

MEDICIÓN DE LA ATENUACIÓN RESULTANTE EN INCUBADORAS DURANTE LA TOMA DE IMÁGENES DE RAYOS X CON EQUIPOS PORTÁTILES DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO MAYOR MEDERI

Ana María Villarreal Alarcón

Práctica Profesional

**Ing. Lilian Moreno
Ing. Pedro Antonio Aya**



**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C
2021**

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Colombiana de Ingeniería y al Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario que me han formado como profesional. A mi madre que me apoya incondicionalmente, a mi hermano que me ha enseñado y acompañado, a mi padre que complementa nuestra familia, a mi compañero de vida David que me ha hecho una mejor persona.

A mi tutora Lilian Moreno que ha confiado en mí para compartir sus mejores saberes, al Hospital Universitario Mayor Méderi que me permitió aprender en sus instalaciones. A mis maestros, a mis compañeros que han acompañado todo este proceso.

Al Ingeniero Pedro Aya que me instruyó en la realización de este documento, al ingeniero Alexander que creyó en mí al permitirme ingresar a la carrera, a todos los que han confiado en mí y me han apoyado en los momentos más difíciles.

A la maestra Kelly Montilla.

A mi país y al pueblo colombiano que añoro, tendrá un mejor futuro.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. General.....	10
2.2. Específicos	10
3. METODOLOGÍA.....	11
4. RESULTADOS	24
5. DISCUSIÓN.....	36
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	44
7. CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS	46
ANEXOS.....	47
GLOSARIO.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación física de las primeras 6 combinaciones incubadora- rayos x.....	23
Tabla 2. Evaluación física de las últimas 6 combinaciones incubadora- rayos x	24
Tabla 3. Prueba de atenuación RABBE INCU e ISOLETTE C2000	25
Tabla 4. Prueba de atenuación ISOLETTE 8000 e ISOLETTE 8000plus	26
Tabla 5. Prueba de ajuste kV RABBE INCU.....	26
Tabla 6. Prueba de ajuste kV ISOLETTE C2000.....	28
Tabla 7. Prueba de ajuste kV ISOLETTE 8000.....	28
Tabla 8. Prueba de ajuste kV ISOLETTE 8000plus	29
Tabla 9. Resultados de los porcentajes de atenuación por objetos.....	31
Tabla 10. Promedio del porcentaje de atenuación de los objetos de todas las incubadoras.....	39
Tabla 11. Valor de kV requerido para el ajuste por técnica, SID y equipos.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la incubadora.....	12
Figura 2. Partes del equipo de rayos x portátil.....	13
Figura 3. Equipos de rayos x portátil.....	13
Figura 4. Equipos de incubadora.....	14
Figura 5. Luz guía del colimador centrada sobre la incubadora.....	16
Figura 6. Dosímetro sobre el detector centrado.....	16
Figura 7. Dosímetro sobre el pad.....	17
Figura 8. Dosímetro bajo el pad sobre la superficie de la bandeja.....	18
Figura 9. Dosímetro bajo la bandeja sobre la superficie del porta-chasis.....	18
Figura 10. Dosímetro dentro del porta-chasis.....	19
Figura 11. Formato de resultados para la evaluación.....	24
Figura 12. Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora tomadas con el equipo Polimobyl Plus.....	32
Figura 13. Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora tomadas con el equipo Mobilet XP Hibrid.....	32
Figura 14. Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora tomadas con el equipo DX-D100.....	32
Figura 15. ráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Rabbe Incu I tomadas con todos los equipos de rayos x.....	33
Figura 16. Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Isolette C2000 tomadas con todos los equipos de rayos x	33
Figura 17. Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Isolette 8000 tomadas con todos los equipos de rayos x.....	34
Figura 18. Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Isolette 8000 plus tomadas con todos los equipos de rayos x.....	34
Figura 19. Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV en todas las incubadoras tomadas con el equipo Polimobyl Plus.....	36
Figura 20. Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV tomadas con el equipo Mobilet XP Hibrid. A) Técnica tórax Max. SID.....	37
Figura 21. Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV en todas las incubadoras tomadas con el equipo DX-D100.....	38
Figura 22. Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV tomadas con la incubadora Rabbe Incu I con todos los equipos de Rayos X.....	38
Figura 23. Imagen daños físicos/artificios.....	41
Figura 24. Imagen contraste y atenuación.....	42

LISTA DE ANEXOS.

Anexo 1. Tablas de resultados usando el formato de la figura 8.....	25
Anexo 2. Gráficas de porcentajes prueba ajuste kV	25
Anexo 3. Imágenes RX.....	25

RESUMEN:

Las incubadoras son dispositivos médicos creados para proporcionar al paciente neonatal el ambiente correcto para su desarrollo y crecimiento. Estos dispositivos cuentan con una cabina transparente que permiten mantener la temperatura y humedad, además tiene un porta-chasis que sostiene el detector de rayos x, el cual permite realizar imágenes sin maniobrar al paciente. En el servicio UCI neonatal del hospital Universitario Mayor Méderi se observó que las imágenes de rayos x tomadas usando el porta-chasis de una incubadora generó un contraste que impidió el diagnóstico del paciente, el tecnólogo de radiología realiza más tomas buscando mejorar la calidad de la imagen pero a su vez aumenta la dosis de radiación del paciente, que al ser neonato requiere mayor atención a estos valores. Se busca revisar los porcentajes de atenuación existente en la mayor cantidad de incubadoras del servicio probando con todos los equipos de rayos x portátil posible, pues es con este equipo que se toma la imagen. Se encuentra un porcentaje de atenuación en los objetos del 5 al 36% y una atenuación total entre el 35 y 70%. Donde el equipo con mayor atenuación usa una bandeja de material metálico, y el equipo con menor atenuación usa objetos plásticos. Se recomienda realizar la revisión del material de cada incubadora antes de la compra con el fin de evitar al máximo la pérdida de calidad en las imágenes neonatales.

1. INTRODUCCIÓN

El Hospital Universitario Mayor Méderi, es una marca creada en 1946 fruto de la unión de tres instituciones, La caja de compensación Compensar, el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario y La orden Hospitalaria de San Juan De Dios, que con el objetivo de mejorar la calidad en servicios de salud para la comunidad en torno al paciente y familia, deciden restaurar las instalaciones de la antigua Clínica San Pedro Claver y la Clínica Misael Pastrana (Actualmente Hospital Universitario Barrios Unidos) para iniciar el funcionamiento de la institución.

El hospital nivel 4 y de alta complejidad, cuenta con una gran disponibilidad de servicios, también destaca en programas tales como La clínica del dolor, que demuestra el compromiso de la institución con el paciente, aliviando su dolencia en todo momento con el fin de dar la mejor experiencia dentro de sus instalaciones.

También, es un hospital de bajo impacto ambiental que busca cada vez de mejores estrategias tecnológicas y logísticas para reducir la contaminación, haciendo uso de paneles solares para calentamiento de agua, sistemas de ahorro de agua, planta de tratamiento de aguas residuales, equipos compactadores de residuos ordinarios, compactadoras para residuos orgánicos para crear abono y uso de luz led en gran parte de los servicios.

El equipo de biomédica del Hospital Universitario Mayor cuenta con un grupo de ingenieros y tecnólogos que llevan a cabo la misión de mantener el buen funcionamiento de los equipos biomédicos adicional a todas las documentaciones pertinentes y en norma que exige la ley colombiana, además de la planeación de inversión, programas de capacitación de equipos nuevos y existentes, planes de mantenimiento y calibración. También vigila la central de gas medicinal, el mantenimiento requerido del tanque de oxígeno y el sistema de distribución de gases manifold de soporte [1].

El hospital cuenta con el servicio 'UCI Neonatal' que se encarga de los pacientes neonatales que requieren cuidados especiales a raíz de alguna patología, donde una de estas es el nacimiento prematuro. Este servicio cuenta con su propio equipo de rayos x que permite atender con diligencia cual sea la necesidad inmediata para el diagnóstico de cualquiera de los pacientes que se encuentre allí, además de contar con un equipo de tecnólogos de radiología que asisten a la manipulación de todos los dispositivos portátiles de la institución.

Cuando el tiempo de gestación necesario de un bebé se ve disminuido, es posible que el neonato por su condición prematura, no logre mantener la temperatura corporal necesaria para poder vivir, de allí nace la necesidad de un equipo que simulara un ambiente propicio similar al del vientre de la madre para que el desarrollo del paciente pueda continuar. Inicialmente, las incubadoras únicamente buscaban dar un espacio en temperatura, humedad e iluminación ideal.

Con el desarrollo tecnológico, las empresas que desarrollan estos equipos crearon modelos que solucionaban más necesidades tales como la seguridad del espacio en que se va a alojar el paciente, control más riguroso de las variables, permitir posicionar la bandeja en que se recuesta el bebé, levantar y disminuir la altura del dispositivo, uso de sondas de

temperatura corporal, espacios diseñados para una manipulación más cómoda del paciente, entre otros [2].

Ante la necesidad de realizar imágenes de rayos X, se debía mover el paciente de la incubadora y ubicarlo sobre el panel del equipo, este proceso demostró que la manipulación del bebé y la alteración del ambiente podía favorecer el desarrollo de patologías graves como hipoxia y bradicardia, sin embargo, se desarrolló una pieza llamada porta chasis que permitía poner el panel del equipo bajo la camilla donde reposa el bebé, disminuyendo todos los riesgos relacionados [3].

La implementación de esta pieza ha solucionado una gran dificultad, pero así mismo, ha generado algunos inconvenientes, pues en 2019 el hospital Universitario Mayor Méderi evidenció una alteración en las imágenes tomadas empleando el porta-chasis de las incubadoras, se encontraba una imagen 'velada', lo que mostraba que existía una atenuación de la onda dando como resultado un menor contraste en la imagen resultante, dificultando el diagnóstico del paciente. También se encontraron trazos inusuales en varias imágenes.

La causa de esta atenuación provenía del uso de las almohadillas en que se reposan los pacientes, pues el material y el grosor de este elemento disminuye la entrada del detector y la relación contraste-ruido, obligando al tecnólogo aumentar la dosis del paciente y los valores de la técnica: Kilo Voltios (kV) y Amperaje por segundo (mAs), ya que era necesario repetir las tomas [4]. También, se encontró que los trazos inusuales eran causados por fracturas en los materiales de la bandeja de la incubadora, en el acrílico y demás piezas del equipo.

A raíz de esto, fue necesario verificar que otros defectos puede traer la imagen usando otros modelos de incubadora y si el origen de estos también depende del equipo de rayos x portátil.

La técnica que se emplea en rayos x establece un valor de kV y mAs para la toma de la imagen en una parte del cuerpo específica, ya que cada sección tiene distinta densidad y tamaño los valores se adaptan a la necesidad. El kV es el Voltaje, establece la velocidad de los electrones y el mAs controla la cantidad de electrones que se va a usar. El kV afecta directamente el contraste de la imagen y se resume en la penetrabilidad del rayo en la sección, pues entre mayor sea el valor de kV es menor el contraste de la imagen y menor el ruido. La cantidad de mAs afecta los bordes y definición de la imagen [5].

2. OBJETIVOS

2.1. General

Elaborar un informe para el servicio de imagenología que sirva como base para la configuración en la toma de rayos x en incubadoras a partir de los diferentes modelos existentes en el servicio de neonatos.

2.2. Específicos

1. Identificar los parámetros y características técnicas sobre el funcionamiento de los equipos de rayos x, utilizados en la toma de imágenes en el servicio de neonatos.
2. Hacer un diagnóstico físico de cada incubadora, para determinar la relación con los artefactos existentes en las imágenes adquiridas por rayos x.
3. Demostrar por medio de diferentes técnicas y pruebas la mejor configuración según el modelo de incubadora y equipo de rayos x empleado para adquirir imágenes con los equipos nombrados.
4. Analizar los resultados de las imágenes adquiridas y determinar otras fuentes de artefacto.

3. METODOLOGÍA



ETAPA 1: DEFINICIÓN DE LA TÉCNICA Y LA DISTANCIA

La generación de rayos x se realiza aplicando una diferencia de voltaje sobre un filamento, en ese orden de ideas, se puede modificar el valor de Amperaje también. La radiación llega a un panel o detector que tiene material radio sensible distribuido en celdas, lo que significa que cuando entra en contacto con el rayo cambia su composición o su estado inicial, dependiendo de la cantidad de rayos x que logre traspasar el tejido se afecta en mayor o menor medida el componente de la celda. Todas las celdas conforman la imagen resultante.

La técnica es la combinación de los valores de Kilo voltaje (kV) y mili Amperaje/segundo (mAs) aplicados en la toma de una placa de rayos x, se usan técnicas especiales para la visualización de distintos tejidos, pues dependiendo de la densidad de este se requiere mayor o menor fuerza del rayo.

Para iniciar la fase de prueba, se define la cantidad de técnicas que se van a emplear, además de los valores de kV y mAs correspondientes a cada técnica (se consulta al tecnólogo de radiología de la institución), luego se definen las distancias (SID: Source to Image Receptor Distance) en que se evaluarán las técnicas.

Se consulta en el servicio de radiología cuales son las técnicas que más se usan y las que más requiere el personal médico en pacientes neonatales, de esta forma se definen dos técnicas para el estudio:

- 1) Técnica para imagen de tórax neonatal: 62 kV, 2.5 mAs.
- 2) Técnica para imagen de abdomen neonatal: 60 kV, 2.5 mAs.

El servicio de radiología define una técnica para cada toma dependiendo de la zona anatómica que se desea visualizar a partir de cálculos y evaluaciones de la densidad del tejido, peso y altura del paciente, actualmente la legislación colombiana busca que cada institución que realice tomas radiológicas tenga un listado de técnicas definidas por paciente y zona anatómica.

Se definen dos distancias resultantes de la misma consulta al servicio de radiología, pues cuando se presenta la atenuación en la imagen gracias a los objetos de la incubadora, se disminuye la distancia de SID, con el fin de comprobar la variación de la dosis absorbida se emplean las siguientes distancias:

- 1) 100 cm.
- 2) 73 cm.

EVALUACIÓN

Para estas pruebas se emplearán incubadoras y equipos de rayos x. Las piezas de la incubadora se muestran en la figura 1.

Cada incubadora cuenta con una cabina transparente que tiene puertas de apertura/cierre en los laterales, tiene un pad/almohadilla cuya función es reposar el neonato de forma cómoda dentro de la cabina, también cuenta con una bandeja que aloja la almohadilla. Bajo la bandeja (Algunos equipos no cuentan con bandeja), se encuentra la estructura que aloja el porta-chasis, que a su vez sostiene la bandeja.



Figura 1: Partes de la incubadora.

El equipo de rayos x cuenta con una cabina que aloja el tubo generador del rayo la cual se muestra en la figura 2.A, esta cabina está al final de un brazo articulado (puede ser manipulado de forma mecánica o electrónica, figura 2.B) que permite acomodar en el

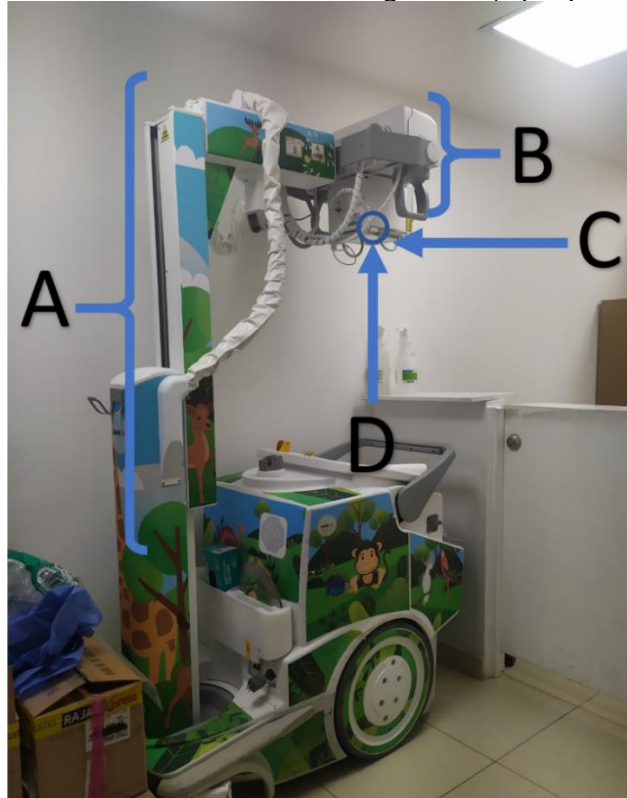


Figura 2: Partes del equipo de rayos x portátil. A) Brazo B) Tubo de rayos x C) Cristal D)Metro.

ángulo y altura. Este cuenta con una ventana, señalada en la figura 2.C que tiene una guía pintada en forma de 'cruz' demarcando el centro del vidrio, por la que pasa el rayo.

Entre la ventana y el tubo se encuentra el colimador, que permite limitar el rango en 'x' y 'y' de la salida del rayo por medio de unas perillas que se encuentran en la estructura que finaliza el brazo del equipo.



Figura 3: Equipos de rayos x portátil. A) Izquierda, DX-D100 B) Centro, Mobilet XP Hibrid C) Derecha, Polimobyl Plus. Imágenes tomadas de la página oficial de Siemens y Agfa.

A un lado de la salida del rayo, tiene integrada una luz que a través de la ventana proyecta una sombra que permite verificar la correcta dirección del rayo, en la figura 2 se puede ver como se proyecta la luz guía.

Al lado de la estructura que tiene el tubo, se encuentra un metro (se muestra en la figura 2.D) que permite identificar la distancia correcta del tubo al detector. Se puede identificar que este metro no inicia en cero, pues ya cuenta la distancia que hay desde donde se ubica el metro hasta la salida exacta del rayo del tubo, pues se puede evidenciar que el tubo tiene una distancia determinada desde el lugar donde se genera el tubo hasta la ventana por donde sale el rayo.



Figura 4: Equipos de incubadora de izquierda a derecha. A) Rabbe Incu I. B) Isolette C2000. C) Isolette 8000. D) Isolette 8000 plus. Imágenes tomadas de la pagina oficial de drager y atom.

A continuación, se aprecia una lista con la descripción de cada equipo que integrará este estudio. Con respecto a los equipos de rayos x, se aprecia que tipo de adquisición de imagen tiene y si el ánodo del equipo es rotatorio o fijo. Un ánodo fijo, indica que el lugar donde golpean los electrones siempre es el mismo, en cambio en ánodo rotatorio permite que el desgaste del ánodo sea uniforme en todo el material que lo compone. Se emplean los siguientes equipos de rayos x portátil mostrados en la figura 3:

- A) Rayos x portátil DX-D100, de AGFA, el equipo cuenta con transformación digital de la imagen de manera integrada. Ánodo rotatorio.
- B) Rayos x portátil Mobilet XP Hibrid, de SIEMENS, el equipo es análogo, por medio del software MUSICA, se permite emplear detector de AGFA para transformar la imagen a digital. Ánodo rotatorio.
- C) Rayos x portátil Polimobyl Plus, de SIEMENS, el equipo es análogo, por medio del software MUSICA, se permite emplear detector de AGFA para transformar la imagen a digital. Ánodo fijo.

El detector de AGFA es específico para uso en neonatos, pues a comparación de un detector para adultos, es más reducido en tamaño permitiendo adaptarse al espacio del porta-chasis de una incubadora.

Se emplean las siguientes incubadoras, se muestran en la figura 4:

- A) Rabbe Incu 1, de ATOM.
- B) Isolette C2000, de Dräger. Esta incubadora, tiene la bandeja y el porta-chasis en una sola pieza.
- C) Isolette 8000, de Dräger.
- D) Isolette 8000 plus, de Dräger.

También se emplea un dosímetro de la marca Unforce, modelo Multi-o-meter cuya unidad de medición es el Grey. Teniendo en cuenta la cantidad de incubadoras y equipos de rayos x portátil, se determinan 12 evaluaciones, donde cada una requiere una prueba física inicial, una prueba de dosimetría y una de imagen.

ETAPA 2: PRUEBA FÍSICA INICIAL

Esta prueba verifica si los daños de los objetos por los que pasa el rayo se relacionan con artificios que puedan verse en las imágenes adquiridas y no se conozcan aún, permitiendo encontrar otros causantes de figuras inusuales. Para tal fin, se realiza la evaluación de objetos de la incubadora. Los artificios son todas aquellas imágenes que cuentan con figuras anormales, causados por errores en la toma de la imagen o a elementos que no hacen parte del tejido.

Realizar un diagnóstico físico de la incubadora, evaluando los siguientes aspectos, indicando si existe el daño descrito y calificando de 1 a 10 la gravedad de este:

- Acrílico: opacidad y fisuras.
- Pad/Almohadilla: Fisuras y grosor.
- Bandeja porta-bebé: Oxidación y fisuras.
- Soporte de bandeja/porta-chasis: Oxidación y fisuras.

En cuanto al equipo de rayos x, verificar el tipo de ánodo, rotatorio o fijo.

ETAPA 3: PRUEBA DE DOSIMETRÍA

Se divide en dos secciones, atenuación y ajuste kV. En la sección 'Atenuación' y 'Ajuste kV', se explica el objetivo de las pruebas y su respectivo método de análisis. Esta segunda prueba, se debe realizar nuevamente con cada distancia (SID) y técnica que se haya definido.

A. ATENUACIÓN

Esta prueba tiene el objetivo de verificar la atenuación del rayo en cada una de las secciones de la incubadora. Por medio de un dosímetro, se mide el valor de la dosis absorbida en unidades de Grey, que indica la energía por kilogramo.

Si se mide la dosis absorbida luego de que el rayo pase por un objeto, se puede evaluar un porcentaje de atenuación comparándolo con un disparo libre (el disparo libre es cuando no existen obstáculos entre el tubo y el detector).

Así se verifica la atenuación del rayo en cada uno de los elementos que se encuentran en la cabina desde el acrílico hasta el lugar donde se aloja el porta-chasis. Se requiere un dosímetro y un detector neonatal para esta prueba.

El SID elegido se define como 'Y' (esta distancia se mide con el metro que se encuentra en cada equipo de rayos x portátil). En todos los disparos se debe usar la misma técnica, para realizar la prueba se deben seguir los siguientes pasos:

1. Ubicar el equipo de rayos x portátil como se muestra en la figura 5 a la distancia 'Y' del detector, ubicar el dosímetro sobre el detector como se muestra en la figura 6, disparar, medir la dosis absorbida y almacenar la imagen. Esta dosis será la dosis de referencia.
2. Ubicar el equipo de rayos x portátil centrado sobre la incubadora a la distancia 'Y' desde la superficie del pad, poner el detector en el porta-chasis, acomodar el dosímetro dentro de la incubadora sobre el pad como se muestra en la figura 7, disparar, medir la dosis absorbida y almacenar la imagen.



Figura 5: Luz guía del colimador centrada sobre la incubadora.



Figura 6: Dosímetro ubicado centrado sobre el detector para el disparo libre.

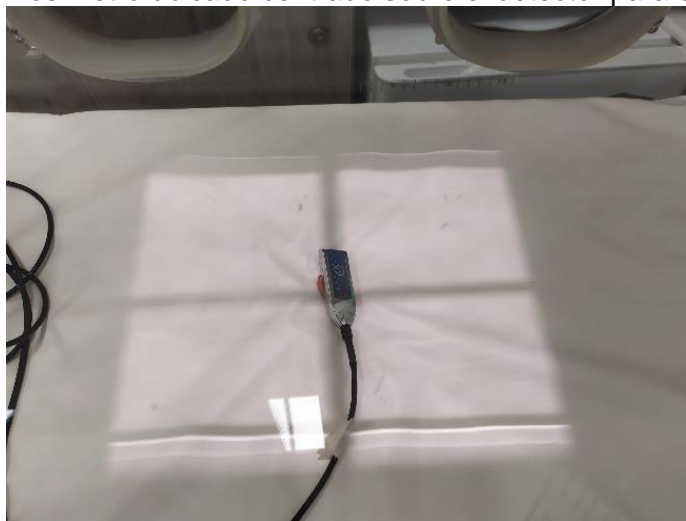


Figura 7: Dosímetro en el centro de la luz guía del colimador, ubicado sobre el pad.

3. Ubicar el equipo de rayos x portátil centrado sobre la incubadora a la distancia 'Y' desde la superficie de la bandeja, poner el dosímetro dentro de la incubadora sobre la bandeja bajo el pad como se muestra en la figura 8, disparar y medir la dosis absorbida.

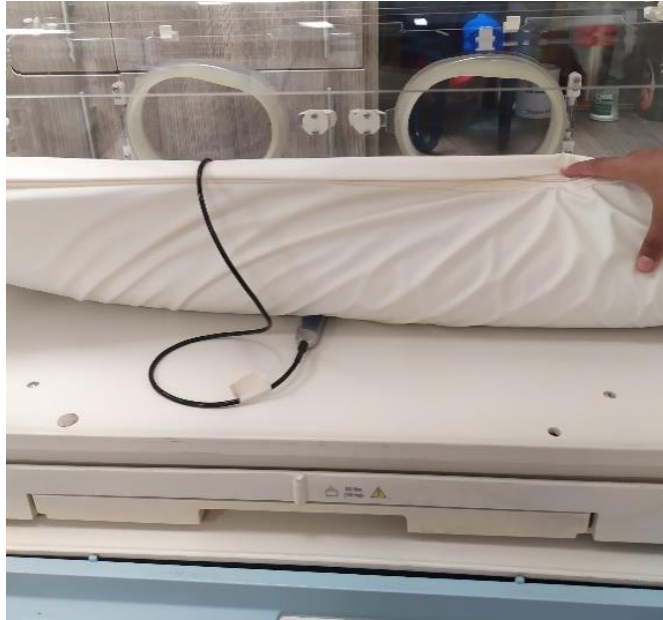


Figura 8: Dosímetro ubicado debajo del pad, en la superficie de la bandeja.

4. Ubicar el equipo de rayos x portátil centrado sobre la incubadora a la distancia 'Y' desde la superficie del porta-chasis, poner el dosímetro dentro de la incubadora sobre el porta-chasis bajo la bandeja como se muestra en la figura 9, disparar y medir la dosis absorbida.



Figura 9: Dosímetro ubicado bajo la bandeja, sobre la superficie del porta-chasis.

5. Ubicar el equipo de rayos x portátil centrado sobre la incubadora a la distancia 'Y' desde el interior del porta-chasis, poner el dosímetro dentro del porta-chasis como se muestra en la figura 10, disparar y medir la dosis absorbida.



Figura 10: Dosímetro ubicado dentro del porta-chasis.

MÉTODO DE ANÁLISIS DE LOS VALORES DE ATENUACIÓN: PORCENTAJE Y GRÁFICAS

PORCENTAJE DE ATENUACIÓN POR OBJETO

Para determinar el porcentaje de atenuación por objeto, se realiza el cálculo del porcentaje de atenuación en cada ubicación, esto permite verificar que elemento genera más atenuación y como varía dependiendo del modelo de incubadora y equipo de rayos x usado.

Gracias a que los valores de atenuación se toman aumentando la cantidad de objetos de la incubadora y no de forma individual, se debe realizar la resta de la dosis anterior, por ejemplo: para obtener el porcentaje de atenuación del pad, es necesario restar a la dosis del pad el valor de la dosis del acrílico, pues al realizar la prueba con ambos objetos el resultado del dosímetro será la suma de la atenuación del pad más el acrílico, así mismo con los demás porcentajes.

Hallar las atenuaciones en todas las incubadoras, diferenciadas por técnica, distancia y equipo de rayos x. Luego, ubicar todos los datos en una tabla. Seguir los siguientes pasos:

1. Determinar el porcentaje de atenuación del acrílico de la siguiente forma:
 $D1 = \text{Dosis de referencia} - \text{Dosis acrílico}$

$$\text{Porcentaje de atenuación acrílico} = \frac{D1}{\text{Dosis de referencia}} \times 100\%$$

2. Determinar el porcentaje de atenuación del pad de la siguiente forma:

$$D2 = \text{Dosis de referencia} - \text{Dosis pad}$$

$$\text{Porcentaje de atenuación pad} = \frac{D2 - D1}{\text{Dosis de referencia}} \times 100\%$$

3. Determinar el porcentaje de atenuación de la bandeja de la siguiente forma:

$$D3 = \text{Dosis de referencia} - \text{Dosis bandeja}$$

$$\text{Porcentaje de atenuación bandeja} = \frac{D3 - D2 - D1}{\text{Dosis de referencia}} \times 100\%$$

4. Determinar el porcentaje de atenuación del porta-chasis de la siguiente forma:

$$D4 = \text{Dosis de referencia} - \text{Dosis porta} - \text{chasis}$$

$$\text{Porcentaje de atenuación porta} - \text{chasis} = \frac{D4 - D3 - D2 - D1}{\text{Dosis de referencia}} \times 100\%$$

GRÁFICAS DE ATENUACIÓN

Con el fin de verificar visualmente la comparación de los equipos por modelo tanto de incubadora como de rayos x, se realiza una gráfica con todos los porcentajes hallados en el punto anterior.

Estas gráficas se realizan con los valores obtenidos en la prueba de atenuación. Para realizarlas, se siguen los siguientes pasos:

1. Realizar un gráfico Pieza de la incubadora vs Dosis por cada equipo (incubadora), donde se evidencien las tabulaciones de los tres equipos de rayos x portátil.

2. Realizar un gráfico Pieza de la incubadora vs Dosis por cada equipo de rayos x portátil, donde se evidencien las tabulaciones de las cuatro incubadoras.

B. AJUSTE kV

Esta prueba se realiza para buscar el valor de kV necesario para que la dosis absorbida del disparo libre sea igual al obtenido usando el detector en el porta-chasis (ya que, en esta ubicación, se atraviesan todos los objetos de la incubadora durante la toma de la imagen).

Luego de esto, es posible verificar que porcentaje de aumento de kV es necesario en cada equipo de rayos x e incubadora, además de permitir comparar estos resultados entre equipos y distancias.

Se requiere un dosímetro y un detector neonatal para esta prueba. El SID elegido se define como 'Y'. En todos los disparos se debe usar la misma técnica:

1. Ubicar el equipo de rayos x portátil centrado sobre la incubadora a la distancia 'Y' desde el interior del porta-chasis y poner el dosímetro dentro del porta-chasis.
2. Aumentar el valor de kV, disparar y medir la dosis absorbida.
3. Repetir el paso 2 hasta que la dosis absorbida sea lo más cercana posible a la dosis de referencia.
4. Cuando la dosis absorbida sea lo más cercana posible a la dosis de referencia, se ubica el dosímetro dentro de la incubadora sobre el pad, se acomoda el detector dentro del porta-chasis, se dispara, se mide la dosis final y se almacena la imagen obtenida.

MÉTODO DE ANÁLISIS DE LOS VALORES DE AJUSTE kV: PORCENTAJES Y GRÁFICAS.

PORCENTAJE AUMENTO DE kV FINAL (%kV)

Hallar los aumentos de kV en todas las incubadoras, diferenciadas por técnica, distancia y equipo de rayos x. Luego, ubicar todos los datos en una tabla. Determinar el aumento de kV de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de aumento kV} = \frac{kV \text{ técnica} - kV \text{ final}}{kV \text{ técnica}} \times 100\%$$

PORCENTAJE AUMENTO DE DOSIS POR DISTANCIA (%D)

Hallar los aumentos de dosis en todas las incubadoras, diferenciadas por técnica, distancia y equipo de rayos x. Luego, ubicar todos los datos en una tabla. Determinar el porcentaje de aumento de dosis de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de aumento} = \frac{\text{Dosis final} - \text{Dosis de referencia}}{\text{Dosis de referencia}} \times 100\%$$

PORCENTAJE DIFERENCIA DE DOSIS ALCANZADA (%E)

Hallar los aumentos de dosis en todas las incubadoras, diferenciadas por técnica, distancia y equipo de rayos x. Luego, ubicar todos los datos en una tabla. Determinar el porcentaje de aumento de dosis de la siguiente forma.

$$\text{Porcentaje de diferencia} = \frac{\text{Dosis de referencia} - \text{Dosis alcanzada}}{\text{Dosis de referencia}} \times 100\%$$

GRÁFICAS DE AJUSTE kV

Con el fin de verificar visualmente la comparación de los equipos por modelo tanto de incubadora como de rayos x, se realiza una gráfica con todos los porcentajes hallados en el punto anterior.

Estas graficas se realizan con los valores obtenidos en la prueba de ajuste kV. Para realizarlas, se siguen los siguientes pasos:

1. Realizar un gráfico de barras diferenciado por Pieza de la incubadora vs porcentaje de kV, porcentaje de aumento y porcentaje de diferencia por cada equipo (incubadora), donde se evidencien las tabulaciones de los tres equipos de rayos x portátil.
2. Realizar un gráfico de barras diferenciado por Pieza de la incubadora vs porcentaje de kV, porcentaje de aumento y porcentaje de diferencia por cada equipo de rayos x portátil, donde se evidencien las tabulaciones de las cuatro incubadoras.

ETAPA 4: ANÁLISIS DE IMÁGENES

RELACIÓN ENTRE LOS DAÑOS FÍSICOS Y LOS ARTEFACTOS

Se realiza una comparación de la imagen de disparo libre contra la tomada con el detector dentro del porta-chasis, con el objetivo de relacionar los daños físicos de la

incubadora y los artefactos encontrados en la segunda imagen mencionada. Estas imágenes son adquiridas en la prueba de atenuación.

MEJORA DE IMAGEN

Se realiza una comparación de la imagen tomada con el detector dentro del porta-chasis sin ajuste y la imagen con el ajuste final, con el objetivo de verificar las variaciones en contraste y definición. Estas imágenes son adquiridas en la prueba de atenuación y la prueba de ajuste kV.

4. RESULTADOS

Para la evaluación se realizó un formato que permitiera diligenciar la información necesaria, tal formato se muestra en la figura 11. Todas las tablas se muestran en el anexo 1, las cuales contienen toda la información del estudio.

FORMATO DE PRUEBAS INCUBADORA- RX PORTATIL					
Incubadora: Rabbe Incu I		Marca: ATOM		Anodo: Fijo	
RX: Polymobil Plus		Marca: SIEMENS		Escala Kv: Variable	
Técnica: Rx Tórax Kv:62 mas:2.5			Técnica: Rx Abdómen Kv:60 mas:1		
	SDI 93cm	SDI 76cm		SDI 93cm	SDI 76cm
Ubicación	µGy	µGy	Ubicación	µGy	µGy
Libre	87,62	127,6	Libre	34,66	50,41
Acrilico	70,19	100,1	Acrilico	27,46	39,89
Pad	62,33	91,37	Pad	24,53	36,02
Bandeja	55,47	80,05	Bandeja	21,47	31,67
Porta-chasis	45,65	67,79	Porta-chasis	18,16	25,83
Ajuste 4kv	54,63	80,26	Ajuste 5kv	22,48	31,3
Ajuste 8kv	62,69	92,46	Ajuste 10kv	27,23	37,81
Ajuste 13kv	73,58	108,5	Ajuste 17kv	33,35	45,25
Ajuste 17kv	83,82	123,1	Ajuste 19kv	35,5	49,37
Ajuste 19kv	87,96	128,8	Ajuste 21kv	37,37	51,61
Ajuste 21kv	94,11		Ajuste 30kv		
Ajuste 23kv	98,37		Ajuste 33kv		
Ajuste 34kv			Ajuste 34kv		
Dosis final	127,7	187,6	Dosis final	50,58	74,24
EVALUACIÓN FÍSICA					
Acrilico			Almohadilla		
Fisuras:	Si	3	Fisuras:	No	0
Opacidad:	Si	1	Grosor:	1 cm	
Bandeja			Soporte de bandeja		
Corrosión:	No	0	Fisuras:	No	0
Fisuras:	No	0	Corrosión:	No	0

Figura 11: Formato empleado para cada una de las pruebas de atenuación y ajuste kV. En la figura 8 se puede apreciar la existencia de la tercera distancia, 50 cm. No fue posible la toma de este resultado gracias a que el tamaño de la cabina limitaba la longitud necesaria.

ETAPA 2: EVALUACIÓN FÍSICA INICIAL

Para realizar las pruebas físicas y de dosis, se usaron las incubadoras del servicio UCI Neonatal, por lo tanto, es importante resaltar que los equipos se tomaban en calidad de préstamo una vez se encontraran sin paciente. Igualmente, con los equipos de rayos x portátil del servicio de Imágenes Diagnósticas, la disponibilidad de estos equipos depende de la necesidad del hospital, pues se usa en el servicio de urgencias, hospitalización y donde se requiera. Todo esto indica que el avance de las pruebas depende de la disponibilidad de los equipos.

A continuación, se muestran las tablas 1 y 2 con todos los resultados de la prueba física realizada organizada por combinación de equipos (incubadora – rayos x portátil).

Para la prueba realizada en las incubadoras del ATOM, cuyo único modelo a prueba fue la 'Rabee Incu I' se emplearon dos incubadoras, para la prueba con el equipo de rayos x 'Polimobyl Plus' y 'DX-D100' se usó una incubadora que se encontraba fuera de servicio, en cuanto a la prueba con el equipo 'Mobilet XP Hibrid' se empleó una incubadora en servicio.

Revisando la tabla 1, respecto a la incubadora rabee incu I, se evidencia perfecto estado de la bandeja porta-bebé, la almohadilla y el soporte de bandeja. En el acrílico se encuentran fisuras de baja gravedad, pues no son profundas. La bandeja es de plástico y por lo tanto no presenta corrosión, también tiene rayones superficiales muy irrelevantes. La almohadilla se encuentra en perfecto cuidado, y tiene el menor grosor de todas las incubadoras. El soporte de bandeja de esta incubadora es de metal y tampoco tiene daños relevantes, dentro aloja el porta-chasis que en este caso es de plástico.

Tabla 1: Evaluación física de las 6 primeras combinaciones de equipos.

EVALUACIÓN FÍSICA											
RABBE INCU I - POLIMOBYL PLUS											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	3	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	NO	0
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	NO	0	Grosor:	1 cm		Corrosión:	NO	0
RABBE INCU I - MOBILET XP HIBRID											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	3	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	NO	0
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	NO	0	Grosor:	1 cm		Corrosión:	NO	0
RABBE INCU I - DX D100											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	3	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	NO	0
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	NO	0	Grosor:	1 cm		Corrosión:	NO	0
ISOLETTE C2000 - POLIMOBYL PLUS											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	2	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	SI	2
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	NO	0	Grosor:	2 cm		Corrosión:	SI	1
ISOLETTE C2000 - MOBILET XP HIBRID											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	1	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	SI	1
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	NO	0	Grosor:	2 cm		Corrosión:	NO	0
ISOLETTE C2000 - DX D100											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	1	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	SI	1
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	NO	0	Grosor:	2 cm		Corrosión:	NO	0

Para las pruebas con el segundo modelo de incubadora 'Isolette C2000' Se emplearon tres incubadoras distintas que se encontraban todas en servicio.

En cuanto al segundo modelo de incubadora, analizando la Tabla 1, se encuentra una opacidad mínima, al igual que las fisuras superficiales del acrílico de la cabina. Este modelo de incubadora no cuenta con bandeja, el pad sin daños de 2 cm se aloja sobre el soporte de bandeja metálico que, a su vez, contiene el porta-chasis. Este soporte si cuenta con fisuras, y la incubadora que se emplea en las pruebas del rayos x portátil 'Polimobyl Plus' posee una fisura con corrosión.

Tabla 2: Evaluación física de las 6 últimas combinaciones de equipos.

EVALUACIÓN FÍSICA											
ISOLETTE 8000 - POLIMOBYL PLUS											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	2	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	SI	2	Fisuras:	SI	2
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	SI	1	Grosor:	3 cm	Corrosión:	NO	0	
ISOLETTE 8000 - MOBILET XP HIBRID											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	2	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	SI	2	Fisuras:	SI	2
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	SI	1	Grosor:	3 cm	Corrosión:	NO	0	
ISOLETTE 8000 - DX D100											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	1	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	SI	1
Opacidad:	SI	1	Fisuras:	SI	1	Grosor:	3 cm	Corrosión:	NO	0	
ISOLETTE 8000 PLUS - POLIMOBYL PLUS											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	1	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	SI	1
Opacidad:	NO	0	Fisuras:	SI	1	Grosor:	3 cm	Corrosión:	NO	0	
ISOLETTE 8000 PLUS - MOBILET XP HIBRID											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	1	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	SI	1
Opacidad:	NO	0	Fisuras:	SI	1	Grosor:	3 cm	Corrosión:	NO	0	
ISOLETTE 8000 PLUS - DX D100											
Acrílico			Bandeja			Almohadilla			Soporte de bandeja		
Fisuras:	SI	1	Corrosión:	NO	0	Fisuras:	NO	0	Fisuras:	SI	1
Opacidad:	NO	0	Fisuras:	SI	1	Grosor:	3 cm	Corrosión:	NO	0	

Es el mismo caso de las pruebas realizadas en la incubadora 'Isolette 8000' con los equipos 'Polimobyl Plus' y 'Mobilet Xp Hibrid', que emplearon la misma incubadora que se encontraba en servicio. Para el equipo de rayos x 'DX-D100' se usa otra incubadora también en servicio. Los acrílicos de ambas incubadoras cuentan con una baja opacidad y fisuras levemente pronunciadas, las bandejas de metal tienen fisuras también leves.

La almohadilla de la incubadora usada en prueba con los equipos de rayos x 'Polimobyl Plus' y 'Mobilier Xp Hibrid' cuenta con fisuras leves en el material que recubre la espuma del pad, a diferencia de la otra incubadora que tiene el pad en perfecto estado. El soporte de ambas bandejas tiene fisuras sin corrosión.

Acorde a la tabla 2, se observa que se usó en las tres pruebas del modelo 'Isolette 8000 plus' la misma incubadora, gracias a lo mencionado, las pruebas físicas tienen los mismos resultados.

El acrílico de la cabina no posee opacidad, con unas fisuras levemente pronunciadas. Este modelo si cuenta con bandeja metálica de un peso y grosor considerables, cuenta con fisuras mínimas sin corrosión. El porta-bandeja también metálico también cuenta con fisuras sin corrosión. El pad de este modelo es igual al empleado en el modelo 'Isolette 8000', de un grosor considerable de 3cm.

ETAPA 3: PRUEBA DE DOSIMETRÍA

A. ATENUACIÓN

Tabla 3: Resultados de las atenuaciones de las tres pruebas de rayos x de las incubadoras RABBE INCU I e ISOLETTE C2000.

INCUBADORA RABBE INCU I - POLIMOBYL PLUS						ISOLETTE C2000 - POLIMOBYL PLUS					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	93cm	76cm		93cm	76cm		91cm	73cm		91cm	73cm
Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%
Acrilico	19,9	21,6	Acrilico	20,8	20,9	Acrilico	8,2	14,2	Acrilico	7,0	11,2
Pad	9,0	6,8	Pad	8,5	7,7	Pad	3,6	4,9	Pad	5,2	5,5
Bandeja	7,8	8,9	Bandeja	8,8	8,6	Bandeja	0,0	0,0	Bandeja	0,0	0,0
Porta-chasis	11,2	9,6	Porta-chasis	9,5	11,6	Porta-chasis	18,5	20,4	Porta-chasis	17,2	22,3
INCUBADORA RABBE INCU I - MOBILET XP HIBRID						ISOLETTE C2000 - MOBILET XP HIBRID					
kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	100cm	74cm		100cm	74cm		100cm	73cm		100cm	76cm
Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%
Acrilico	6,2	16,3	Acrilico	10,5	9,7	Acrilico	7,6	13,8	Acrilico	9,2	1,7
Pad	9,3	9,7	Pad	9,8	9,4	Pad	7,9	9,0	Pad	5,7	8,3
Bandeja	10,8	4,9	Bandeja	7,9	7,0	Bandeja	0,0	0,0	Bandeja	0,0	0,0
Porta-chasis	10,0	10,9	Porta-chasis	8,9	11,1	Porta-chasis	15,7	16,1	Porta-chasis	16,3	17,9
INCUBADORA RABBE INCU I - DX D100						ISOLETTE C2000 - DX D100					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	100cm	74cm		100cm	74cm		100cm	73cm		100cm	73cm
Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%
Acrilico	5,4	6,8	Acrilico	11,3	9,4	Acrilico	13,7	11,0	Acrilico	19,4	12,4
Pad	9,0	12,5	Pad	8,4	10,2	Pad	6,7	8,3	Pad	6,7	9,0
Bandeja	9,8	7,6	Bandeja	8,8	8,8	Bandeja	0,0	0,0	Bandeja	0,0	0,0
Porta-chasis	9,8	10,4	Porta-chasis	9,1	10,0	Porta-chasis	16,7	17,9	Porta-chasis	15,3	16,6

En las tablas 3 y 4 se encuentran todos los resultados clasificados en filas (equipos de rayos x portátil) y columnas (incubadoras). Se evidencia que no en todos los casos fue posible realizar la muestra con la altura establecida (100 cm y 73 cm) ya que la altura de la cabina y la estructura de la incubadora limitaron el acercamiento del equipo de rayos x.

Se realiza la altura mayor y menor posible correspondientemente con la primera y segunda distancia al no poder cumplir con la establecida. Se observa en la tabla 3 que la incubadora ISOLETTE C2000 no cuenta con medida de dosimetría en la bandeja, esto gracias a que la bandeja y el porta-chasis son una sola pieza

La altura máxima que los equipos de rayos x pueden ofrecer para realizar la toma, varía dependiendo de la altura de la incubadora, es por ello que no fue posible lograr el SID máximo (100cm) y mínimo (73cm) en todas las pruebas.

Tabla 4: Resultados de la prueba de atenuación en los tres equipos de rayos x portátil en las incubadoras ISOLETTE 8000 e ISOLETTE 8000 plus.

ISOLETTE 8000 - POLIMOBYL PLUS						ISOLETTE 8000 plus - POLIMOBYL PLUS					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	95cm	79cm		100cm	79cm		100cm	79cm		100cm	79cm
Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%
Acrilico	15,8	16,5	Acrilico	14,6	17,7	Acrilico	21,4	11,2	Acrilico	21,5	10,2
Pad	1,2	5,9	Pad	2,0	4,6	Pad	5,9	2,5	Pad	2,9	6,2
Bandeja	35,0	30,1	Bandeja	37,5	33,1	Bandeja	23,0	28,2	Bandeja	23,6	26,1
Porta-chasis	16,0	16,7	Porta-chasis	14,9	14,0	Porta-chasis	11,0	11,6	Porta-chasis	11,9	11,9
ISOLETTE 8000 - MOBILET XP HIBRID						ISOLETTE 8000 plus - MOBILET XP HIBRID					
kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	100cm	73cm		100cm	73cm		100cm	78cm		100cm	78cm
Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%
Acrilico	21,5	18,8	Acrilico	23,4	18,3	Acrilico	27,0	12,1	Acrilico	27,3	11,5
Pad	6,4	2,2	Pad	4,8	4,1	Pad	4,6	7,5	Pad	3,7	6,6
Bandeja	31,5	32,4	Bandeja	30,0	29,6	Bandeja	17,6	26,4	Bandeja	16,8	28,9
Porta-chasis	6,1	14,2	Porta-chasis	7,0	14,6	Porta-chasis	8,6	5,4	Porta-chasis	9,0	3,0
ISOLETTE 8000 - DX D100						ISOLETTE 8000 plus - DX D100					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	100cm	80cm		100cm	80cm		100cm	73cm		100cm	73cm
Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%	Ubicación	%	%
Acrilico	11,9	10,8	Acrilico	3,4	33,1	Acrilico	16,4	22,9	Acrilico	17,9	22,7
Pad	7,6	8,8	Pad	6,9	5,8	Pad	5,5	3,3	Pad	6,3	4,2
Bandeja	26,0	29,4	Bandeja	33,0	22,4	Bandeja	27,2	22,8	Bandeja	25,7	23,0
Porta-chasis	11,0	10,0	Porta-chasis	11,5	7,1	Porta-chasis	7,6	9,1	Porta-chasis	8,7	9,3

Se evidencia en la tabla 4, que el equipo con menor acercamiento al valor mínimo de SID es la incubadora 'Isolette 8000 plus' con el rayos x portátil 'DX-D100'. El equipo con menor

acercamiento al valor máximo de SID es la incubadora 'Isolette C2000' con el equipo de rayos x portátil 'Polimobyl Plus'.

También se evidencia en las tablas 3 y 4 que los valores de kV de la técnica 'Tórax' no fue la misma, esto gracias a que no todos los equipos cuentan con la posibilidad de modificar el valor de kV por unidad (1kV), pues los equipos 'Mobilet XP Hibrid' y 'Polimobyl Plus' contaban con valores específicos, para acercarlo a los valores establecidos de kV se buscó el valor disponible más cercano a 62kV, que en ambos equipos fue 62kV.

En los equipos 'Isolette 8000' e 'Isolette 8000 plus' se evidencia una atenuación considerable de la dosis al tomar la prueba en la bandeja.

B. AJUSTE kV

En las tablas 5, 6, 7 y 8, se observa resaltado en amarillo los valores de kV que se eligieron para evaluar la dosis final (ya que son lo más cercanos posibles a la dosis del disparo libre como se explica en la metodología). En la fila 'final', se evidencia la dosis absorbida por el paciente medida usando la técnica aumentada (la técnica original más el ajuste) ubicando el dosímetro sobre el pad, pues es allí donde finalmente irá el paciente.

Tabla 5: Resultados de la prueba de ajuste kV de los tres equipos de rayos x portátil en la incubadora RABBE INCU I.

RABBE INCU I - POLIMOBYL PLUS						RABBE INCU I - MOBILET XP HIBRID						RABBE INCU I - DX D100					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	93cm	76cm		93cm	76cm		100cm	74cm		100cm	74cm		100cm	74cm		100cm	74cm
kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy
4	54,63	80,26	5	22,48	31,3	3	44,23	82,2	3	14,72	25,06	4	42,73	81,65	4	14,81	28,33
8	62,69	92,46	10	27,23	37,81	7	51,41	96,19	6	16,55	27,23	8	49,52	96,3	8	17,37	33,16
13	73,58	108,5	17	33,35	45,25	10	56,44	105,5	10	18,63	32,92	10	54,02	104,6	10	18,82	34,99
17	83,82	123,1	19	35,5	49,37	14	62,56	116,9	13	20,64	35,14	11	55,39		11		
19	87,96	128,8	21	37,37	51,61	18		129,6	17			12		112,2	12	20,32	38,16
21	94,11		30			22			21			13			13		40,02
23	98,37		33			27			25			14	61,22	118,4	14		
Final	127,7	187,6	Final	50,58	74,24	Final	85,75	169,7	Final	28,93	48,33	Final	74,02	161,5	Final	27,65	57,24

En la tabla 5 se puede observar que en todos los resultados de las pruebas tomadas en la incubadora 'Rabbe incu I' existe un ajuste igual o muy cercano para lograr la compensación de la dosis en todas las técnicas de todos los equipos de rayos x portátil.

La dosis final del paciente adquirida con los equipos 'Mobilet XP Hibrid' y 'DX-D100' en las técnicas 'Tórax' (63kV y 2.5mas) y 'Abdomen' (60kV y 1mas) son muy cercanas, a diferencia de la dosis final tomada con el equipo 'Polimobyl Plus' que es mucho mayor a las anteriormente mencionadas.

Sin embargo, es importante mencionar que las distancias establecidas en la metodología fueron menos alcanzables usando el equipo de rayos x 'Polimobyl Plus', gracias a la reducida posibilidad de ajuste del brazo a comparación de los otros dos equipos.

Tabla 6: Resultados de la prueba de ajuste kV de los tres equipos de rayos x portátil en la incubadora ISOLETTE C2000.

ISOLETTE C2000 - POLIMOBYL PLUS						ISOLETTE C2000 - MOBILET XP HIBRID						ISOLETTE C2000 - DX D100					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	91cm	73cm		91cm	73cm		100cm	73cm		100cm	76cm		100cm	73cm		100cm	73cm
kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy
4	64,03	90,65	5	26,34	36,94	3	48,77	85,49	3	15,98	26,68	4	39,88	81,91	4	13,94	28,46
8	74,93	104,5	6	0	0	7		98,8	6	18,43	30,2	8	46,55	95,78	8	16,43	32,97
10	79,39	0	8	29,28	0	10	62,22	107,6	10	21,25	36,41	10			10	17,7	
13		121,3	10	31,7	43,74	14	68,29	119,6	11			11			11		
15		128,1	13		48,14	18		133,8	12			12	53,93	111,1	12	18,92	38,35
17		137,3	15		49,79	22			13			13	55,16	114,3	13		39,51
31			33			27			14			14			14	20,46	
Final	108,3	180,5	Final	43,69	69,56	Final	82,55	165,9	Final	28,07	48,68	Final	73,61	152,2	Final	27,31	58,3

En la tabla 6 se evidencia que a pesar de que los valores de SID entre técnicas eran distintos el ajuste necesario fue igual o muy cercano, por otro lado las dosis finales de paciente tienen mayor diferencia excepto al comparar los resultados de la prueba realizada con el equipo de rayos x 'Polimobyl plus', que tiene dosis finales muy lejanas a las anteriores. Es importante resaltar que la última prueba mencionada, se alejó en 9cm al SID máximo estipulado en la metodología que las otras dos pruebas si lograron cumplir.

En la prueba realizada con el rayos x 'Mobilet XP Hibrid' se evidencia que el SID mínimo no fue el mismo en ambas técnicas, esto gracias a que en el momento de la prueba, el brazo no soportó el peso del tubo de igual forma que en la técnica tórax, por lo tanto se tomó la prueba con este SID.

Tabla 7: Resultados de la prueba de ajuste kV de los tres equipos de rayos x portátil en la incubadora ISOLETTE 8000.

ISOLETTE 8000 - POLIMOBYL PLUS						ISOLETTE 8000 - MOBILET XP HIBRID						ISOLETTE 8000 - DX D100					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	95cm	79cm		100cm	79cm		100cm	73cm		100cm	73cm		100cm	80cm		100cm	80cm
kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy
4	28,41	45,03	5	11,32	18,24	3	25,92	46,11	6	10,29	17,75	4	35,09		4	10,93	
8	33,42	54,23	10	14,18	23,29	8			10			8	41,54		8	12,99	
13	39,78	64,61	21	20,63	33,22	10	34,93	61,25	13	13,63	23,09	12	44,86	66,92	10		17,70
23	56,3	91,54	25	23,52		18	44,88	79,28	17		0	13	49,65		14	16,63	
31	72,27	114,8	28	25,69	41,3				21	17,01	29,17	15			18	19,49	24,56
34	78,11	124,5	30	27,71	44,69	27	59,82	78,71	25kv		33,75	20	58,83	86,76	19	20,55	
			33	29,88	48,07	33	70,68	125,1	30	22,77	37,91	22	60,69		22		28,03
			34						36		46,27	25	65,92	97,11	28		33,62
												26	68,13	100,9	31		36,1
												28	70		32		37,6
Final	173,6	300,8	Final	66,65	121,3	Final	135,2	210,5	Final	49,3	84,17	Final	122,7	184,2	Final	38,95	66,72

Con respecto a la tabla 7, se evidencia una necesidad mucho mayor de ajuste de kV a comparación de las vistas en la tabla 5 y 6. Los ajustes requeridos en cada prueba comparando las mismas técnicas no fue cercano, es importante resaltar que los valores de SID variaron mucho más, pues los equipos de rayos x 'Polimobyl Plus' y 'DX-D100' lograron SID mínimos con 6 cm y 7 cm de diferencia respectivamente.

En la prueba tomada con el equipo 'Polimobyl Plus' se disminuyó el SID máximo de la técnica Tórax en 5 cm gracias a que no fue posible reajustar el brazo a esta altura, pues la articulación no se logró ajustar para mantener los 100 cm necesarios.

Tabla 8: Resultados de la prueba de ajuste kV de los tres equipos de rayos x portátil en la incubadora ISOLETTE 8000 plus.

ISOLETTE 8000 plus - POLIMOBYL PLUS						ISOLETTE 8000 plus - MOBILET XP HIBRID						ISOLETTE 8000 plus - DX D100					
kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:63 mAs:2.5			kV:60 mAs:1			kV:62 mAs:2.5			kV:60 mAs:1		
	100cm	79cm		100cm	79cm		100cm	78cm		100cm	78cm		100cm	73cm		100cm	73cm
kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy	kV	μGy	μGy
4	36,78	62,09	5	14,71	24,89	3	33,35	59,75	3	11,58	19,56	4	31,23	58,96	4	10,72	20,3
8	43,08	72,27	10	18,49	30,76	7			6	13,2		8			10	13,97	
13	50,62	86,19	21	25,76	43,56	10	43,22	76,85	10	15,56	25,57	10	40,42	75,89	15		31,66
19	0	0	25	29,45		14			13	17,19		15	48,24		20	20,84	38,98
21	0	112	28			18	53,8	97,82	17	18,86	31,34	23	60,76	113,7	21	21,53	
23	70,18	119				22	61,49	111,2	21	20,92	35,09	24	62,16		22	22,07	41,41
26	76,42					27	71,34		25	24,19		25	63,78	119,3	23	22,07	42,75
28	81,89											26		123,4	25	22,07	45,63
Final	149,9	241,5	Final	57,46	92,78	Final	130,9	213,8	Final	41,76	63,03	Final	115,8	238,3	Final	42,12	84,78

En la tabla 8 se evidencia mayor uniformidad en la distancia máxima en todas las pruebas, a diferencia de la distancia mínima que no fue posible lograrla en los equipos de rayos x 'Polimobyl Plus' y 'Mobilet XP Hibrid', a diferencia del equipo 'DX-D100' que logró cumplir los valores de SID estipulados. Los valores de kV requeridos para el ajuste, fueron similares en las pruebas de los equipos 'Polimobyl Plus' y 'Mobilet XP Hibrid', igual que los valores de dosis final.

ANÁLISIS DE LOS VALORES DE ATENUACIÓN: PORCENTAJE Y GRÁFICAS

Realizando las tabulaciones propuestas en la metodología que son requeridas para analizar los datos, se inicia por los porcentajes de atenuación diligenciados en la tabla 9

Se realiza un gráfico de barras por cada incubadora probada con los tres dispositivos de rayos x portátil, también por cada equipo de rayos x con las 4 incubadoras, sumando un total de 28 gráficas las cuales se encuentran de la figura 9 a la 15.

Tabla 9: Resultados de los porcentajes de atenuación por objetos.

	RABBE INCU I				ISOLETTE C2000				ISOLETTE 8000				ISOLETTE 8000 plus			
	POLIMOBYL PLUS				POLIMOBYL PLUS				POLIMOBYL PLUS				POLIMOBYL PLUS			
	kV:62 mAs:2.5 93cm	kV:60 mAs:1 76cm	kV:62 mAs:2.5 93cm	kV:60 mAs:1 76cm	kV:62 mAs:2.5 91cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:62 mAs:2.5 91cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:62 mAs:2.5 95cm	kV:60 mAs:1 79cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 79cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 79cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 79cm
Ubicación	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Acrílico	19,89	21,55	20,77	20,87	8,17	14,21	7,03	11,16	15,77	16,51	14,62	17,66	21,42	11,18	21,48	10,16
Pad	8,97	6,84	8,45	7,68	3,65	4,95	5,25	5,46	1,19	5,87	1,96	4,64	5,88	2,47	2,92	6,20
Bandeja	7,83	8,87	8,83	8,63	0,00	0,00	0,00	0,00	34,96	30,05	37,50	33,08	23,01	28,21	23,62	26,07
Porta-chasis	11,21	9,61	9,55	11,59	18,50	20,43	17,16	22,28	16,04	16,72	14,92	13,96	11,04	11,64	11,95	11,95
	MOBILET XP HIBRID				MOBILET XP HIBRID				MOBILET XP HIBRID				MOBILET XP HIBRID			
	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 74cm	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 74cm	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 76cm	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 78cm	kV:63 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 78cm
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ubicación	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Acrílico	6,16	16,34	10,48	9,65	7,63	13,82	9,23	1,68	21,54	18,85	23,42	18,26	27,05	12,05	27,28	11,47
Pad	9,30	9,74	9,76	9,39	7,86	8,98	5,71	8,27	6,44	2,24	4,81	4,10	4,58	7,48	3,69	6,64
Bandeja	10,78	4,94	7,89	7,01	0,00	0,00	0,00	0,00	31,50	32,36	30,00	29,56	17,64	26,42	16,81	28,94
Porta-chasis	10,01	10,87	8,95	11,10	15,71	16,06	16,32	17,91	6,13	14,24	7,02	14,64	8,58	5,41	9,04	2,99
	DX D100				DX D100				DX D100				DX D100			
	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 74cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 74cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 80cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 80cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 73cm	kV:62 mAs:2.5 100cm	kV:60 mAs:1 73cm
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ubicación	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Acrílico	5,39	6,76	11,32	9,37	13,73	11,02	19,41	12,37	11,91	10,83	3,37	33,09	16,38	22,89	17,86	22,72
Pad	9,01	12,47	8,43	10,16	6,67	8,31	6,67	8,96	7,61	8,83	6,88	5,76	5,53	3,29	6,35	4,19
Bandeja	9,78	7,59	8,82	8,76	0,00	0,00	0,00	0,00	26,05	29,37	33,02	22,41	27,23	22,82	25,67	22,98
Porta-chasis	9,76	10,37	9,07	9,95	16,67	17,94	15,29	16,65	11,01	9,95	11,54	7,08	7,58	9,11	8,68	9,26

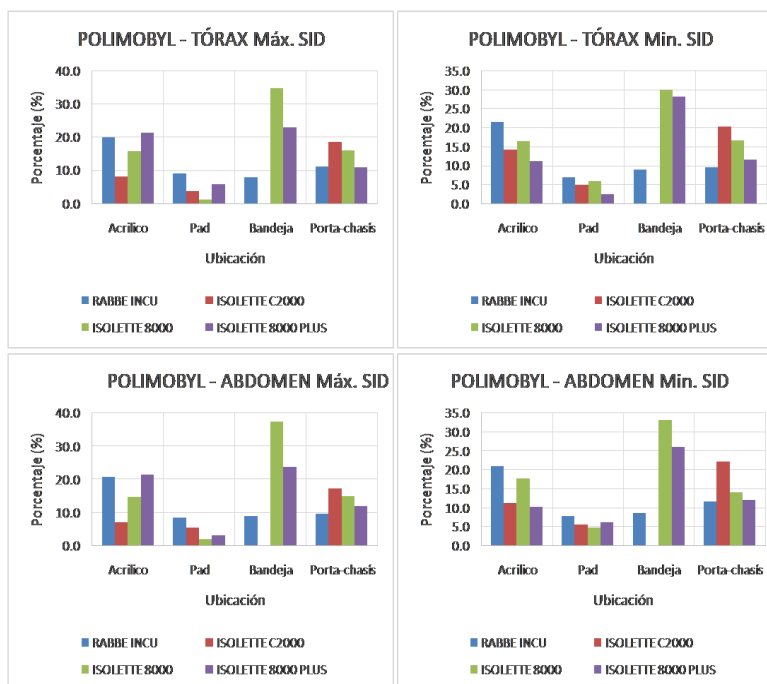


Figura 12: Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora tomadas con el equipo Polimobyl Plus. A) Técnica tórax Máx. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

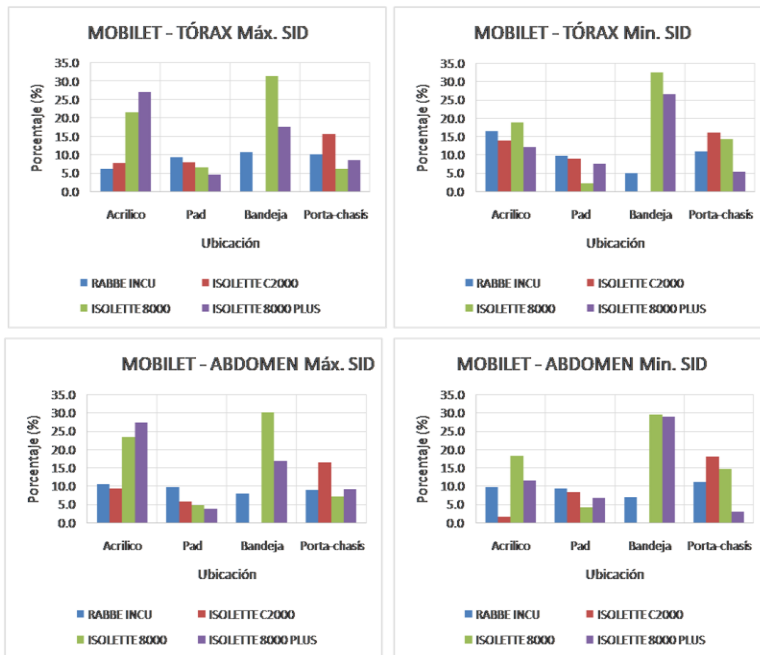


Figura 13: Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora tomadas con el equipo Mobilet XP Hibrid. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

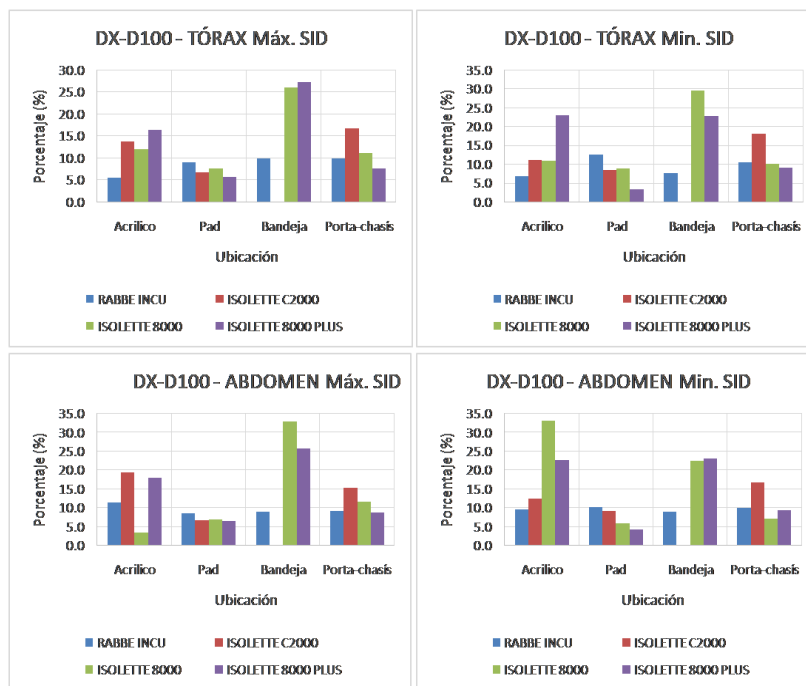


Figura 14: Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora tomadas con el equipo DX-D100. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

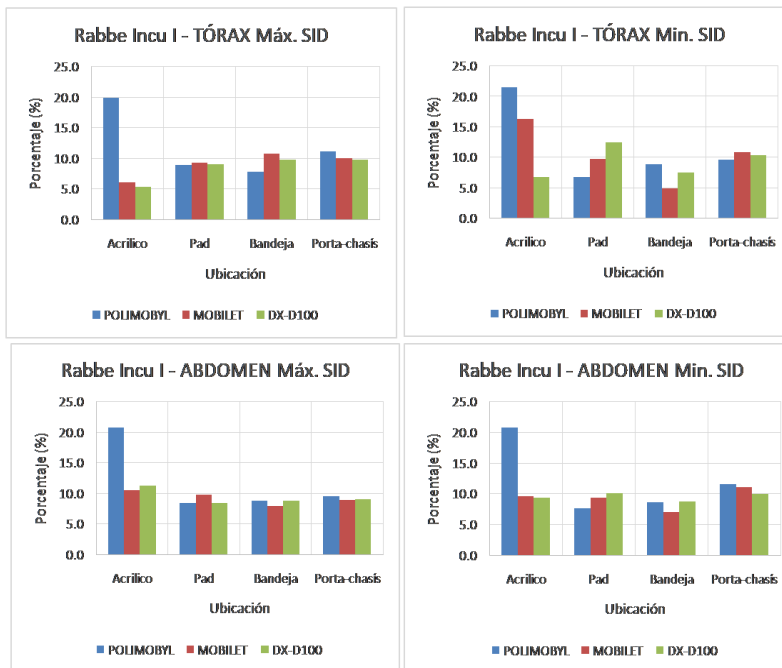


Figura 15: Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Rabbe Incu I tomadas con todos los equipos de rayos x. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

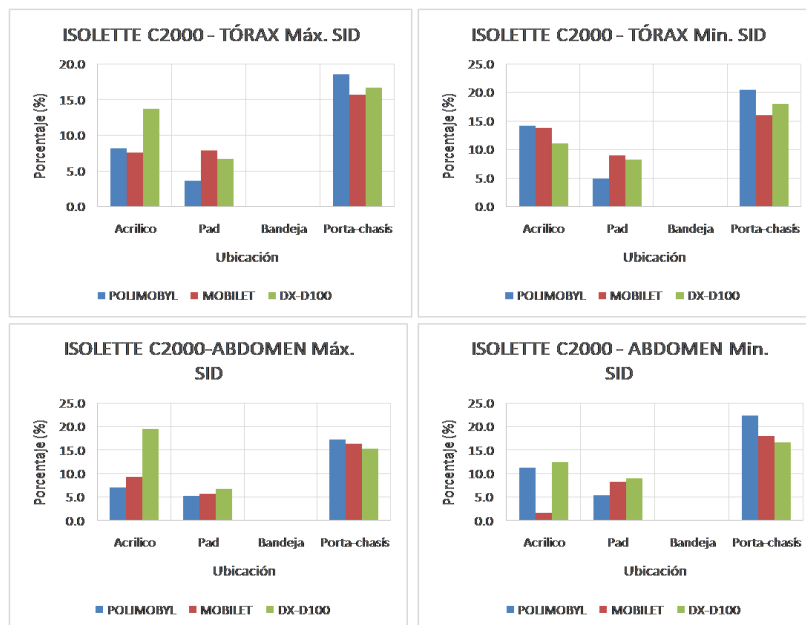


Figura 16: Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Isolette C2000 tomadas con todos los equipos de rayos x. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

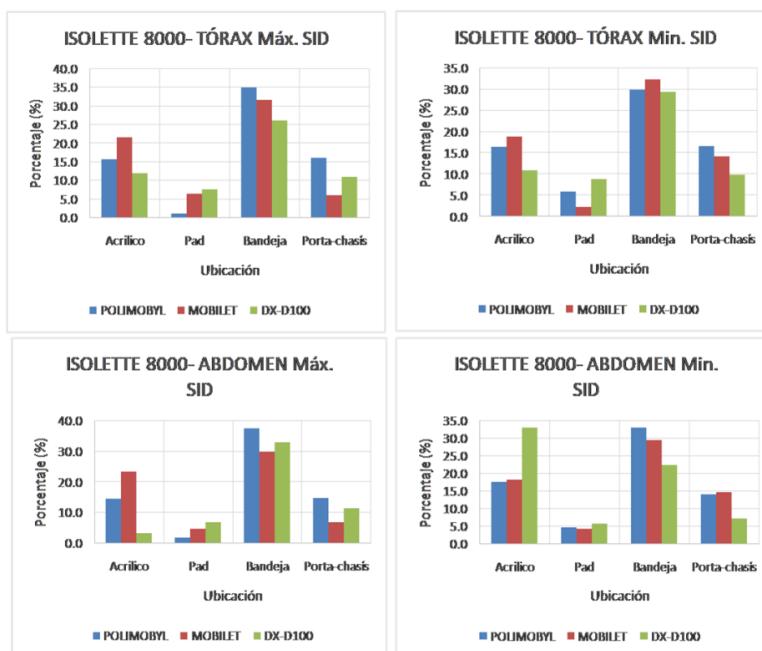


Figura 17: Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Isolette 8000 tomadas con todos los equipos de rayos x. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

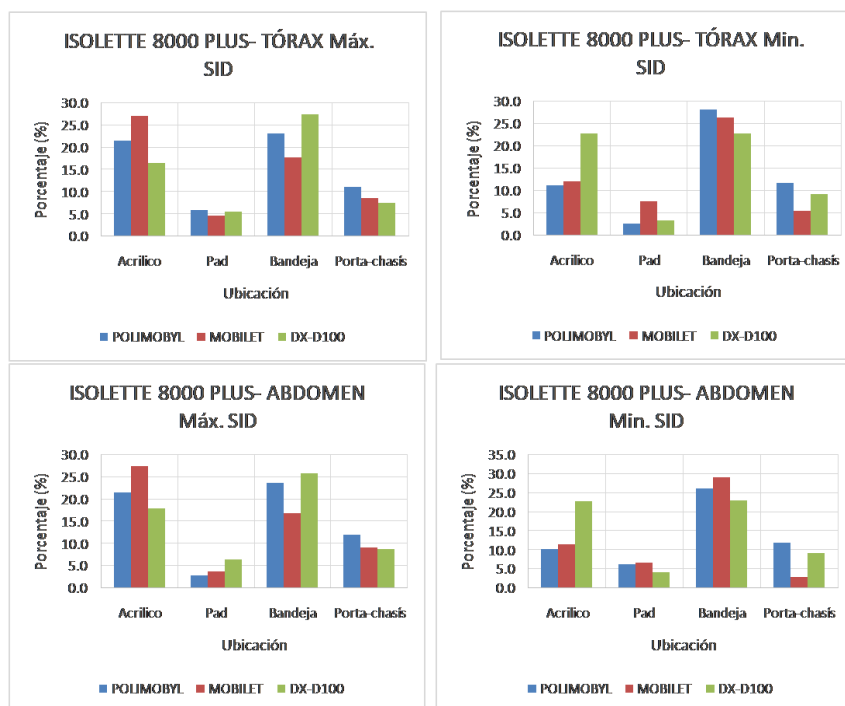


Figura 18: Gráfico de barras de la atenuación de cada objeto de la incubadora Isolette 8000 plus tomadas con todos los equipos de rayos x. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

5. DISCUSIÓN

En todas las gráficas clasificadas por equipo de rayos x, se encontró un comportamiento coincidente en la técnica tórax en máximo SID y la técnica abdomen en máximo SID. Igualmente, con las técnicas tórax en mínimo SID y la técnica abdomen en mínimo SID.

En todas las gráficas clasificadas por equipo de rayos x, se evidencia la mayor atenuación en el objeto 'Bandeja' en los equipos Isolette 8000 e Isolette 8000 plus.

Con respecto a la figura 12, el segundo elemento con mayor atenuación en las gráficas A y C, es el acrílico de los equipos Rabbe Incu e Isolette 8000 plus. En las gráficas B y D, el segundo elemento con mayor atenuación es el acrílico de los equipos Rabbe Incu I e Isolette C2000. El tercer objeto con mayor atenuación en las gráficas A, B, C, y D, es el porta-chasis del equipo Isolette C2000. Se evidencia una baja atenuación en los pad de todas las incubadoras.

En la figura 13 se evidencia en las gráficas A y C un alto porcentaje de atenuación en el acrílico de las incubadoras isolette 8000 y 8000 plus.

En la figura 14 se observa en las gráficas A, B y C, el segundo elemento de mayor atenuación es el acrílico de las incubadoras Rabbe Incu I e Isolette C2000. Con respecto al porta-chasis, se evidencia en todas las gráficas que la incubadora Isolette C2000 tiene el mayor porcentaje de atenuación.

En cuanto a las gráficas que comparan las atenuaciones entre equipos de Rayos x, se evidencia en la figura 15 en las gráficas A, B, C y D, el valor más alto de atenuación en el acrílico probado con el equipo Polimobyl Plus. También, la gráfica A y C tienen comportamientos coincidentes al igual que en las gráficas B y D. En la gráfica B se observa un valor alto de atenuación del acrílico al probar con el equipo Mobilet XP Hibrid, que no coincide con los presentados en las demás gráficas. Los valores de atenuación de los demás objetos con los distintos equipos, es cercano.

Las gráficas de la figura 16 muestran un alto valor de atenuación en el porta-chasis siendo el mayor porcentaje en las partes A, B y D. Las gráficas A y C, muestran un porcentaje importante de atenuación en el acrílico únicamente con la prueba del equipo DX-D100. El equipo Polimobyl Plus muestra mayor porcentaje de atenuación en el acrílico únicamente en la gráfica B.

La figura 17 muestra el mayor valor de atenuación en la bandeja en todas sus gráficas. En las gráficas A, B y C el acrílico probado con el equipo Mobilet XP Hibrid tiene el segundo valor de atenuación más alto. Que a diferencia de la gráfica D, el segundo mayor valor de atenuación del acrílico se obtiene con el equipo DX-D100. El equipo Isolette 8000 tiene la bandeja que produce mayor atenuación a comparación de los demás equipos.

La figura 18 muestra en las gráficas A y C como mayor atenuante el acrílico probado con el equipo Mobilet XP Hibrid.

La gráfica B tiene la mayor atenuación en la prueba del equipo Polimobyl Plus y la gráfica D tienen la mayor atenuación en la prueba de bandeja con el equipo Mobilet XP Hibrid.

Respecto a los resultados de Ajuste kV, se obtienen 28 gráficas donde 12 de estas comparan los resultados de porcentaje de atenuación entre incubadoras y otras 16 comparan los mismos porcentajes entre equipos de rayos x.

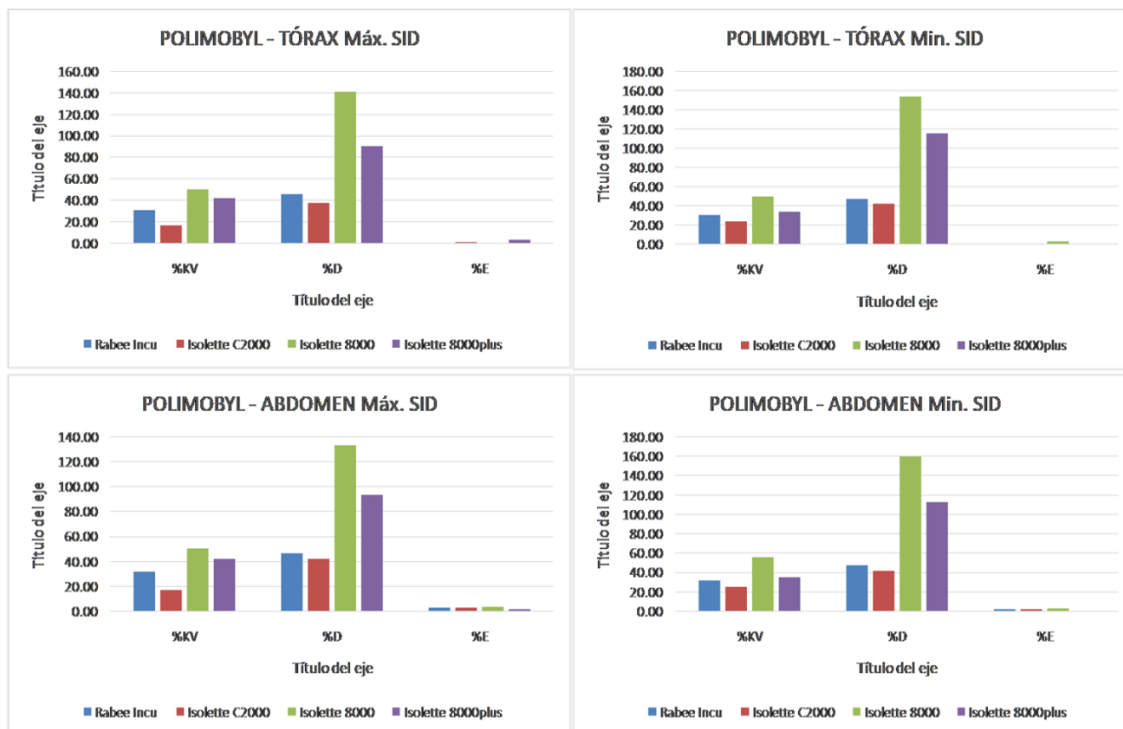


Figura 19: Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV en todas las incubadoras tomadas con el equipo Polimobyl Plus. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

La figura 19 muestra los porcentajes de la prueba 'Ajuste kV': %kV, %D y %E. En cuanto a los porcentajes de dosis aumentada usando el equipo Polimobyl Plus, en todas las gráficas se evidencia que el equipo con mayor necesidad de ajuste es la incubadora Isolette 8000, siguiente a este, la incubadora 8000 plus y en tercer puesto está la incubadora Rabee Incu I.

El porcentaje de aumento de dosis tiene un comportamiento coincidente en todas las gráficas, donde el orden de mayor a menor es igual que el porcentaje de aumento de kV. El error (%E) únicamente simboliza la diferencia que existe entre el valor de la dosis adquirida en el disparo libre y la dosis adquirida en el ajuste final.

Con respecto a la figura 20, se evidencia que la gráfica A, C y D tienen comportamientos coincidentes, donde el porcentaje de kV y el porcentaje de dosis tiene el mismo orden de mayor a menor presentados en la figura 19. Únicamente cambia el comportamiento de la gráfica B, donde se muestra que la incubadora Isolette 8000 plus tiene el mayor porcentaje de aumento de dosis, seguido de la incubadora isolette 8000, rabee incu I e Isolette C2000.

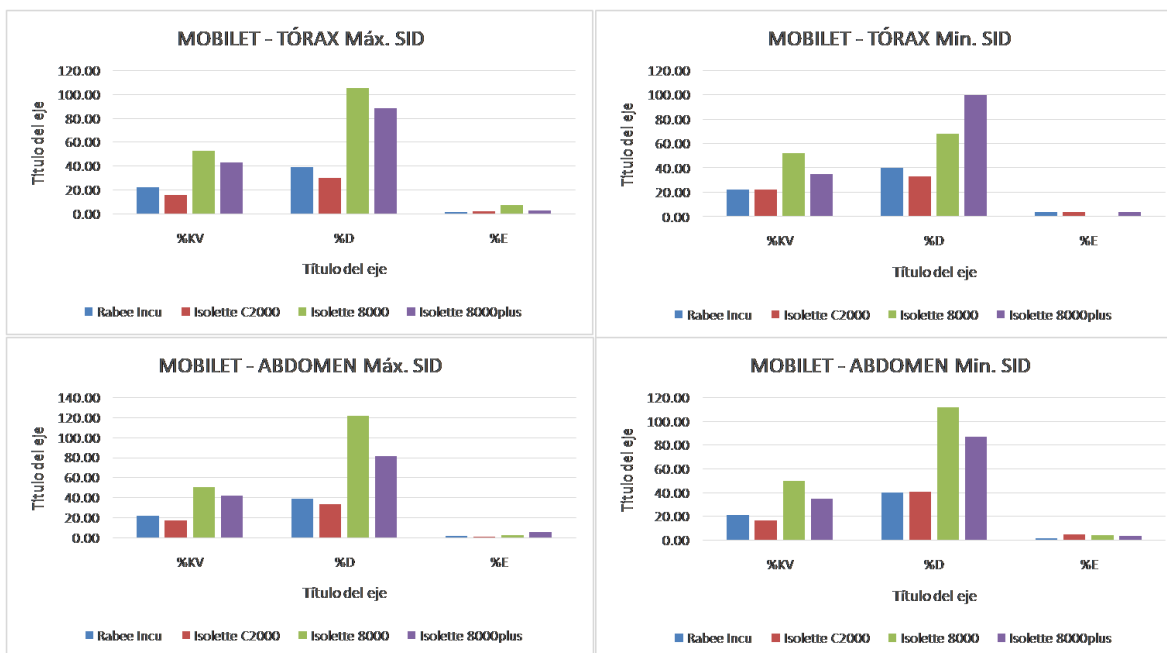


Figura 20: Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV tomadas con el equipo Mobilet XP Hibrid. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

La figura 21 muestra en la gráfica A y B el mismo comportamiento, un porcentaje de kV mayor en la incubadora isolette 8000, seguida de la incubadora isolette 8000plus, luego la isolette C2000 y finalmente, la incubadora Rabbe Incu I. El mayor porcentaje de aumento de dosis se presenta en la incubadora isolette 8000 plus, luego la incubadora isolette 8000, le sigue la incubadora isolette C2000 y la incubadora Rabbe Incu I.

En la gráfica C se muestra un porcentaje de aumento de dosis mayor en la incubadora isolette 8000 plus, en segundo lugar la incubadora isolette 8000, en tercer puesto la isolette C2000 y por último la incubadora Rabbe Incu I.

La gráfica D muestra el mismo orden de la gráfica C, con la diferencia de que el porcentaje de kV es mayor en la incubadora Isolette 8000 y el porcentaje de Dosis es mayor en la incubadora isolette 8000 plus.

De la figura 22, A, B y C (A, B y C se encuentran en el anexo 2) se muestra la comparación entre equipos de Rayos x en cada modelo de incubadora. En la figura 22 se aprecia en general, el mayor porcentaje de dosis y kV en el equipo Polimobyl Plus, seguido del equipo Mobilet XP Hibrid y en tercer lugar el equipo DX-D100.

Se observa un comportamiento coincidente entre la gráfica A y C, también en la gráfica B y D. Este comportamiento, se evidencia en todas las figuras, las variaciones son pequeñas, para más información se puede remitir al anexo 2.

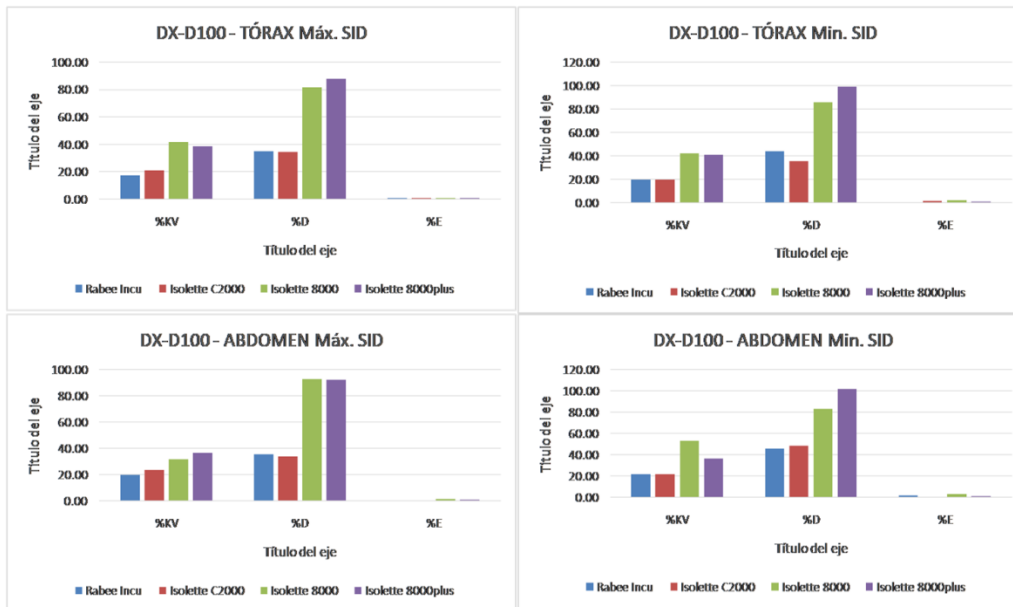


Figura 21: Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV en todas las incubadoras tomadas con el equipo DX-D100. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

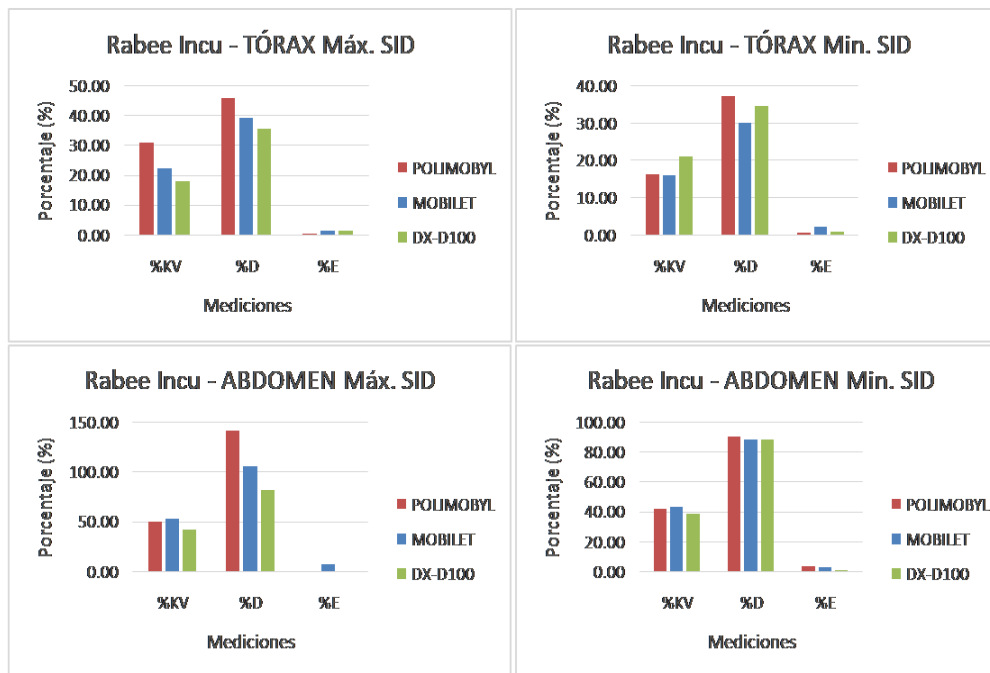


Figura 22: Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV tomadas con la incubadora Rabee Incu I con todos los equipos de Rayos X. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

Tabla 10: Promedio del porcentaje de atenuación de los objetos de todas las incubadoras. A) Rabbe Incu I. B) Isolette C2000. C) Isolette 8000. D) Isolette 8000 plus.

	POLIMOBYL PLUS			
	A	B	C	D
	%	%	%	%
Acrilico	20.77	10.14	16.14	16.06
Pad	7.99	4.82	3.41	4.37
Bandeja	8.54	0.00	33.90	25.23
Porta-chasis	10.49	19.59	15.41	11.64
Total	47.78	34.56	68.86	57.30
	MOBILET XP HIBRID			
	A	B	C	D
	%	%	%	%
Acrilico	10.66	8.09	20.52	19.46
Pad	9.55	7.71	4.40	5.60
Bandeja	7.66	0.00	30.85	22.45
Porta-chasis	10.23	16.50	10.51	6.51
Total	38.09	32.29	66.27	54.02
	DX D100			
	A	B	C	D
	%	%	%	%
Acrilico	8.21	14.13	14.80	19.96
Pad	10.02	7.65	7.27	4.84
Bandeja	8.74	0.00	27.71	24.68
Porta-chasis	9.79	16.64	9.90	8.66
Total	36.75	38.42	59.68	58.14

Resumiendo, los resultados obtenidos, por medio de la tabla 10 se puede apreciar el porcentaje de atenuación total promedio y la atenuación por objeto promedio. La incubadora con mayor porcentaje de atenuación es la Isolette 8000, en segundo lugar, la incubadora Isolette 8000 plus. En tercer lugar, la incubadora Rabbe Incu I y en cuarto lugar la incubadora Isolette C2000. En orden, los equipos de rayos x cuyo rayo se atenúa en mayor porcentaje es en primer lugar el Polimobyl Plus, en segundo lugar el DX-D100 y por último el equipo Mobilet XH Hibrid.

El objeto con mayor atenuación es la bandeja en los equipos Isolette 8000 y 8000 plus, el acrílico en los equipos Rabbe Incu I y el porta-chasis en las incubadoras Isolette C2000.

La penetrabilidad de los rayos x en un objeto depende de la densidad y grosor, por tanto, es correcto afirmar que los objetos más densos generan la mayor atenuación. Acorde a lo mencionado, es importante revisar los materiales que componen la incubadora antes de

realizar la compra para así evitar grandes atenuaciones [6]. La institución considera revisar los materiales de las incubadoras en próximas compras, evaluando no adquirir más modelos Isolette 8000 y 8000 plus.

Gracias a que las imágenes adquiridas con estos equipos de rayos x son diagnósticas, se busca siempre obtener la mejor calidad posible desde la toma para poder facilitar otros procesamientos de imagen tales como retirar huesos o arterias/venas principales, si bien el sistema 'PACS' permite mejorar el contraste y el brillo de la imagen, se prefiere la fidelidad que brinda una buena toma.

Respecto a los ajustes de kV mostrados en la tabla 11, el equipo con mayor necesidad de ajuste, es la incubadora Isolette 8000 en todas las técnicas y con todos los equipos de rayos x. El equipo con menor necesidad de ajuste es la incubadora Rabbe Incu I y la incubadora Isolette C2000.

Es notorio que a menor SID es mayor el ajuste requerido, y que la técnica abdomen requiere menor ajuste que la técnica tórax.

Tabla 11: Valor de kV requerido para el ajuste por técnica, SID y equipos.

RABBE INCU I												
	POLIMOBYL PLUS				MOBILET XP HIBRID				DX-D100			
	TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN	
cm	93	76	93	76	100	74	100	74	100	74	100	74
Kv	19	19	19	19	14	14	13	13	11	12	12	13
ISOLETTE C2000												
	POLIMOBYL PLUS				MOBILET XP HIBRID				DX-D100			
	TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN	
cm	91	73	91	73	100	73	100	76	100	73	100	73
Kv	10	15	10	15	10	14	10	10	13	12	14	13
ISOLETTE 8000												
	POLIMOBYL PLUS				MOBILET XP HIBRID				DX-D100			
	TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN	
cm	95	79	100	79	100	73	100	73	100	80	100	80
Kv	31	31	30	33	33	33	30	30	26	26	19	32
ISOLETTE 8000 PLUS												
	POLIMOBYL PLUS				MOBILET XP HIBRID				DX-D100			
	TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN		TÓRAX		ABDOMEN	
cm	100	79	100	79	100	78	100	78	100	73	100	73
Kv	26	21	25	21	27	22	25	21	24	25	22	22

ANÁLISIS DE IMÁGENES: DAÑOS FÍSICOS / ARTIFICIOS

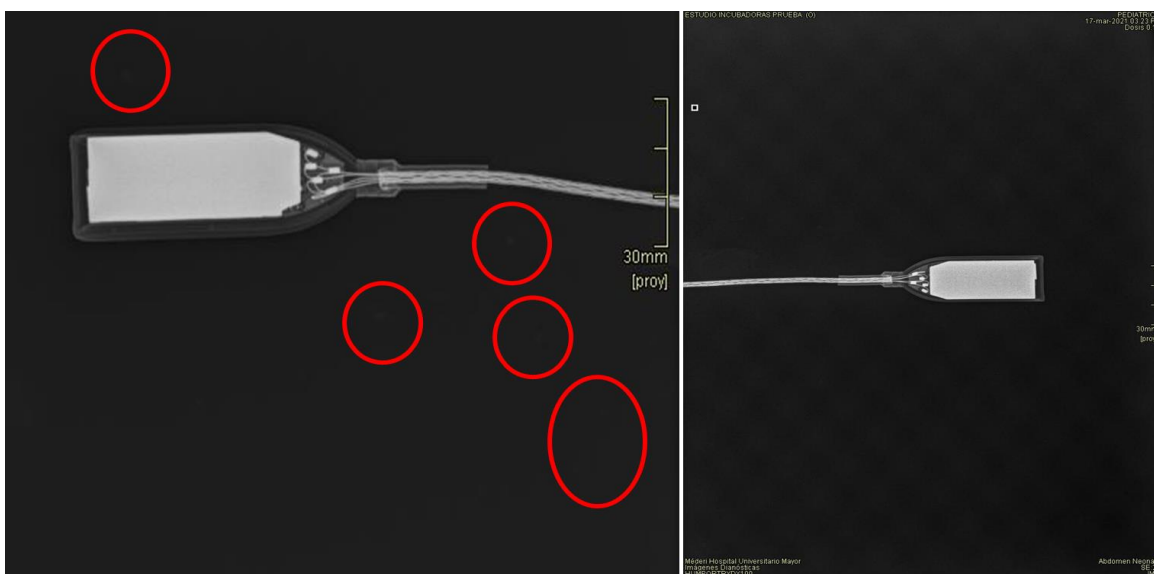


Figura 23: Imagen tomada por medio de rayos x DX-D100 a la izquierda, para la técnica tórax libre a 100SID. A la derecha, la técnica Abdomen 100 SID en el objeto acrílico. Ambas imágenes de la incubadora isolette c2000.

No se encontró una afectación significativa visualmente de los daños de la incubadora con artificios, pues las imágenes adquiridas no muestran figuras atípicas. El único artificio encontrado tenía relación con la limpieza incompleta del cristal que contiene las líneas guía del colimador, se muestra en la figura 23 a la izquierda señalados los artificios presentados como manchas pequeñas.

Las siluetas del pad de los equipos isolette 8000 y 8000 plus que tienen una superficie montañosa generan la imagen mostrada en la figura 23 a la derecha, mostrando un patrón de puntos en distintos tonos de gris. Se anexan al documento las demás imágenes adquiridas diferenciadas por equipo (Anexo 3). No se logró adquirir imágenes con el equipo Polimobyl ya que no estaba disponible la opción que enlaza del equipo con el detector neonatal (que es de tamaño mucho más reducido que un detector normal, para que pueda encajar en el porta-chasis).

ANÁLISIS DE IMÁGENES: MEJORA DE LA IMAGEN

Gracias a que las imágenes adquiridas no fueron realizadas con pacientes, no se puede encontrar una gran diferencia con respecto a la calidad o bordes de la imagen, por tanto, para trabajos futuros se recomienda usar modelos anatómicos que permitan visualizar con mayor efectividad la mejora de la imagen con el ajuste del Kilo voltaje. Se observa en la figura 24 una muestra de las imágenes en contraste que es la única variación que se

muestra y se anexan al documento las demás imágenes adquiridas diferenciadas por equipo (Anexo 3).

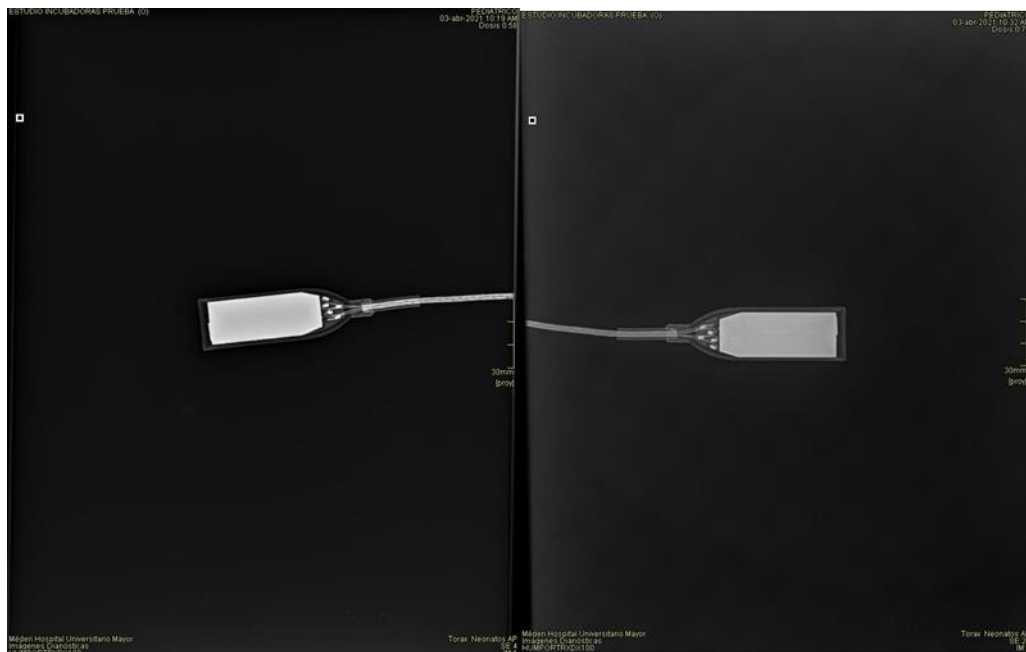


Figura 24: Imagen tomada por medio de rayos x con el equipo DX-D100 con todos los objetos de la incubadora isolette 8000 y el ajuste de kV realizado a comparación de una toma libre para la técnica tórax a 100SDI.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para trabajos futuros se recomienda realizar pruebas con medidas SID estándar que todos los equipos en cualquier combinación se permitan cumplir, ya que permitiría tener una comparación entre equipos más consistente. También, se recomienda usar más equipos tanto de rayos x como de incubadora, de ser posible realizar las pruebas con un objeto que simule el cuerpo de un neonato para verificar visualmente con mejor criterio que tanto afecta la variación y el ajuste de la técnica la imagen.

Realizar pruebas con más técnicas de imagen en paciente neonatal realizando cambios al valor de mAs, de mAs/kV y solo kV para verificar el cambio de la dosis con estas variaciones y encontrar el punto medio ideal donde la dosis sea mínima al igual que el ajuste de la técnica.

Determinar una técnica definitiva para cada modelo de incubadora y rayos x que permita al tecnólogo realizar la toma de la imagen rápidamente.

Encontrar más artefactos causados por los daños físicos de la incubadora.

Realizar pruebas de atenuación separando uno por uno los objetos y ubicándolos a una distancia determinada tanto del tubo como del sensor para que la medición sea más confiable.

7. CONCLUSIONES

El parámetro variable para usar los equipos de rayos x se le llama técnica y está compuesto por valor de kilo voltaje y mili amperios por segundo, además del SID que se refiere a la distancia que hay desde el tubo generador de rayos hasta el detector de la imagen. Las dos técnicas que más usa el servicio de neonatos es tórax y abdomen, además se toman las imágenes en su mayoría con un SID de 100cm y 73cm.

Analizando el comportamiento de las técnicas en todas las pruebas, se concluye que la técnica tórax requiere mayor ajuste de kV que la técnica abdomen. El comportamiento de las atenuaciones revela que la atenuación del objeto no es lineal, por tanto, varía dependiendo de la configuración de la técnica y el SID que se use. Experimentalmente se encuentra que cada centímetro de SID aumenta notablemente el valor de la dosis de radiación y además, el porcentaje de atenuación del objeto depende del material, grosor y densidad, por lo tanto no es el mismo en todos los modelos de incubadora.

La evaluación física realizada demuestra que los aspectos analizados en la tabla propuesta no causan artefactos en la imagen, por tanto se rechaza la hipótesis que relaciona artificios con daños físicos de la incubadora.

Al revisar los resultados, se concluye que en cuanto a las atenuaciones de objeto, el equipo con mayor atenuación es la incubadora Isolette 8000 plus e isolette 8000 ya que la bandeja de ambos modelos está hecha del mismo material. La incubadora con menor atenuación es la incubadora Rabbe Incu I, ya que sus piezas son plásticas, requiere la menor cantidad de ajuste de kV.

Con respecto a los valores de dosis, entre mayor sea el valor de SID, menor es la dosis final del paciente, la dosis libre y menor es el ajuste que requiere el equipo para lograr la menor atenuación.

Se encuentran variaciones en el valor de atenuación con respecto al uso de los equipos, viendo así que el equipo de rayos x portátil con menor atenuación y dosis final del paciente es DX-D100, además, el equipo de rayos x portátil con mayor atenuación y dosis final del paciente es el equipo Polimobyl Plus.

En cuanto a las pruebas de ajuste, la incubadora con mayor necesidad de ajuste es la modelo isolette 8000, en contraste, las incubadoras con menor necesidad de ajuste es la incubadora isolette C2000 y la Rabbe Incu I.

La limpieza del cristal que contiene las líneas guía debe ser a conciencia, pues las secciones que no quedan bien aseadas generan manchas en la imagen. La limpieza de este equipo está a cargo del servicio de radiología y el protocolo indica que se debe limpiar el cristal sin que queden manchas o residuos, rara vez se ensucia esta parte del equipo pero cuando sucede se debe mantener aseado, la limpieza se realiza con 'klorkleen' a raíz de la pandemia, pues al contener cloro brinda una mayor desinfección que otros artículos de limpieza.

Además de lo anterior, el pad de la incubadora isolette 8000 y 8000 plus genera artificios que se deben a la forma física de la espuma en picos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Méderi, "Quienes Somos", página web. Disponible en: www.mederi.com.co
- [2] L. Restrepo, N. Durango Londoño, N. Gómez, F. Gonzalez, N. Rivera, "Prototipo de incubadora neonatal", Revista Ingeniería Biomédica, ISSN 1909-9762, pg. 55-59, Medellín, Colombia, 2007. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v1n1/v1n1a12.pdf>
- [3] D. Slade, S. Harrison, S. Morris, M. Alfaham, P. Davis, Z. Guildea, D. Tuthill, "Neonates do not need to be handled for radiographs", PubMed, 2005. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15726345/>
- [4] X. Ling, M. Baad, I. Reiser, K. Feinstein, Z. Lu, "Effect of comfort pads and incubator design on neonatal radiography", PubMed, 2015. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26335424/>
- [5] Imagenología Robustiana, "Técnicas Radiológicas para Radiología Convencional", 2014. Disponible en: <https://imagenologia.robustiana.com/17-tecnicas-radiologicas-para-radiologia-convencional>
- [6] R. Cherry. "Radiaciones Ionizantes: Introducción", Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo, España, 1998. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiaciones+ionizantes>

9. ANEXOS

ANEXO 1: TABLAS DE RESULTADOS COMPLETAS

Carpeta con el archivo Excel que contiene las tablas.

ANEXO 2: PORCENTAJES PRUEBA DE AJUSTE kV

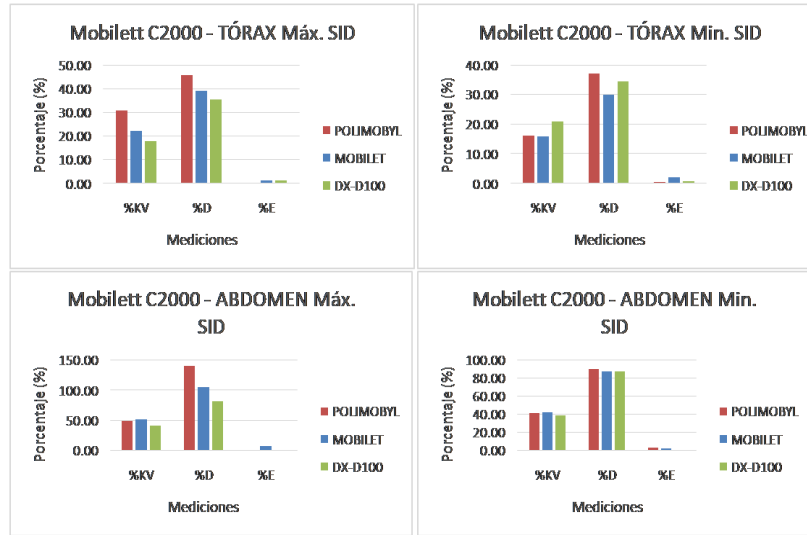


Figura A: Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV tomadas con la incubadora Isolette C2000 con todos los equipos de Rayos X. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

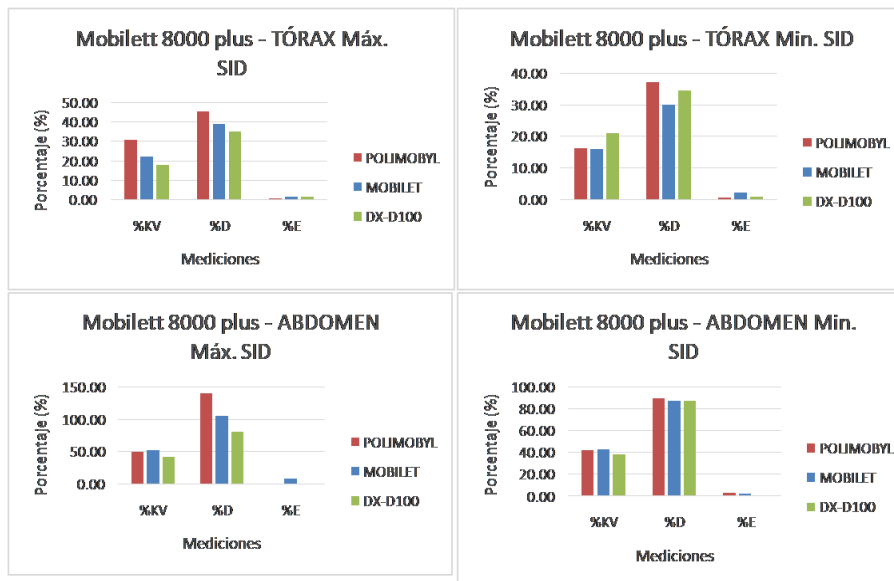


Figura B: Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV tomadas con la incubadora Isolette 8000 con todos los equipos de Rayos X. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

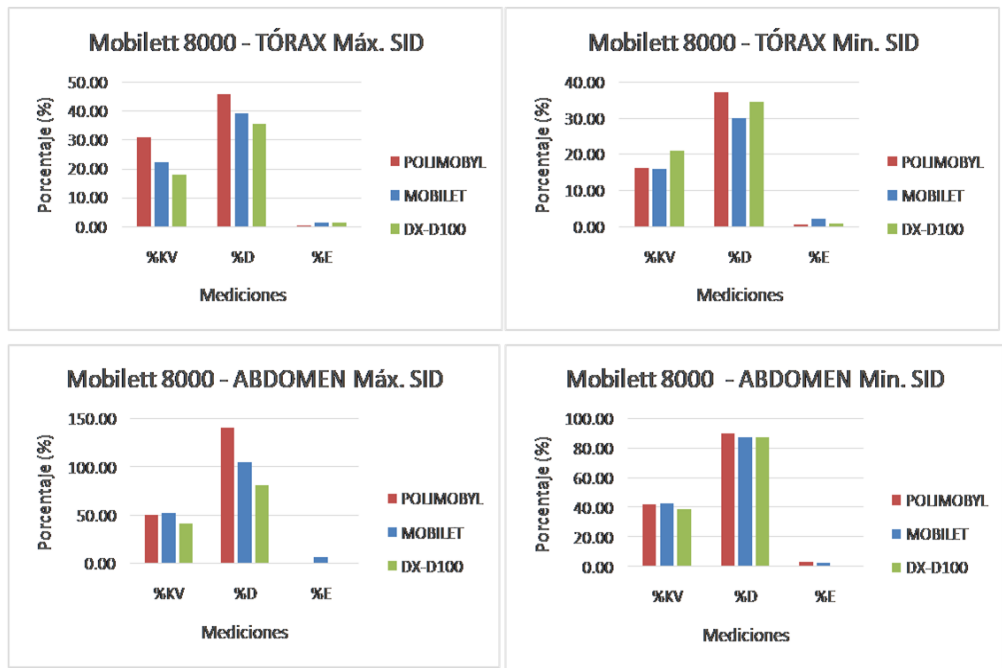


Figura C: Gráfico de barras del porcentaje de ajuste kV tomadas con la incubadora Isolette 8000 plus con todos los equipos de Rayos X. A) Técnica tórax Max. SID. B) Técnica tórax Min. SID. C) Técnica abdomen Máx. SID. D) Técnica abdomen Min. SID.

ANEXO 3: IMÁGENES

Carpeta clasificada por equipo de rayos.

10. GLOSARIO

- kV: Kilo voltaje, unidad de medida de voltaje multiplicado por mil.
- mAs: Unidad de medida de corriente multiplicado por 0.001.
- Técnica: es la combinación e kV y mAs para la toma de una imagen de rayos x.
- Rabbe Incu I: Es un modelo de incubadora de la marca ATOM.
- Isolette C2000: Es un modelo de incubadora de la marca Drager.
- Isolette 8000: Es un modelo de incubadora de marca Drager.
- Isolette 8000 plus: Es un modelo de incubadora de la Drager.
- DX-D100: Es un modelo de rayos x portátil de la marca AGFA.
- Polimobyl Plus: Es un modelo de rayos x portátil de la marca SIEMENS.
- Mobilier XP Hibrid: Es un modelo de rayos x portátil de la marca SIEMENS.
- Detector/chasis: Es el dispositivo que recepta la imagen y la convierte de análogo a digital.
- Musica: Es el nombre propio del software de AGFA que permite procesar las imágenes de rayos x.
- Tubo de rayos x: Es el tubo que contiene el filamento que genera los rayos x.
- Acrílico: Es la cabina transparente que contiene al paciente neonatal.
- Bandeja: Es el objeto que sostiene al neonato dentro de la cabina de la incubadora.
- Porta-chasis: Es el dispositivo que sostiene la bandeja y aloja el chasis de rayos x que permite la toma de imágenes a los pacientes neonatales.
- Pad / almohadilla: Objeto que soporta al bebé proporcionando comodidad sobre la bandeja.
- Atenuación: Es la pérdida de potencia en este caso de la onda de rayos x.
- Dosis: Es la cantidad de radiación que se le suministra a un paciente.
- Radiación: Es la propagación de energía de partículas u ondas electromagnéticas.
- SID: 'Source to image receptor distance', es la distancia entre el tubo generador del rayo y el detector.
- Toma libre / disparo libre: se le dice a la toma de la imagen de rayos x sin ningún obstáculo u objeto entre el tubo y el detector.
- Artificios: Se le dice a cualquier figura, silueta o mancha atípica en la imagen diagnóstica causada por errores, daños o acciones incorrectas
- Colimador: elemento mecánico que permite limitar el haz del equipo de rayos x en largo y alto.

-Líneas guía: Son las líneas de sombra que se proyectan sobre una superficie al presionar un botón del dispositivo de rayos x que se generan al encenderse una luz que atraviesa un cristal que tiene marcadas líneas a la mitad de la longitud y altura del mismo, este cristal es rectangular o cuadrado.