de conocimientos necesarios que le permita realizar su trabajo con competencia. Es nuestro deseo que haya aprovechado al máximo este curso de actualización, no solo para recordar lo aprendido en su formación, sino también para añadir nuevas nociones sobre esta modalidad de imagen, que, a pesar de consagrada, está en constante evolución. Intentamos presentarle los principios básicos de funcionamiento de los sistemas de mamografía digital, para aumentar su conocimiento sobre esta nueva herramienta que a cada día se hace más común en nuestro medio de trabajo.

La mamografía está siempre en perfeccionamiento, con nuevas tecnologías que tienen como objeto mejorar cada vez más su calidad, minimizando, al máximo posible, las dosis de radiación asociadas a este examen.

Nunca olvidemos que la mamografía es el principal método diagnóstico para el cáncer de mama, especialmente en las mujeres asintomáticas, siendo, por lo tanto, un elemento importante en el tamizaje de esta enfermedad.

Por esta razón, valore la importancia de su trabajo. Procure acompañar siempre la evolución de esta técnica diagnóstica y comparta siempre sus conocimientos con sus colegas, de la misma forma que lo hacemos ahora con usted, con entusiasmo y dedicación.

Le deseamos mucho suceso con todo lo que aprendió hasta aquí y estamos siempre de puertas abiertas para ayudarlo en todo lo que nos sea posible, en su desarrollo profesional.

Equipo de trabajo

Este libro fue impreso en offset,  
Papel couche mate, 120g, 4/4.  
Rio de Janeiro, 2017.



**DISQUE SAÚDE**

**136**

Ouvidoria Geral do SUS

Biblioteca Virtual em Saúde Prevenção e Controle de Câncer  
<http://controlecancer.bvs.br/>