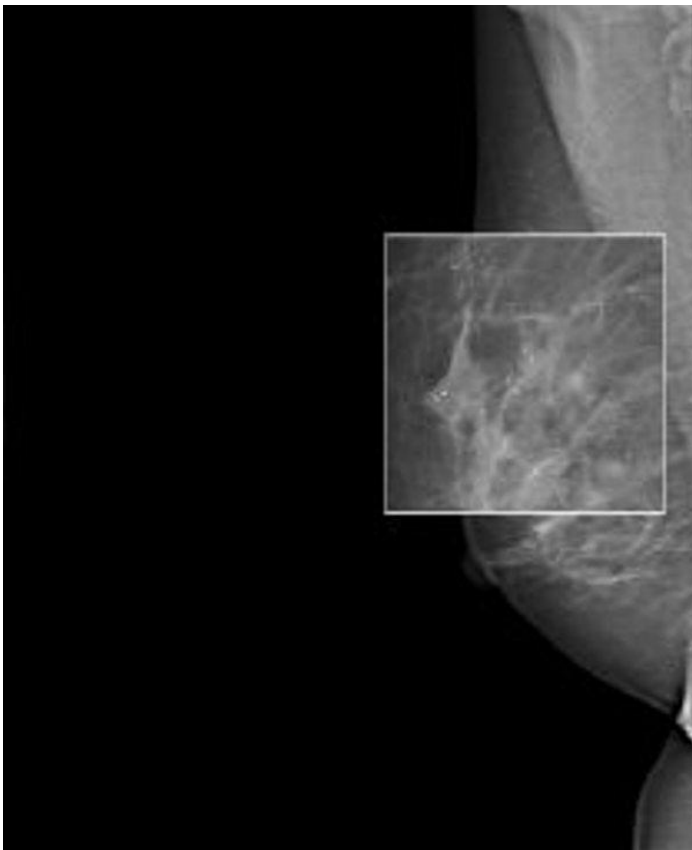


VERIFICACION DE LOS ASPECTOS TECNICOS, DOSIMETRICOS Y DE CALIDAD DE IMAGEN DE LOS SISTEMAS DE MAMOGRAFIA DIGITAL



INDICE

AII-1.OBJETO	3
AII-2.ALCANCE	3
AII-3.PROCEDIMIENTO.....	3
AII-3.1. Evaluación del montaje de la unidad mamográfica	3
AII-3.2. Coincidencia del campo de luz/campo de radiación y campo de radiación/campo de registro.....	3
AII-3.3. Artefactos del equipo	4
AII-3.4. Magnificación	5
AII-3.5. Verificación de los parámetros del conjunto generador / tubo	5
AII-3.6. Variación del rendimiento con la carga del tubo	6
AII-3.7. Capa hemirreductora	6
AII-3.8. Tiempo de exposición para las condiciones clínicas.....	7
AII-3.9. Rejilla	7
AII-3.10. Control Automático de Exposición (CAE)	8
AII-3.11. Sistema de compresión.....	11
AII-3.12. Detector	12
AII-3.13. Calidad de la imagen.....	16
AII-3.14. DQE, MTF y NPS	18
AII-3.15. DOSIMETRIA: Exposición a la entrada de la mama y dosis glandular promedio	19
AII-3.16. MONITORES.....	19

AII-1. OBJETO

Establecer las pautas a seguir para la verificación y comprobación de los parámetros geométricos, dosimétricos y de calidad de imagen de los sistemas de mamografía digital, cuyas especificaciones se dan en el protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico.

AII-2. ALCANCE

Todos los equipos de rayos X mamográficos y sistemas de imagen y visualización del programa canario de detección precoz del cáncer de mama. Aplica a mamógrafos digitales, sistemas de radiografía computarizada, estaciones de diagnóstico y sistemas de visualización.

AII-3. PROCEDIMIENTO

AII-3.1. Evaluación del montaje de la unidad mamográfica

- a) Verificar que la unidad es mecánicamente estable bajo condiciones normales de operación
- b) Verificar que todas las partes del equipo se mueven con suavidad, que los parachoques o amortiguadores limitan el rango disponible de movimientos y que no hay obstrucción en todo el rango de movimientos dentro de estos límites.
- c) Fijar cada tope independientemente y asegurar que se impiden los movimientos cuando está fijado.
- d) Asegurar que el receptor de imagen no tiene balanceos o vibraciones durante el funcionamiento normal y que está totalmente liso.
- e) Verificar todos los indicadores luminosos.
- f) Verificar que la autodescompresión funciona correctamente.
- g) Verificar que la autodescompresión puede ser liberada manualmente ante un fallo de tensión o de apagado del equipo con un maniquí bajo compresión y utilizar el control manual para liberar la compresión.

AII-3.2. Coincidencia del campo de luz/campo de radiación y campo de radiación/campo de registro

Las medidas se realizarán semestralmente y tras cambios.

- a) Colocar un chasis de CR o bien una película radiocrómica (si se dispone de ellas) encima del receptor digital de imagen o bucky. Asegúrese que el chasis o la película radiocrómica sobresale 3 cm del detector en la parte correspondiente a la pared torácica.
- b) Si el mamógrafo no dispone de detector digital insertar un chasis CR dentro del bucky.
- c) Quitar el compresor. Comprobar con el nivel de burbuja que el chasis está bien nivelado.

- d) Encender la luz y colocar 4 monedas encima del chasis, dentro del campo de luz en cada uno de los lados y tangentes al límite del campo. La moneda que se coloque en la pared torácica no debe tapar la parte activa del control automático de exposición por lo que será colocada a la derecha del centro cerca de 5 cm.
- e) Colocar el compresor y posicionarlo aproximadamente 6 cm por encima del soporte del pecho. Colocar en él sábanas de 2,5 ó 3 cm de espesor de manera que la radiación pase a través del atenuador.
- f) Colocar una moneda más grande en la parte inferior del compresor, tangente al eje de la pared del tórax y 5 cm desde el centro a la izquierda, para marcar el eje de la pared del compresor. Esta moneda marca el eje de la pared del tórax del compresor.
- g) Hacer una exposición con técnica automática (CAE).
- h) Medir la no coincidencia entre el campo de luz y el de radiación en la imagen obtenida por el chasis de CR o la película radiocrómica.
- i) Anotar en la hoja de datos las desviaciones a izquierda y derecha. Similarmente se hará con la cara anterior y posterior (pared del tórax).
- j) Medir la no coincidencia de campo de luz y el de registro en la imagen obtenida por el detector del mamógrafo o bien por el chasis de CR insertado en el soporte bucky de mamógrafo, corregir esta medida con las cantidades obtenidas en el punto g) para obtener la no coincidencia entre campo radiación y el de registro (tener en cuenta la magnificación por la distancia). Anotar la desviación en la hoja de toma de datos
- k) Medir la desviación entre el eje del compresor (delimitado por el borde externo de la moneda grande) y el borde del receptor de imagen. Cuando se mida la distancia se anotará la diferencia en tamaño de la moneda grande en las dos imágenes. Las distancias deberán ser referenciadas a la imagen de la moneda en el receptor de imagen
- l) Repetir de a) a i) para cada tamaño de colimador.

TOLERANCIAS

- El campo de radiación ha de cubrir totalmente el fósforo del CR o el detector sin sobrepasar el soporte de la mama o tablero en ningún lado a excepción del correspondiente a la pared del tórax que podrá sobrepasar en una cantidad inferior o igual a 5 mm.
- La extensión de tejido perdido en el borde del fósforo del CR o detector correspondiente a la pared del torax ha de ser como máximo 5 mm.
- La imagen del borde del compresor correspondiente a la pared del tórax deberá quedar fuera del área del detector y no deberá superar el borde del receptor de la imagen en más de 1% de la distancia foco-detector.

AII-3.3. Artefactos del equipo

Las medidas se realizarán semestralmente y tras cambios.

- a) Colocar una lámina de 2cm de PMMA dentro del haz de rayos X.
- b) Realizar una exposición a 25 kVp.

- c) Examinar la imagen para detectar la presencia de artefactos que puedan estar originados suciedad, arañazos, imágenes latentes, o bien por inhomogeneidades de los dispositivos que interceptan el haz de rayos X (filtro, espejo, compresor, etc.)

TOLERANCIAS No deben detectarse ningún tipo de artefacto.

AII-3.4. Magnificación

Las medidas se realizarán inicialmente y tras cambios.

- a) Colocar un objeto delgado de dimensiones conocidas encima del sistema de magnificación
- b) Realizar una exposición.
- c) Visualizar la imagen y medir la imagen del objeto.
- d) El factor de aumento se calcula como el cociente entre las dimensiones de la imagen y las del objeto.

TOLERANCIAS: Según especificaciones del fabricante.

AII-3.5. Verificación de los parámetros del conjunto generador / tubo

En los equipos digitales de campo completo durante la realización de todas las medidas relativas al tubo y al generador del equipo de rayos X es FUNDAMENTAL cubrir el detector con un *material plomado* al objeto de prevenir la formación de imágenes persistentes que posteriormente interfieran con las imágenes clínicas así como con las que se vayan a obtener en el control de calidad. En caso de que sea necesario introducir un CR en el bucky para que el equipo dispare, estos deben borrarse al finalizar las pruebas aplicando un borrado primario para asegurar la eliminación de señales remanentes en el fósforo.

En las pruebas iniciales hay que verificar estos parámetros para todos los conjuntos ánodos/filtro con los que cuenta el equipo teniendo presente que los equipos de rayos X modernos tienen ánodos de materiales diversos (Mo, Rh, W) por lo que es necesario que los kilovotímetros estén calibrados para cada combinación ánodo-filtro. Los equipos de rayos X modernos suelen mantener la tensión de forma muy ajustada por lo que no es necesario medir este parámetro de forma rutinaria.

- a) Colocar el equipo de medida sobre el soporte Bucky.
- b) La zona sensible de medida debe quedar dentro del haz de radiación con suficiente margen.
- c) Las medidas necesarias para la verificación tubo/generador consisten en la realización de exposiciones sucesivas. Las exposiciones se agrupan en dos bloques.
- d) En el primero se mantiene constante el producto de la corriente del tubo y el tiempo de exposición, variando la tensión del tubo entre 25 y 34 kVp. Esto permite determinar la precisión de la tensión del tubo (correspondencia entre el valor indicado y medido) y el rendimiento del equipo para distintas tensiones (mGy/mAs).

El Control Automático de Exposición (CAE) de los mamógrafos digitales elige distintas calidades del haz en función del espesor de la mama. Por tanto, se debe determinar los rendimientos para al menos las calidades del

haz que son seleccionadas automáticamente para los distintos espesores de PMMA en la prueba de verificación de la compensación del CAE.

Durante las pruebas iniciales se establecerán los valores de referencia para los rendimientos medidos con compresor y para todas las calidades de haz (combinaciones ánodo-filtro y tensión) que sean utilizadas en condiciones clínicas para la obtención de imágenes de mamas con distintos espesores. Estas determinaciones son necesarias ya que en este protocolo la metodología de estimación de los valores de kerma aire incidente en la superficie de entrada (maniquí y pacientes) se basa en la medida de los rendimientos. El dosímetro se colocará en la línea que une el foco con el punto de referencia a una altura de 10 cm del tablero de la mama cuando el dosímetro sea sensible a la radiación dispersa. En este caso se tendrá también en cuenta si el compresor queda muy cerca del dosímetro ya que entonces podría recibir radiación dispersa de este dispositivo.

- e) En el segundo bloque se realizan al menos 5 medidas para las tensiones que se seleccionan en la práctica clínica para obtener imágenes de mamas de 3, 5 y 6 cm de espesor que nos permitirán comprobar la reproducibilidad de la tensión y el rendimiento.

TOLERANCIAS

Tensión del tubo: Exactitud: $< \pm 1$ kVp. Repetitividad $< \pm 0.5$ kV

AII-3.6. Variación del rendimiento con la carga del tubo

Las medidas se realizarán anualmente y tras cambios.

En la mayoría de los equipos modernos la corriente es constante para cada tipo de ánodo, tamaño de foco y tensión y lo único que cambia es el tiempo de exposición. Los valores de la linealidad se calculan en paralelo con los del rendimiento.

Durante las pruebas iniciales se debe verificar la linealidad para los distintos tipos de ánodo y tensiones. En las pruebas rutinarias bastará comprobarlo para la calidad del haz utilizada en condiciones clínicas para obtener imágenes de la mama estándar y para espesores de PMMA de 30 y 60 mm. Las medidas se harán con el compresor.

TOLERANCIAS: Coeficiente de linealidad $\leq 0,1$.

AII-3.7. Capa hemirreductora

Las medidas se realizarán anualmente y tras cambios.

- a) Colocar el compresor a media distancia entre el foco y el detector como se muestra en la figura.
- b) Colocar la cámara de ionización aproximadamente 5 cm por encima del receptor de imagen, centrar a izquierda y derecha y a 6 cm de la pared del tórax. La cámara debe estar completamente dentro del haz de radiación.
- c) Seleccionar los kVp. que se utilizan en condiciones clínicas.

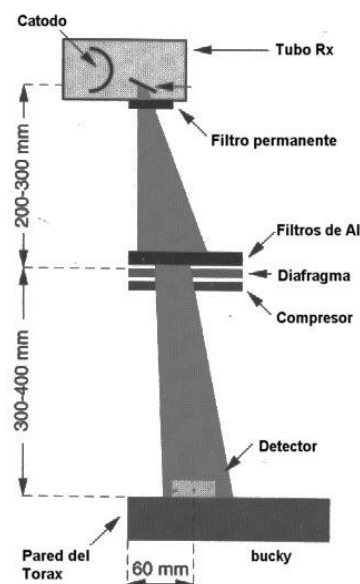


Figura 2.- Esquema de colocación de detector y los filtros de Al.

- d) Seleccionar una técnica manual con un tiempo suficientemente largo. Registrar mA y tiempo ó bien mAs.
- e) Utilizar un diafragma para colimar el haz de manera que la cámara quede completamente dentro del haz de radiación, así se minimiza la producción de radiación dispersa.
- f) Hacer una exposición sin Aluminio. Exponer y anotar el resultado.
- g) Añadir 0.2 mm de Al entre el tubo de Rx y la cámara, colocándolo encima del compresor. Utilizar el campo de luz para comprobar que la cámara está totalmente tapada por el Al. Exponer y anotar el resultado.
- h) Repetir el paso g añadiendo sucesivamente planchas de 0.1 mm de Al entre el tubo de rayos X y la cámara y registrar las lecturas sucesivas hasta que la lectura de la cámara sea menor que el 50% de la primera lectura (sin Al).
- i) Quitar el Al, hacer una última exposición y registrar la lectura. Si el resultado final difiere en más de un 2% de la primera medida, repetir.
- j) Repetir los pasos d) a i) para otros kVp menores y mayores.
- k) Repetir todo el procedimiento para todas las calidades de haz disponibles

TOLERANCIAS

$$kVp/100+0.03 \leq HVL \leq kVp/100 + C$$

donde: C es 0.12 para Mo/Mo, 0,19 para Mo/Rh, 0.22 para Rh/Rh, 0.30 para W/Rh, 0.32 para W/Ag y 0.25 para W/Al

AII-3.8. Tiempo de exposición para las condiciones clínicas

Las medidas se realizarán anualmente y tras cambios.

- a) Seleccionar el modo CAE.
- b) Tomar una imagen del maniquí estándar (4,5 cm de PMMA).
- c) Retirar el maniquí y colocar en su lugar *el equipo de medida*.
- d) *Tomar las medidas de tiempo, en modo manual con la técnica seleccionada para la imagen del maniquí. Si no es posible utilizar dos técnicas con la misma combinación ánodo/filtro, el mismo kVp y dos valores de mAs próximos (superior e inferior).*
- e) Interpolarse linealmente el valor del tiempo necesario para tomar la imagen del maniquí.

TOLERANCIAS:

El tiempo requerido para obtener una imagen estándar debe ser < 2s. Deseable $\leq 1.5s$.

AII-3.9. Rejilla

Factor de exposición de la rejilla

Las medidas se realizarán inicialmente y tras cambios.

- a) Situar el maniquí de 4,5 cm de metacrilato sobre el Bucky.

- b) Hacer una exposición con el control Automático de Exposición.
- c) Retirar la rejilla y situar el maniquí de 4,5 cm de metacrilato sobre el detector.
- d) Realizar dos exposiciones con la misma combinación ánodo filtro y el mismo valor kVp pero con dos valores de mAs (superior e inferior al obtenido en b)).
- e) Obtener el Valor Medio de Pixel (VMP) de las imágenes.
- f) Calculamos el valor de mAs sin rejilla para el mismo valor de píxel que obtenemos con rejilla, por interpolación.
- g) El factor de rejilla se obtiene calculando $FR = mAs_{\text{rejilla}} / mAs_{\text{sin rejilla}}$

TOLERANCIAS: Factor del sistema de rejilla < 3

Artefactos de la rejilla

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios

- a) Observar las imágenes obtenidas con distintos espesores de PMMA (2, 4.5 y 6 cm) en la prueba de la repetibilidad del CAE.
- b) Observar si se aprecian líneas de la rejilla. Cuando las imágenes se visualizan en los monitores es fácil confundir las líneas de barrido del monitor con las de la rejilla.

TOLERANCIAS: Las líneas de la rejilla no deben verse en las imágenes

AII-3.10. Control Automático de Exposición (CAE)

La comprobación del funcionamiento de este dispositivo tiene por objeto comprobar que con su utilización los valores de dosis son aceptables y los parámetros de calidad de la imagen se mantienen dentro de unos determinados valores independientemente de las características de la mama.

Las planchas de PMMA utilizadas para simular distintos espesores de mama han de cubrir por completo el área activa del detector y deben colocarse alineadas con el borde del tablero correspondiente a la pared del tórax, sobresaliendo ligeramente. El detector del CAE (si es móvil) se colocará siempre en la misma posición, próximo a la pared del tórax.

En los sistemas con CR, debe utilizarse siempre el mismo chasis en todas las exposiciones para eliminar las fuentes de incertidumbre asociadas con las diferencias en la atenuación y respuesta de los distintos chasis y fósforos. El CR que se utilice para el control de calidad deberá borrarse aplicando un borrado primario.

La mayor parte de las pruebas se basa en la medida de distintos parámetros relacionados con las imágenes de las planchas de PMMA. Por ello las imágenes deben ser originales (RAW DATA) o preprocesadas ("For processing"), es decir, imágenes a las que se les haya aplicado únicamente algoritmos de aplanamiento de campo para uniformizar la respuesta de los distintos detectores o la lectura en el caso de los CR.

Si el CAE selecciona los factores de exposición en función del espesor de compresión, deben añadirse espaciadores de material blando (poliespán) en la parte superior del bloque de PMMA con grosor suficiente para simular en cada caso el espesor de mama equivalente (que será indicado por el indicador de espesor del equipo). Los espaciadores se dispondrán alineados con los bordes

laterales y trasero para no interferir con la imagen ni con el sensor del CAE. El compresor estará en todos los casos ejerciendo una fuerza de compresión similar a la utilizada con pacientes.

En el caso de estar utilizando un sistema CR los fósforos se procesaran dejando pasar, en todos los casos, el mismo tiempo de espera entre exposición y procesado, por ejemplo 2 minutos.

Ajuste del CAE

- a) Inicialmente debe comprobarse que el CAE está ajustado para los distintos modos de operación del equipo.
- b) Esta prueba no conlleva realizar ninguna medida adicional, ya que reúne los resultados de otras 3 pruebas, pero debe comprobarse que:
 - el CAE está bien ajustado verificando que la dosis glandular para 5 cm de PMMA es menor de 3 mGy,
 - utilizando el maniquí de calidad de la imagen contraste-detalle (CDMAM) el espesor umbral es inferior a 1,68 μm para un disco de oro de 0,1 mm de diámetro
 - utilizando 4,5 cm de PMMA el tiempo de disparo es inferior a 2s.

Repetibilidad

- a) Seleccionar el modo más utilizado en la práctica clínica.
- b) Colocar 4,5 cm de PMMA sobre el Bucky y aplicar compresión. Si el espesor de mama está determinado por el sistema de compresión deberá ejercerse siempre la misma fuerza de compresión.
- c) Adquirir como mínimo 3 imágenes consecutivas, aunque es deseable 5.
- d) Determinar la Razón Señal Ruido (RSR) midiendo el Valor Medio de Pixel (VMP) y la Desviación Típica (DTP) en la Región de Interés (ROI) estándar (cuadrado de 4 cm^2 a 6 cm^2 de la pared del tórax).
- e) Repetir los pasos b) a d), en los diferentes modos de funcionamiento del CAE.

TOLERANCIAS: Repetibilidad de mAs $\leq \pm 5\%$; RSR $\leq \pm 5\%$

Reproducibilidad entre sensores del CAE

Esta prueba se realiza cuando el CAE dispone de distintos sensores que pueden medir la exposición que llega a distintos puntos del área del detector de la imagen o cuando el mamógrafo dispone de varios buckys, cada uno de los cuáles lleva incorporado su propio detector.

- a) Obtener imágenes del maniquí estándar con CAE utilizando los distintos sensores.
- b) Anotar los factores de exposición (ánodo/filtro, tensión y carga) seleccionados en cada una de las posiciones.
- c) En las imágenes, medir la RSR en la ROI estándar centrado en el punto de referencia. En el caso de los sistemas DR, la RSR se calculará restando al VMP el valor "offset" determinado en la función respuesta del detector. En el caso de los CRs, la RSR se obtendrá a partir de los valores linealizados

Los distintos sensores, dispuestos en distintas posiciones para determinar la exposición en regiones diferentes de la mama, tienen que proporcionar una respuesta similar cuando se utiliza un maniquí uniforme. Sin embargo, la carga

automáticamente seleccionada aumenta cuando se utilizan los sensores alineados en la dirección ánodo-cátodo para compensar las variaciones en la exposición detectada.

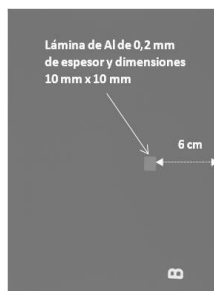
Cuando el CAE sea completamente automático, es conveniente verificar que el resto de los factores de exposición que son elegidos automáticamente (ánodo/filtro y tensión) se mantienen cuando se desplaza el sensor del CAE.

Espesor PMMA (mm)	Espesor mama (mm)
20	21
40	45
45	53
60	75
70	90

TOLERANCIAS: Desviaciones: Carga (mAs) $\leq \pm 10\%$; RSR $\leq \pm 20\%$.

Compensación del CAE con el espesor y la tensión

- a) Colocar una lámina de Aluminio de 0,2 mm e espesor (10x10mm y 99% de pureza) entre dos láminas de de 1cm de PMMA, centrada a unos 6 cm de la pared del tórax. **La distancia de la lámina de Al al detector no debe variar durante la realización de la prueba.**
 - b) Si el CAE selecciona los factores de exposición en función del espesor de compresión, se añadirán separadores (maniquís de PMMA triangulares o poliespan, etc) en las esquinas, para no interferir en la imagen, de manera que se obtenga el espesor de mama equivalente (lectura en la pantalla del mamógrafo), en la tabla se detallan las equivalencias entre el espesor de PMMA y una mama de composición estándar.
 - c) El sensor del CAE ha de posicionarse de manera que no interfiera con la lámina de Al. Si esto no es posible, habrá que obtener previamente las imágenes de los bloques de PMMA sin la lámina de Al dejando que el CAE seleccione automáticamente los factores de exposición. Después se colocará la lámina de Al, tal y como se ha indicado, y se obtendrán las imágenes seleccionando manualmente los factores de exposición determinados por el CAE para cada espesor. En caso de no poder seleccionar exactamente la misma técnica en modo manual para los distintos espesores, se seleccionará la más próxima al suministrado por el equipo en modo automático.
 - d) Es conveniente anotar los valores de dosis indicados por el equipo a fin de comparar con los calculados y evaluar su grado de fiabilidad.
 - e) Realizar tres exposiciones para cada espesor, y para cada modo de operación del CAE.
 - f) En cada imagen obtenida medir el VMP y la DTP en dos ROI estándar situadas bajo el PMMA (zona 1) y bajo el Al (zona 2).



Posición de la placa de Al de 0,2mm de espesor y 10x10mm

- g) Calcular la RCR de la siguiente manera:

$$RCR = \frac{(VMP_2 - VMP_1)}{\sqrt{(DTP_1^2 + DTP_2^2)}/2}$$

TOLERANCIAS

- Para 4,5cm de PMMA: Desviación RCR $\leq \pm 10\%$ con respecto al valor de referencia de las pruebas iniciales.

- Para espesores < 4,5cm de PMMA: $RCR/RCR_{4,5cm} \geq 1,05$
- Para espesores > 4,5cm de PMMA: $RCR/RCR_{4,5cm} \geq 0,8$

Constancia del funcionamiento global del CAE

- Realizar el montaje del sistema descrito en el punto a) del apartado anterior correspondiente a la compensación del CAE con el espesor y la tensión, para espesores de PMMA de 20, 45 y 60mm.
- Realizar una exposición con CAE para cada espesor (repetir para los diferentes modos de CAE)
- Anotar los factores de exposición seleccionados automáticamente y comprobar si coinciden con los valores anotados de controles anteriores.
- En el caso de que difieran de los valores anteriores repetir la compresión y volver a realizar las exposiciones.
- Medir en las imágenes el VMP y la DTP. Con estos valores, calcular la RSR y la RCR
- Representar los valores de RSR y RCR en función del tiempo.

TOLERANCIAS

Desviación kerma en aire (mAs) $\leq \pm 5\%$. Desviación RSR $\leq \pm 20\%$. Desviación RCR $\leq \pm 20\%$.

AII-3.11. Sistema de compresión

Fuerza de compresión

Las medidas se realizarán anualmente y tras cambios.

- Colocar una báscula de baño encima del soporte del mamógrafo donde habitualmente se sitúa la mama.
- Situar encima de la báscula gomaespuma o paños pequeños, con el fin de no estropear el compresor.
- Pulsar la placa de compresión hasta lo máximo que se pueda. Anotar los kg que indica la báscula.

TOLERANCIAS: Fuerza máx. aplicada automáticamente 150-200N (aprox.15-20 kg)

Exactitud del espesor medido

Las medidas se realizarán semestralmente, inicialmente y tras cambios

- Situar un maniquí de gomaespuma dura o similar, de espesor conocido sobre el soporte del mamógrafo.
- Pulsar la pala de compresión hasta lo máximo que se pueda.
- Repetir el proceso para espesores entre 2 y 8 cm.
- El espesor de mama comprimida debe ser medido en el centro de la posición de la pared del tórax del sensor de CAE.
- Deberá comprobarse para todos los tamaños disponibles de receptores de imagen y compresores.

TOLERANCIAS:

- $\pm 0,5\text{cm}$ bajo compresión moderada (8 a 10 kg) y reproducible dentro de $\pm 2\text{mm}$.

Deformación del compresor

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios.

- a) Situar la gomaespuma encima del soporte del mamógrafo y colocar sobre ella 4 monedas.
- b) Pulsar el compresor hasta que no comprima más
- c) Medir la distancia de cada esquina del compresor al tablero y anotar
- d) Realizar una exposición.
- e) Medir la alineación y deformidad producida en la imagen de las monedas

TOLERANCIAS :

- Las distancias entre el tablero y las cuatro esquinas de la placa de compresión deberían ser iguales o diferir menos de 15 mm entre sí.
- Deformación (Diferencia entre las distancias tablero-superficie compresor medidas en el lado izquierdo y el derecho) $\leq 5\text{ mm}$.

AII-3.12. Detector

AII-3.12.1.- Función de respuesta del detector

Medida del Kerma en aire a la entrada del detector (KAD)

- a) Retirar la rejilla y el compresor.
- b) Colocar el soporte para la cámara de ionización. Cubrir el detector con una placa de plomo para protegerlo.
- c) Colocar 4,5 cm de PMMA o 2 mm de Aluminio lo más cercana al tubo de rayos X posible para evitar al máximo la radiación dispersa. En este caso se puede situar el maniquí sobre el soporte del equipo de medida.
- d) Situar la cámara del equipo de medida bajo el PMMA o el Aluminio. Medir la distancia del foco a la cámara y del foco al detector.
- e) Realizar exposiciones para valores distintos de mAs un rango amplio¹ (entre 4 y 400 mAs), tomar tres lecturas de dosis para cada valor de mAs.
- f) Calcular el KAD (kerma en aire a la entrada del detector) corrigiendo la distancia foco-detector.
- g) Con las medidas obtenidas en f) se realiza un ajuste KAD-mAs

Obtención de la Función Respuesta

¹ Para el test de aceptación se toman las medidas de dosis en un amplio rango de valores de mAs. En los controles de constancia (anuales) no es necesario tomar las medidas para todo el rango, pudiéndose seleccionar tres o cuatro valores de mAs convenientemente distribuidos.

Las medidas se realizarán inicialmente y tras cambios.

- a) Retirar el dosímetro y la placa de plomo que cubre el detector (en el caso de DR) manteniendo el maniquí de PMMA en la misma posición.
- b) Obtener imágenes en modo manual para los valores de mAs utilizados en el apartado e) del punto anterior. Si se está utilizando CR, utilizar el mismo IP para todas las exposiciones.
- c) Sobre las imágenes obtenidas en b) se mide el VMP y la DTP en una ROI de 4 cm^2 situado a 6 cm de la pared del tórax situada sobre la línea media de la imagen.
- d) Representar el VMP en función del KAD (obtenido en el punto anterior) y realizar un ajuste lineal.
- e) Calcular el offset del valor de píxel que corresponde al valor de la abscisa en el origen de la recta $VMP-KAD=ax+b$ y anotarlo.

$$\text{Offset}_{VMP}=(-b/a)$$

- f) La función de respuesta de los sistemas tipo CR es, en la mayoría de los casos, logarítmica del tipo:

$$VMP = a \ln(K) + b$$

donde K es el kerma a la entrada del detector.

TOLERANCIAS:

- Pruebas Iniciales:
Coeficiente de correlación $R^2 > 0,99$.
- Pruebas de Constancia:
Desviaciones respecto a los valores de referencia: Kerma < 20%; VMP < 20%.

All.-3.12.2.- Pérdida de la imagen en la pared del tórax

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios.

- a) Colocar una regla con marcas plomadas perpendicularmente a la pared del tórax y alineando la marca correspondiente a 10cm a la pared del tórax.
- b) Adquirir una imagen con CAE.
- c) En la imagen, obtener la diferencia entre la marca alineada y la marca visualizada

TOLERANCIAS: Anchura de la imagen perdida ≤ 5 mm.

All.-3.12.3.- Diferencias de sensibilidad entre fósforos (CR)

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios.

- a) Colocar un Chasis CR en el bucky. Es importante identificar los chasis utilizando etiquetas en las que además puede anotarse la fecha en la que se comenzó a utilizar.
- b) Colocar el maniquí estándar encima
- c) Adquirir las imágenes en modo automático.
- d) Debe dejarse entre 30 segundos y 1 minuto de retraso entre la exposición y la lectura del CR, pero siempre el mismo tiempo de retraso.
- e) Procesar los chasis obteniendo las imágenes originales.
- f) Si los factores de exposición cambiasen al obtener en cada chasis la imagen del maniquí estándar, añadir 0,5 cm de PMMA y comenzar la prueba desde el principio.
- g) Esta prueba hay que realizarla con todos los fósforos (chasis) y formatos existentes en la instalación.
- h) Calcular los valores de la RSR linealizados con el ROI estándar situado en la posición estándar.
- i) Esta prueba también puede realizarse a partir de los valores del índice de exposición.

TOLERANCIAS:

Intervalo RSR $\leq \pm 10\%$; Intervalo KASE (mAs) $\leq \pm 5\%$

En el caso de utilizar los índices de exposición las tolerancias serian: $S \leq \pm 5\%$ con respecto al valor medio

All.-3.12.4.- Uniformidad de la imagen

Uniformidad del receptor de la imagen

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios.

- a) Colocar 4,5 cm de PMMA sobre el Bucky.

- b) Realizar una exposición en condiciones clínicas.
- c) En las pruebas iniciales realizar exposiciones para 2 cm y 7cm de PMMA.
- d) Visualizar la imagen con una ventana de $\pm 10\%$ del VMP y observar la presencia de artefactos o cambios en la textura del ruido.
- e) Medir el VMP y la DTP de una ROI de 1cm^2 situada en 5 regiones de la imagen (centro y cuatro esquinas a unos 2cm de los bordes).
- f) Medir el VMP de la imagen completa.
- g) Calcular el valor medio de la RSR de todas las ROI.
- h) Comparar el VMP y RSR de cada ROI con el VMP de la imagen global y el RSR medio.

TOLERANCIAS

- Desviación máxima VMP de las ROI individuales con respecto al VMP global $<\pm 15\%$
- Desviación máxima RSR de las ROI individuales con respecto al RSR medio $<\pm 20\%$

Constancia en la uniformidad de la imagen

Las medidas se deben realizar semanalmente.

- a) Adquirir una imagen del maniquí estándar.
- b) Visualizar la imagen para detectar la presencia de artefactos debidos a suciedad, arañazos, marcas de dedos, imágenes remanentes etc.
- c) Medir VMP y la DTP en 5 ROIs tal y como se describe en el apartado anterior de la uniformidad del receptor de la imagen.
- d) Calcular el valor medio de la RSR de las 5 ROI.
- e) Calcular la máxima desviación entre la RSR individual y la RSR media y anotar el valor.
- f) Hallar los intervalos de los valores de la RSR y del KASE obtenidos en la medida de la uniformidad en los controles.

TOLERANCIAS

Intervalo de la desviación máxima de la RSR de las ROI de las imágenes obtenidas semanalmente $<\pm 5\%$. Intervalo mAs $<\pm 5\%$.

All.-3.12.5.- Barrido del Láser (sólo CR)

- a) Colocar una regla metálica perpendicular a la dirección de lectura de los chasis. (La lectura de los fósforos suele hacerse perpendicular a la dimensión mayor del chasis). Si solo se usa una regla metálica colocarla centrada en el chasis, en el caso de que se usen dos reglas este mismo test sirve para determinar que el sistema no presenta errores de escala y el tamaño de píxel.
- b) Exponer el chasis.
- c) Debe dejarse entre 30 segundos y 1 minuto de retraso entre la exposición y la lectura del CR, pero siempre el mismo tiempo de retraso.
- d) Procesar para obtener las imágenes originales.

- e) Visualizar los ejes de la regla utilizando una magnificación de 10x y seleccionando una anchura de ventana de aproximadamente el 10 % del valor medio del píxel.

TOLERANCIAS:

Imagen de un borde recto, sin variaciones ni puntos con distinto valor de gris.

AII-3.12.6.- Artefactos

Artefactos de CR

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios

- a) Colocar una rejilla de contacto para mamografía sobre el Bucky.
- b) Realizar una exposición con CAE.
- c) Buscar grupos, columnas o filas de píxeles sin respuesta (muertos) o con una variación mayor del 20% del VMP (defectuosos).

Los lectores de los CRs suelen acumular polvo que se va introduciendo en los chasis por lo que es conveniente abrir estos últimos y limpiarlos al menos una vez al mes.

Artefactos de DR

Las medidas se realizarán semanalmente, inicialmente y tras cambios

- d) Colocar una rejilla de contacto para mamografía sobre el Bucky.
- e) Realizar una exposición con CAE.
- f) Buscar grupos, columnas o filas de píxeles sin respuesta (muertos) o con una variación mayor del 20% del VMP (defectuosos).
- g) Comparar con el mapa de píxeles más reciente aportado por el fabricante
- h) En las pruebas semanales la lectura de píxeles muertos puede obtenerse en la prueba de campo plano del software del mamógrafo.

TOLERANCIAS: Comparar con las especificaciones del fabricante.

AII-3.13. Calidad de la imagen

Umbral de contraste

Las medidas se realizarán inicialmente y tras cambios.

- a) Colocar el maniquí CDMAM sobre el Bucky.
- b) Colocar las planchas de PMMA sobre el maniquí (4,5cm).
- c) Interponer espaciadores de material suave entre el PMMA y el compresor, evitando que cubran la imagen del maniquí, hasta obtener un espesor medido de 6cm.
- d) Realizar varias exposiciones (entre 4 y 8) con CAE desplazando ligeramente el maniquí sobre el detector en cada exposición.
- e) Visualizar la imagen y determinar el mínimo espesor visualizado (umbral de contraste) para cada diámetro.

TOLERANCIAS

Tamaño (mm)	Espesor umbral del disco de oro (μm)	
	Aceptable	Deseables
2	<0,069	<0,038
1	<0,091	<0,056
0,5	<0,150	<0,103
0,25	<0,352	<0,244
0,1	<1,68	<1,10

Constancia de la calidad de la imagen

Las medidas se realizarán semanalmente, inicialmente y tras cambios.

- Colocar el maniquí de calidad de imagen sobre el Bucky.
- Realizar una exposición (la técnica es seleccionada automáticamente por la unidad).
- Evaluar el número de detalles visualizados y anotar los valores.
- Repetir hasta obtener 3 imágenes y evaluarlas.

TOLERANCIAS

- La desviación entre el número de detalles visualizados y el valor de referencia debe ser \leq reproducibilidad del valor de referencia.

Resolución espacial

Las medidas se realizarán inicialmente y tras cambios.

- Colocar 4,5cm de PMMA sobre el Bucky.
- Colocar el patrón de resolución sobre el PMMA. Las barras del patrón deben formar un ángulo de 45° con el eje ánodo/cátodo.
- Obtener imágenes en modo automático.
- Evaluar las imágenes contando el número máximo de pares de líneas que se resuelven.

TOLERANCIAS

- La resolución no debe ser inferior a la resolución asociada con el tamaño de píxel.

$$\text{Resolución}_{\text{píxel}} = 1/2x \quad \text{dónde } x \text{ es el interespaciado entre píxeles.}$$

Distorsión geométrica

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios.

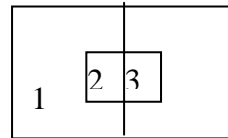
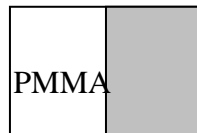
- Colocar la placa "Test de Wellhofer" (de radiografía convencional) sobre el Bucky o la rejilla de contacto de mamografía.
- Adquirir una imagen en modo automático.
- En la imagen del test de Wellhöfer medir los lados (horizontal y vertical) de un cuadro central y uno exterior, medir también la diagonal de estos cuadros. En el caso de la malla de contacto evaluar visualmente las imágenes en busca de las posibles distorsiones.

TOLERANCIAS: Sin distorsión. No debe haber diferencia entre las medidas de los cuadros central y exterior.

Remanencia de la imagen

Las medidas se realizarán anualmente, inicialmente y tras cambios. Las placas de los CRs han de ser borradas con un borrado primario todos los días antes de comenzar a obtener imágenes de pacientes para evitar la acumulación de imágenes remanentes que disminuyen la sensibilidad de la placa.

- Situar el maniquí estándar de 4,5 cm de PMMA cubriendo únicamente la mitad del detector.
- Adquirir una imagen en modo manual seleccionando los factores de exposición utilizados en condiciones clínicas.
- Colocar el maniquí de 4,5 cm de PMMA cubriendo todo el detector y sobre el PMMA una lámina de Al de 0,2 mm de espesor centrada respecto del detector.
- Realizar una nueva exposición 1 minuto después de la primera imagen.
- Medir el VMP en las ROI indicadas con los números 1, 2 y 3 (ver imagen).



- Calcular el factor de remanencia usando la expresión:

$$FR = \frac{VMP(3) - VMP(2)}{VMP(1) - VMP(2)}$$

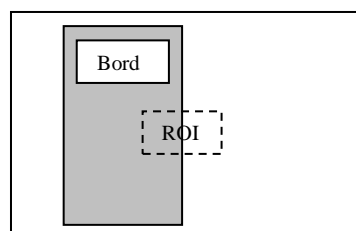
TOLERANCIAS

- FR < 0,3.

AII-3.14. Eficiencia de Detección Cuántica (DQE), Función de Transferencia de Modulación (MTF) y Espectro de Potencia de Ruido (NPS)

Las medidas se realizarán inicialmente y tras cambios. Se utilizará siempre la misma calidad de haz, para ello se posicionará una lámina de Aluminio de 2 mm a la salida del tubo antes de comenzar las medidas.

- Situar el borde de tungsteno sobre el detector de manera que el centro del borde esté situado a 6 cm del centro de la pared torácica y con una angulación de entre 1,5° y 3° respecto al eje vertical.
- Realizar una exposición en modo manual y en condiciones clínicas.
- Realizar una nueva exposición situando el borde de tungsteno de manera que el centro del borde esté situado a 6cm del centro de la pared torácica y con una angulación de entre 1,5° y 3° respecto al eje horizontal.
- Calcular la MTF con el software adecuado utilizando una ROI según la figura:



- e) Calcular la NPS con el software adecuado utilizando las imágenes obtenidas para el cálculo de uniformidad.
- f) Calcular la DQE con el software adecuado utilizando los valores obtenidos para la MTF y la NPS.

TOLERANCIAS: Utilizar como referencia los valores obtenidos durante la instalación del equipo.

AII-3.15. DOSIMETRIA: Exposición a la entrada de la mama y dosis glandular promedio

Las medidas se realizarán semestralmente, inicialmente y tras cambios.

- a) Se utilizan los valores medidos en las pruebas de compensación del CAE con el espesor y la tensión.
- b) Calcular el valor del kerma en aire en la superficie de entrada (KASE) utilizando la siguiente expresión:

$$KASE=(mGy/mAs) \cdot mAs (f_1/f_2)^2$$

Dónde:

- mGy/mAs es el rendimiento del tubo
 - mAs es la carga del tubo necesaria para obtener la imagen con CAE.
 - f_1 es la distancia del centro del dosímetro al foco del tubo.
 - f_2 es la distancia entre la superficie de entrada del maniquí estándar y el foco del tubo.
- c) Calcular el valor de la dosis glandular (DG) con la siguiente expresión:

$$DG=KASE \cdot c \cdot g \cdot s$$

Utilizando los valores de c, g y s de las tablas siguientes

Valor del producto de los coeficientes c-g para mamas simuladas con PMMA:

Espesor PMMA	Espesor mama equivalente	Glandularidad mama equivalente	HVL (mm Al)						
			0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
20	21	97	0,336	0,377	0,415	0,450	0,482	0,513	0,539
30	32	67	0,245	0,277	0,308	0,338	0,368	0,399	0,427
40	45	41	0,191	0,217	0,241	0,268	0,296	0,322	0,351
45	53	29	0,172	0,196	0,218	0,242	0,269	0,297	0,321
50	60	20	0,157	0,179	0,198	0,221	0,245	0,269	0,296
60	75	9	0,133	0,151	0,168	0,187	0,203	0,230	0,253
70	90	4	0,112	0,127	0,142	0,157	0,173	0,194	0,215

80	103	3	0,097	0,110	0,124	0,136	0,150	0,169	0,188
----	-----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Valor del coeficiente s:

Combinación ánodo/filtro	Mo/Mo	Mo/Rh	Rh/Rh	Rh/Al	W/Rh	W/Al
Factor S	1	1,017	1,061	1,044	1,042	1,05

TOLERANCIAS

Espesor (cm)		DG (mSv)	
PMMA	Mama	Aceptable	Deseable
2	2,1	<1,0	<0,6
3	3,2	<1,5	<1,0
4	4,5	<2,0	<1,6
4,5	5,3	<2,5	<2,0
5	6	<3,0	<2,4
6	7,5	<4,5	<3,6
7	9	<6,5	<5,1

AII-3.16. MONITORES

El principal soporte para la visualización de la imagen digital producida con fines diagnósticos es el monitor. El diagnóstico en estaciones de trabajo adecuadas permite, además, aprovechar al máximo todo el potencial de la imagen digital, maximizando la cantidad de información que el usuario es capaz de visualizar en la misma.

El sistema de monitorización es un sistema compuesto por varios elementos, desde el ordenador hasta el monitor, pasando por el sistema operativo, el software utilizado o el controlador del monitor, cada uno de los cuales puede modificar la forma en la que visualizaremos la imagen. Una misma imagen visualizada en dos sistemas idénticos con distintos softwares de visualización pueden darnos dos imagen distinta en la pantalla.

Existen varios protocolos basados en estándares, que se ocupan del control de calidad de monitores empleados en radiodiagnóstico pero el más extendido y aceptado es el desarrollado por el Task Group 18 (TG18) de la Asociación Americana de Física Médica (AAPM). Las pruebas que se detallan a continuación están basadas en la utilización de los patrones de imagen del TG18.

INSPECCIÓN VISUAL

Debe realizarse antes que nada una primera inspección del monitor, que se realizará de manera cualitativa, observando una imagen de prueba (TG18-QC-figura 1)

A simple vista se comprobará que no se visualizan artefactos, la resolución espacial y de contraste y la distorsión geométrica. Se prestará atención a la aparición de píxeles defectuosos, inestabilidades del brillo (parpadeo), interferencias, temblores en la imagen...

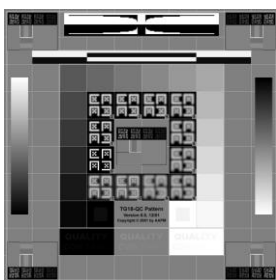


Figura All.16-1 TG18-QC

Se procederá entonces a una inspección cualitativa del monitor. Para ello, se visualizará la imagen de prueba en el monitor de forma que ocupe el mayor espacio posible dentro de éste (en caso de monitores rectangulares, que llene al menos una dimensión) y centrada en el monitor.

Se comprobará en primer lugar la ortogonalidad de las líneas verticales y horizontales. Se medirá el tamaño de los distintos cuadrantes en sentido vertical y horizontal.

TOLERANCIA: La distorsión total < 2% para monitores de diagnóstico y del 5% para monitores de visualización (referida al menor de los valores).

ILUMINACIÓN AMBIENTAL

Se realiza con el monitor apagado. En una primera inspección se comprueba que no aparecen puntos de luz reflejados en la pantalla ni en el campo de visión del usuario.

Se mide a continuación la iluminación que debe hacerse con el fotómetro situado en el centro del monitor y el detector mirando hacia fuera, con la pantalla apagada con ello se consigue medir la luz que incide sobre la superficie del monitor.

En mamografía, se comprobará que la iluminación ambiental sea menor que 15 lux, situando el fotómetro en la pantalla mirando hacia el observador.

RESPUESTA EN LUMINANCIA

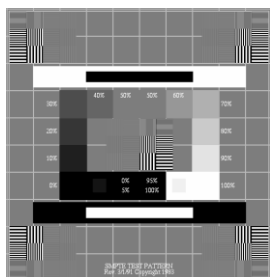


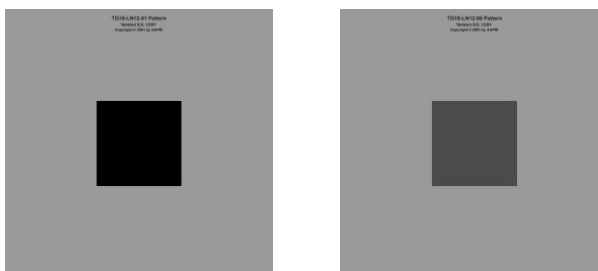
Figura All.16-2 Test SMPTE

Se mide la luminancia con una imagen negra y una blanca. Si se usa el test SMPTE se deberá magnificar la imagen de forma que el cuadrado respectivo ocupe toda la pantalla. Se mide con un medidor telescópico para incluir la luminancia ambiente.

En mamografía, se debe cumplir que la luminancia máxima sea mayor de 170cd/m² para diagnóstico y 100cd/m² para visualización y la diferencia en luminancia entre monitores de la misma estación de trabajo debe ser inferior a un 5%. Entre el valor máximo y mínimo de Luminancia debe haber un factor de 250 para diagnóstico y 100 para visualización.

CURVA DE BRILLO

Se mide la luminancia para las distintas imágenes del test TG18-LN12.



La relación del brillo con el valor de gris es del tipo $LogB = gLogG + C$

Figura AII.16-1 TG18-LN-1

Figura AII.16-2 TG18-LN12-6

Se determinará g inicialmente y se comprobará anualmente que no varía este valor.

En mamografía, la diferencia entre las medidas y la curva DICOM no debe superar el 10% para monitores de diagnóstico y el 20% para monitores de visualización.

UNIFORMIDAD DEL BRILLO

El objetivo es determinar la variación del brillo en la superficie de la pantalla, para ello es necesario un medidor de luminancia de contacto. En caso de utilizar uno telescópico debe acoplarse al fotómetro un cono que minimice la iluminación ambiental y la procedente de otros puntos de la pantalla.

Se realiza la medida de la luminancia en el centro de la pantalla y en los 4 cuadrantes con los test TG18-UNL10 y TG18-UNL80.

TOLERANCIA:

$$2 * \frac{(L_{\max} - L_{\min})}{(L_{\max} + L_{\min})} < 0.3$$

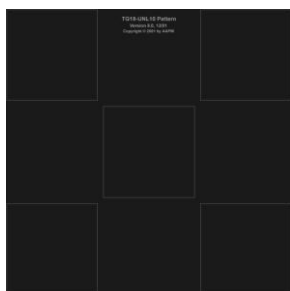


Figura AII.16-3 TG18-UNL10

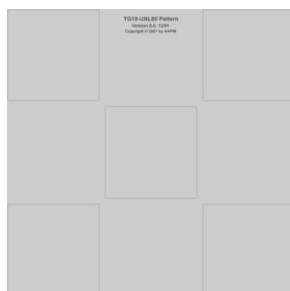


Figura AII.16-4 TG18-UNL80



Figura AII.16-5 TG18-LPH

RESOLUCIÓN ESPACIAL DE ALTO Y BAJO CONTRASTE

Se visualizarán en el monitor las imágenes test TG18-LPH y TG18-LPV, para los distintos brillos. Se debe visualizar correctamente la imagen del patrón de barras correspondiente a la frecuencia de Nyquist del monitor en dirección horizontal y vertical, y en toda la superficie del monitor. Así mismo, deberán ser visibles diferencias de contraste del 5%.

VELO LUMINOSO

El velo luminoso hace referencia a la pérdida de información que, debido a la dispersión, por parte de la pantalla de la luz emitida desde el interior, afecta a los monitores de diagnóstico.

Evaluación Visual: Deberán ser visibles al menos tres de los objetos de contraste del patrón TG18 GV o TG18 GVN.

Evaluación Cuantitativa:

Utilizando un medidor de luminancia telescópico, los patrones TG18 GQs y las condiciones de iluminación adecuadas se puede cuantificar el velo luminoso como:

$$V = (LB - LN) / (L - LN)$$

Donde L es la luminancia del área oscura de la región central del objeto TG18-GQ, LB es la es la luminancia de la región central del patrón TG18-GQB y LN es la luminancia de fondo medida en el centro del patrón TG18-GQN.

Los valores para monitores de diagnóstico y de visualización serán respectivamente $V \geq 400$ y $V \geq 150$.