



Personería Jur. 6845 de 10/08/1976 M.E.N. - ICFES  
Resolución 04605 de 8 de Septiembre de 1993 M.E.N.  
VIGILADA MINEDUCACIÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO DE SIMULACIÓN DE RADIOLOGÍA  
PORTÁTIL EN LA FUNDACION TECNOLÓGICA AUTONOMA DE BOGOTA**

**DAVID PIRAJAN  
BRAYAN LEANDRO QUINTERO GONZALEZ  
MIGUEL ANGEL PARRA CARRANZA  
JUAN CAMILO SANTANA RODRIGUEZ**

**FUNDACIÓN TECNOLÓGICA AUTÓNOMA DE BOGOTÁ FABA  
TECNOLOGIA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES DIAGNÓSTICAS  
BOGOTÁ  
2025-1**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO DE SIMULACIÓN DE RADIOLOGÍA  
PORTÁTIL EN LA FUNDACION TECNOLÓGICA AUTONOMA DE BOGOTA.**

**DAVID PIRAJAN  
BRAYAN LEANDRO QUINTERO GONZALEZ  
MIGUEL ANGEL PARRA CARRANZA  
JUAN CAMILO SANTANA RODRIGUEZ**

**Marlly Yaneth Rojas Ortiz  
Investigador Principal del Proyecto  
Líder de la Línea de Investigación  
Sistemas Salud y Cuidado  
Director Principal**

**CODIRECTOR DISCIPLINAR  
Johnny Vladimir Díaz Rosero  
Tecnólogo en Radiodiagnóstico y Radioterapia**

**CODIRECTOR METODOLÓGICO  
Juan Ricardo Cubides Garzón  
Biólogo, Magíster en Epidemiología**

**Grupo de Investigación:  
Diseño Computación y Competitividad  
Línea: Salud y Bienestar**

**FUNDACIÓN TECNOLÓGICA AUTÓNOMA DE BOGOTÁ FABA  
TECNOLOGIA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES  
DIAGNÓSTICAS BOGOTÁ  
2025-1**

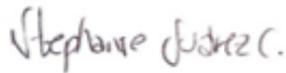
**NOTA DE ACEPTACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO**

**Diseño e implementación de equipo de simulación de radiología portátil en la Fundación Tecnológica Autónoma De Bogotá.**

**Calificación Cualitativa: LAUREADA**

**Calificación Cuantitativa 5.0**



Stephanie Suárez Cárdenas  
Jurado



Vladimir Díaz  
Codirector Disciplinar



Marilly Yaneth Rojas Ortiz  
Directora de Investigación



Andrés Camilo González  
Jurado



Juan Ricardo Cubides  
Codirector Metodológico



Edgardo Samuel Barraza Verdesoto  
Líder del grupo DCCS

**Bogotá 15 de mayo de 2025**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a aquellos seres queridos que ya no se encuentran con nosotros, pero cuyo recuerdo y enseñanzas siguen iluminando nuestro camino. Su amor, ejemplo y sabiduría permanecen vivos en nuestra memoria y han sido una fuente constante de inspiración y fortaleza durante este proceso.

También queremos dedicar esta tesis a los estudiantes que fuimos cuando cruzamos por primera vez las puertas de la universidad: llenos de sueños, expectativas y temores. A esos jóvenes que, con ilusión y esfuerzo, iniciaron este viaje sin imaginar todo lo que aprenderían y crecerían. Este logro es, en parte, para ellos, por atreverse a comenzar y nunca rendirse.

## **AGRADECIMIENTOS**

La culminación de este proyecto no habría sido posible sin el apoyo y la guía de muchas personas a quienes queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento.

En primer lugar, agradecemos profundamente a nuestros profesores y tutores quienes con su dedicación, paciencia y conocimientos nos han acompañado a lo largo de este proceso de formación y de elaboración del presente. Sus enseñanzas y consejos han sido fundamentales para nuestro crecimiento académico y personal.

A nuestros padres, les debemos un agradecimiento especial por su amor incondicional, apoyo constante y confianza en nosotros. Su ejemplo, sacrificio y palabras de aliento nos han motivado a seguir adelante en cada etapa de este camino.

Finalmente, agradecemos a la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá que nos acogió y brindó las herramientas necesarias para nuestra formación. Valoramos el ambiente de aprendizaje, los recursos y las oportunidades que nos ofrecieron para desarrollarnos tanto profesional como personalmente.

A todos ustedes, nuestro más sincero agradecimiento.

## **NOTA DE SALVEDAD INSTITUCIONAL**

“La Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá, FABA, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético el mismo en aras de la búsqueda de la verdad y justicia”.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.1 DESCRIPCIÓN	15
2.2 FORMULACIÓN	17
2.3 SISTEMATIZACIÓN	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	20
4.1 OBJETIVO GENERAL	20
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
5. MARCO REFERENCIAL	21
6. HIPÓTESIS:	34
7. METODOLOGÍA	35
7. RESULTADOS	37
8. DISCUSIÓN	57
9. CONCLUSIONES	58
10. RECOMENDACIONES	59
11. PRESUPUESTO	60
12. CRONOGRAMA	62
13. REFERENCIAS	63
14. ANEXOS	69

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. diagrama de flujo de metodología	36
TABLA 2. VERSIONES DEL SOFTWARE "RXP".	47
tabla 3. costos de producción del equipo de simulación "RXP MLDJ"	60
Tabla 4. cronograma de actividades.	62

## LISTA DE FIGURAS

	Fig 2. Primer radiografía	
Fig 1. Wilhelm Conrad Roentgen		21
Fig. 3. Prototipo rayos X portátil		23
Fig. 4. Fotografía de Petit Curie.		24
Fig. 5. Radiografía Fractura antebrazo.		26
Fig. 6. Radiografía de Tórax.		26
Fig. 7. Equipo Rayos X portátil		27
Fig. 8. Equipo de Rayos X Portátil en UCI		27
Fig. 9. Equipo portátil en Cirugía		28
Fig. 10. FDR Nano Rayos x Portátil Sonika Equipos Médicos SA		29
Fig 12. Logo Radiology Masterclass		32
Fig 13. Pantalla de cuestionario RX trivia		32
Fig. 14: Adquisición del equipo reutilizado.		37
Fig. 15: Análisis de disposición del equipo.		37
Fig. 16: Creación de planos del simulador portátil.		37
Fig. 17: Compra de vigueta.		37
Fig. 18: Vigueta para la estructura del simulador.		37
Fig. 19: Lámina de superbord.		37
Fig. 20: Proceso de corte.		38
Fig. 21: Proceso de atornillado.		38
Fig. 22: Estructura interna del simulador.		38
Fig. 23: Estructura interna sobre la base.		38
Fig. 24: Delimitación de cortes sobre el material.		38
Fig. 25: Corte de material con pulidora.		38
Fig. 26: Proceso de medición de partes finales.		39
Fig. 27: Proceso de corte y ensamble de tapas.		39
Fig. 28: Ensamble de tapa superior.		39
Fig. 29: Prueba de cableado.		39
Fig. 30: corte y ensamble del colimador.		39
Fig. 31: Prueba de luz.		39
Fig. 32: Brazo del equipo inicial.		40
Fig. 33: Modificación del brazo.		40
Fig. 34: Mecanismo de apertura y cierre del brazo.		40
Fig. 35: Instalación del brazo en el equipo.		40
Fig. 36: Corte del sistema de movimiento.		40
Fig. 37: Instalación de la carcasa del colimador.		40
Fig. 38: Instalación de la base de la Tablet.		41
Fig. 39: Avance del simulador.		41
Fig. 40: Ensamble de la carcasa de la Tablet.		41
Fig. 41: Prueba del calibre del cableado.		41

Fig. 42: Prueba del puerto USB.	41
Fig. 43: Instalación de canaletas.	42
Fig. 44: Proceso de pintura negra.	42
Fig. 45: Proceso de pintura gris.	42
Fig. 46: Proceso de pintura del simulador.	42
Fig. 47: Pintura de la base.	42
Fig. 48: Pintura de la tapa posterior.	43
Fig. 49: Verificación eléctrica.	43
Fig. 50: Instalación de indicador de batería.	43
Fig. 51: Indicador de batería funciona.	43
Fig. 52: Instalación de bombillo final.	43
Fig. 53: Instalación del cajón.	43
Fig. 54: Pintura del chasis.	43
Fig. 55: Colimador funcional.	44
Fig. 57: Simulador con esquineros instalado.	44
Fig. 58: proceso de corte del tubo de agarre.	44
Fig. 59: Corte de stickers.	44
Fig. 60: stickers de advertencia.	44
Fig. 61: Proceso de corte y pegue de vinilo de fibra de carbono.	45
Fig. 62: Delimitación de zonas del chasis.	45
Fig. 60. Equipo de simulación de radiología portátil "RXP MLDJ" finalizado.	45
Fig. 61. Creación de pantallas del software mediante Photoshop c6.	46
Fig. 62. Código de ejecución de radiografía lateral de puño.	46
Fig. 63. Funcionamiento correcto del software en el navegador Microsoft Edge.	47
Fig. 64. Demostración de funcionamiento del colimador.	49
Fig. 65. Demostración del funcionamiento del brazo del equipo.	49
Fig. 66. Demostración del funcionamiento del software.	50
Fig. 67. Estudiante de radiología utilizando el equipo de simulación.	50
Fig. 68. pregunta No. 1	51
Fig. 69. pregunta No. 2	51
Fig. 70. pregunta No. 3	52
Fig. 71. pregunta No. 4	52
Fig. 72. pregunta No. 5	53
Fig. 73. pregunta No. 6	53
Fig. 74. pregunta No. 7	54
Fig. 75. pregunta No. 8	54
Fig. 76. pregunta No. 9	55
Fig. 77. pregunta No. 10	55

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. cuestionario realizado a los estudiantes de tercer semestre de la Fundación Tecnológica autónoma de Bogotá.	74
Anexo 2. manual de encendido del equipo de simulación.	77
Anexo 3. manual de protocolos y técnicas de radiología portátil	79

## **RESUMEN**

**Título:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO DE SIMULACIÓN DE RADIOLOGÍA PORTÁTIL EN LA FUNDACION TECNOLÓGICA AUTONOMA DE BOGOTA

**Autor (es):** David Pirajan, Brayan Leandro Quintero, Juan Camilo Santana y Miguel Ángel Parra Carranza

**Palabras Claves:** Rayos X portátil, simulador, protocolos, prácticas, radiología.

### **Descripción o contenido**

La presente investigación tiene como objetivo comprender las causas y efectos de la implementación de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en combinación con el aprendizaje basado en simulación (ABS) en el área de la radiología portátil. A través de una evaluación detallada, se busca determinar cómo estas tecnologías optimizan la adquisición y aplicación del conocimiento, y cómo las decisiones tomadas durante los estudios de rayos X portátiles pueden influir en los resultados tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud. El uso de un equipo que simula situaciones reales permite a los estudiantes prepararse de manera más efectiva para enfrentar desafíos clínicos, mejorando su capacidad para resolver problemas bajo presión y las situaciones en que los profesionales de la salud se ven sometidos. ya que al usar la simulación permite a los alumnos no solo adquirir conocimientos teóricos, sino que además, se pueden desarrollar habilidades prácticas que serán cruciales a la hora de entrar en la etapa práctica y la posterior vida profesional.

## **ABSTRACT**

**Title:** DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PORTABLE RADIOLOGY SIMULATION EQUIPMENT AT THE AUTONOMOUS TECHNOLOGICAL FOUNDATION OF BOGOTA

**Author(s):** David Pirajan, Brayan Leandro Quintero, Juan Camilo Santana and Miguel Ángel Parra Carranza

**Keywords:** Portable X-ray, simulator, protocols, practices, radiology.

### **Description or content**

The present research aims to understand the causes and effects of the implementation of information and communication technologies (TIC) in combination with simulation-based learning (ABS) in the area of portable radiology. Through detailed evaluation, we seek to determine how these technologies optimize the acquisition and application of knowledge, and how decisions made during portable X-ray studies can influence outcomes for both patients and healthcare professionals. The use of equipment that simulates real situations allows students to prepare more effectively to face clinical challenges, improving their ability to solve problems under pressure and the situations in which health professionals are subjected. by using simulation it allows students to acquire not only theoretical knowledge but also practical skills that will be crucial when entering the practical stage and subsequent professional life.

## 1. INTRODUCCIÓN

La radiología portátil ha revolucionado el área de las imágenes diagnósticas, convirtiéndose en una herramienta fundamental y un apoyo diagnóstico infalible para la toma de decisiones médicas. Desde sus inicios, pasando por el descubrimiento de los rayos X en 1895 y la posterior creación de los primeros prototipos de este tipo de equipos, se ha avanzado significativamente en la protección radiológica y en las diversas técnicas que influyen en la calidad de las imágenes (10).

En este contexto, los equipos de radiología portátil surgieron a partir de una necesidad que no podía ser cubierta por los equipos de radiología convencional, como la accesibilidad a pacientes con dificultades para ser trasladados o el apoyo post quirúrgico. Todo esto sin comprometer la calidad diagnóstica requerida para estas situaciones. Estas características han hecho que dichos equipos sean una excelente opción para un diagnóstico efectivo y eficaz (19).

A partir de lo anterior, el objetivo de esta investigación se centra en la creación e implementación de un equipo de simulación de radiología portátil en la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá (FABA). Esto permitirá que los estudiantes tengan un acercamiento al funcionamiento y manejo de estos equipos tan importantes, que utilizarán en su futuro periodo práctico y posterior vida laboral. Además, con este proyecto se busca resaltar la importancia del correcto manejo que se debe dar a estos equipos. Con ello, aspiramos a contribuir a un mejor desempeño práctico por parte de los estudiantes y a una mejor atención a los pacientes, en el cual se priorice la seguridad tanto del operario del equipo como del paciente.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN**

La radiología portátil ha revolucionado el diagnóstico médico al permitir la obtención de imágenes radiográficas en ubicaciones donde los pacientes no pueden ser trasladados, como en unidades de cuidados intensivos o situaciones de emergencia. Estos equipos, más ligeros y compactos que los sistemas análogos, ofrecen un diagnóstico inmediato al proporcionar imágenes digitales ya sea mediante un digitalizador o mediante el propio sistema de detección del equipo, facilitando así una atención médica más rápida y eficaz. Por lo tanto, es crucial que los estudiantes del área de radiología e imágenes diagnósticas, comprendan a fondo su funcionamiento antes de enfrentarse a un equipo real (1).

En el contexto de la formación académica en el área de Radiología e Imágenes Diagnósticas, específicamente en el manejo de equipos de rayos X portátiles, se identifica una problemática de desconocimiento funcional de un equipo de rayos X portátil en la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá debido a la ausencia de un equipo en el que se pueda experimentar y aprender acerca de esta modalidad de imagen. Esta situación afecta tanto la calidad educativa como la seguridad de los estudiantes y los futuros pacientes a los que se le brindará el servicio.

Los equipos de rayos X portátiles generan radiación ionizante con el fin de generar imágenes radiográficas, lo que implica riesgos importantes para la salud. En un entorno clínico donde los estudiantes están en proceso de aprendizaje práctico, el margen de error debe ser mínimo para garantizar la seguridad de todos los involucrados, esto incluyendo el personal de salud y los pacientes mismos. Sin embargo, esta exigencia puede generar ansiedad y miedo en los estudiantes, quienes enfrentan la presión de manejar adecuadamente el equipo sin poner en riesgo su propia vida ni la de terceros. (2)

Actualmente, la institución no cuenta con un simulador de rayos X portátil que permita a los estudiantes practicar en un entorno controlado y seguro. Aunque existen modelos anatómicos y software que simulan entornos clínicos, estas herramientas no ofrecen una experiencia directa e interactiva comparable a la que proporciona un simulador real. La ausencia de esta tecnología limita significativamente las oportunidades de aprendizaje práctico y dificulta que los estudiantes se familiaricen con el equipo que utilizarán durante su práctica profesional. (3)

Además, la implementación insuficiente de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el proceso formativo agrava la problemática. Las TIC podrían ofrecer herramientas digitales para simular la toma de estudios radiológicos, conocer medidas de protección radiológica y evaluar riesgos asociados, proporcionando una base sólida para el manejo del equipo. Sin estas herramientas, el desempeño práctico de los estudiantes se ve comprometido al momento de ingresar a su etapa profesional (4).

En resumen, esta problemática evidencia una brecha entre las necesidades formativas del programa y las herramientas disponibles para garantizar un aprendizaje seguro y efectivo. Es fundamental abordar esta situación mediante la incorporación de simuladores y tecnologías digitales que mejoren la calidad educativa y reduzcan los riesgos asociados al aprendizaje práctico en radiología portátil.

## **2.2 FORMULACIÓN**

¿Cómo influye la implementación de un equipo de simulación de radiología portátil en el desempeño práctico y conocimiento de los equipos portátiles en los estudiantes de radiología e imágenes diagnósticas de la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá (FABA)?

## **2.3 SISTEMATIZACIÓN**

- ¿Qué problemática busca resolver el simulador?
- ¿El sistema que se implementará permitirá que los estudiantes entiendan cómo es el funcionamiento y la programación de un equipo portátil?
- ¿Qué alcance tendrá el simulador en cuanto a funcionalidades y operaciones?
- ¿Qué sistema evaluativo se utilizará para la eficacia del simulador?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del presente proyecto es de suma importancia en el desarrollo académico y desempeño práctico del programa de tecnología en radiología e imágenes diagnósticas de la fundación autónoma de Bogotá (FABA). La implementación de tecnologías de la información y comunicación (TIC) permitirá un aprendizaje basado en simulación (ABS), utilizando elementos físicos y virtuales los cuales optimizan la adquisición y aplicación del conocimiento, haciéndolo mucho mejor que los métodos tradicionales. (5) esto permitirá que los estudiantes puedan experimentar por sí mismos y desarrollar una deducción analítica la cual expondrá las elecciones que se tomarán a la hora de realizar un estudio de rayos X portátil podrán tener una repercusión positiva o negativa en el paciente, tecnólogo y todo el personal de salud.

Además, con el uso de plataformas digitales y software especializado en el área de radiología, los estudiantes podrán evaluarse a sí mismos en aspectos como el uso de técnicas de toma de imágenes, posicionamiento y reconocimiento de lateralidades lo cual puede incurrir en situaciones de estrés, esto hará que su capacidad de resolver problemas durante el desarrollo de las prácticas formativas en el área de la radiología portátil se vea mejorada. Esto también contribuirá a una retroalimentación inmediata sobre el desempeño que tenga durante el desarrollo del proceso que aportará a una formación más completa y adaptada a las exigencias de las situaciones clínicas que se presenten. (6)

Por otra parte, el diseño del simulador de equipo portátil de radiología a escala es alcanzable debido a que se va a hacer con el uso de materiales de construcción variados, donados y de bajo costo, permite que la capacidad monetaria con la que se cuenta sea la suficiente para desarrollar un producto funcional y económico.

El presente proyecto de investigación se regirá con base a las normas que rigen el área de radiología e imágenes diagnósticas las cuales dictan lineamientos para el correcto

desempeño del servicio en el área de la salud, una de ellas es la 0482 del 2018 nos da los lineamientos necesarios para la reglamentación en la protección radiológica en la que se deben cumplir normativas de seguridad y calidad de prestación del servicio (7). Por otra parte, el decreto 2376 de 2010 establece los lineamientos sobre cómo deben llevarse a cabo las prácticas formativas en el área de la salud incluyendo la radiología (8). Además, El ministerio de minas y energía bajo la normativa de protección y seguridad radiológica establece los requisitos de seguridad que deben seguir las instituciones educativas y los centros de salud en el manejo de radiaciones ionizantes, asegurando que los estudiantes y el personal estén protegidos frente a los riesgos asociados. (9)

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Crear un modelo de simulación a escala de un equipo portátil de rayos X, que cumpla con todos los lineamientos vigentes para el apoyo de las prácticas formativas de los estudiantes de radiología e imagen diagnóstica de la fundación tecnológica autónoma de Bogotá (FABA).

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar y Crear simulador de equipo de Rayos X portátil tomando como inspiración el equipo FDR NANO Rx
- Desarrollar e integrar software al equipo con el fin de brindar una experiencia educativa y didáctica en el área de la radiología portátil
- Crear un manual de uso en el que se presenten los diferentes protocolos que se pueden llevar a cabo en este tipo de equipos.
- Realizar una socialización sobre el funcionamiento y uso del equipo de simulación de radiología portátil a los estudiantes de radiología e imágenes diagnósticas y realizar una encuesta de satisfacción sobre el uso del simulador de rayos x portátil, en la que se evaluará la percepción posterior a la explicación y práctica del simulador de rayos x portátil en los estudiantes.

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1. Historia de la radiología.

#### Descubrimiento de los rayos x.

El 8 de noviembre de 1895, el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen descubrió accidentalmente los rayos X mientras experimentaba con un tubo de rayos catódicos de Hittorf y Crookes el cual generaba electrones en un vacío a partir de una corriente eléctrica los cuales chocaban con un material metálico produciéndose así los rayos X. Este fue el comienzo de la radiología. Una pantalla de platino cianuro de bario se volvía fluorescente incluso cuando estaba cubierta por un cartón negro, lo que indicaba la presencia de una radiación invisible y penetrante, como lo observó Röntgen (Fig. 1). quien, al realizar una exposición en La mano de su esposa, Bertha Röntgen, generando así la primera radiografía que se conoce (Fig. 2). (10)

Fig. 1. Wilhelm Conrad Roentgen



Fig. 2. Primera radiografía



Posteriormente en el año de 1913 Coolidge desarrolló su propia versión de este tubo el cual tuvo grandes avances permitiendo que se pudieran generar imágenes mucho más detalladas con una menor exposición a la radiación (11). Esto permitió que este tipo de imágenes pudieran ser utilizadas en el diagnóstico de diversas patologías como lo pueden

ser la tuberculosis, fracturas óseas y localización de objetos extraños como lo pueden ser las balas y entre otros. Sin embargo, en estos primeros años, no se comprendía bien el riesgo de la exposición prolongada a la radiación, lo que resultó en daños en la piel y enfermedades relacionadas con la radiación en pacientes y médicos.

por esta razón se inició con los fundamentos de la protección radiológica en los cuales el ingeniero estadounidense Wólfram Fuchs en el año de 1896 dio las primeras recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de realizar las exploraciones con este tipo de equipo médico tan fundamental siendo el aumento de distancia que se debía tener con respecto a la fuente de radiación, tener en gran consideración el tiempo en el que se realiza la exposición y el uso de blindaje con el fin de reducir la dosis que se recibe en los tejidos (12). este hito fue tan importante en el mundo de la radiología que a día de hoy se siguen teniendo muy en cuenta estas consideraciones incluyéndose en los objetivos del principio “ALARA” el cual tuvo sus inicios en el año 1950 debido a la creciente preocupación sobre los riesgos asociados a la exposición a la radiación en ambientes laborales y clínicos. finalmente siendo introducido formalmente en el año de 1977 por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en su publicación número 26 (13).

### **Avances en la tecnología de rayos X:**

La tecnología de rayos X se volvió más avanzada durante las décadas de 1920 y 1930 siendo este el tiempo en el que se implementaron los delantales de plomo y las barreras con el fin de reducir los riesgos asociados a la exposición a la radiación. Con el tiempo, los equipos se hicieron más pequeños y precisos. Debido a una mejor comprensión del riesgo de la exposición prolongada a la radiación la cual puede llegar a generar diversas afecciones tanto para el paciente como para el personal de salud, se implementaron diversos principios con el fin de generar una conciencia en el uso responsable de estos equipos. siendo uno de los más importantes y que tomó una gran fuerza en el siglo XX “la ley del inverso cuadrado” (14) la cual establece que la intensidad de la radiación ionizante disminuye con el cuadrado de la distancia desde la fuente de radiación. lo cual significa que al duplicar la distancia que se tiene con respecto a la fuente, la intensidad de la radiación se ve reducida en una cuarta parte, y si se triplica esta distancia la intensidad se reduce a una novena parte (15).

posteriormente se inició con la implementación de herramientas digitales en la generación de las imágenes radiográficas siendo en la década de 1980 cuando surgieron tecnologías

como la radiografía computarizada (CR) la cual utiliza placas de fósforo fotoestimulable las cuales se ubican en el sitio en el que normalmente iría la placa radiográfica dentro del chasis estas placas almacenan la energía, la cual es posteriormente leída por un escáner que convierte esta energía en señales eléctricas que finalmente son procesadas digitalmente para producir una imagen radiográfica, esto hizo que la radiología diera un gran paso ya que se optimiza el almacenamiento, la transferencia y la disponibilidad de las imágenes(16).

para la década de 1990 se empezó con el desarrollo de la radiografía digital directa (DR) en la que se usa detectores de panel plano los cuales captan la intensidad con la que los rayos X llegaron a los detectores los cuales están hechos de un material radio sensible como lo es el selenio amorfo el cual convierte las intensidades en electrones libres que son discriminados de acuerdo a la cantidad de energía que posean y finalmente son convertidos en señales eléctricas las cuales son digitalizadas inmediatamente, esto hizo que la inmediatez con la que se toman y se visualizan las imágenes este en el orden de segundos(17).

## **5.2. Historia del equipo portátil en radiología**

Los equipos portátiles en radiología son un avance significativo en la medicina que ha mejorado la accesibilidad y la adaptabilidad de los exámenes de imagen en múltiples entornos, especialmente en sitios donde mover a los pacientes hacia una sala de rayos X fija no es práctico, como en unidades de cuidados intensivos y salas de emergencia. sus inicios se dan a partir de un inventor español de nombre Mónico Sánchez Moreno, el cual en el año 1909 inventó un dispositivo el cual tenía la capacidad de producir rayos X y lo que era mucho más importante en un aparato el cual era muy ligero contando con peso de no más de 10 Kg y de fácil transporte ya que se llevaba en una maleta (Fig. 3), Sánchez logró grandes avances en el mundo de la radiología portátil, estos fueron:

- **Reducción del Peso:** Sánchez logró reducir significativamente el peso del transformador utilizando una frecuencia de 7 MHz en lugar de 50 Hz, lo que permitió que el aparato pesara aproximadamente 10 kg, en contraste con los 400 kg de los equipos convencionales
- **Versatilidad:** El aparato no solo producía rayos X, sino que también se podía adaptar para otras aplicaciones de electro medicina, como la cauterización y la desinfección. Funcionaba con corriente continua o alterna, a 125 o 220 V, lo que lo hacía muy práctico para su uso en diferentes entornos.

- **Eficiencia:** El consumo de electricidad se redujo a solo 3 amperios, y el aparato podía producir corriente de alto voltaje (100,000 V) con alta frecuencia, lo que minimizaba el uso de metal y reducía su peso (18).



Fig. 3. Prototipo rayos X portátil

esto hizo que su uso sea óptimo para las ambulancias y más precisamente en el ámbito de la primera guerra mundial, ya que con la ayuda de las investigaciones y contribuciones realizadas por Marie Curie al equipar ambulancias con estos dispositivos que permiten la visualización de balas y diversas condiciones con las que llegaban los soldados, estas ambulancias recibieron el nombre de "petites curies" (Fig. 4), unidades móviles de rayos X para ayudar a los soldados en el frente durante la Primera Guerra Mundial. (1)



Fig. 4. Fotografía de Petit Curie.

**Desarrollo de unidades móviles:** Curie diseñó e implementó unidades móviles que incluían un equipo de rayos X, una sala oscura para revelar las radiografías y una dinamo accionada por el motor del vehículo para generar la electricidad necesaria (20). generalmente se utilizaban camiones comunes y corrientes a los cuales se les adapta el sistema del equipo de rayos X portátil, esto hacía que estos dispositivos fueran ligeros y rápidos lo cual permitía su traslado a diversos puntos dentro del campo de batalla, además al contar con su propia sala oscura permite que el revelado de las imágenes sea mucho más fácil y casi inmediato lo cual beneficiaba a los soldados heridos. Como sistema de alimentación energético se usaba un dinamo el cual iba conectado directamente hacia el motor del vehículo que con el movimiento que este generaba proporcionaba la energía suficiente para ser completamente autosuficiente en cualquier entorno en el fuera necesario. Esto favoreció la obtención de radiografías en los campos de batalla. estos equipos eran manejados por un equipo que incluía médicos y técnicos que contaban con un amplio conocimiento en rayos X y diagnóstico mediante esta modalidad de imagen, choferes con conocimiento de mecánica con el fin de arreglar cualquier avería que surgiera en el traslado de los vehículos con el equipo, la hija mayor de Marie Curie, Irène Joliot-Curie, la cual daba apoyo en el manejo de los equipos de radiología y la propia Marie Curie que incluso tramitar su licencia de conducción durante este periodo para poder manejar los vehículos ella misma (21).

Sin embargo, los Petit Curie tuvieron grandes dificultades durante su operación empezando por la velocidad limitada con la que contaban los vehículos la cual era de

apenas 50 Km/h lo cual hacía que el tiempo entre trayectos largos fuera demasiado tardío y además el cruzar por terrenos peligrosos se convertía en una tarea desafiante. por otra parte al contar con la alimentación de los equipos mediante el funcionamiento del motor hacía que su uso no fuera muy prolongado ya que se tenía que tener en cuenta las ubicaciones en las que el combustible escaseaba, además Inicialmente, hubo un rechazo por parte de algunos médicos y personal militar hacia la idea de que mujeres, incluidas Marie Curie y su hija Irène, operaran estos equipos y participaran activamente en la atención médica y se metieran de lleno en el campo de combate. y siendo uno de los factores más importantes la exposición a la radiación que se daba en estos dispositivos no era la idónea ya que debido a los terrenos y ambiente en el cual tenían que desempeñar estos dispositivos hace que los controles sobre las medidas de protección radiológica no fueran las indicadas (22). Sin embargo, la creación y participación de Marie Curie en la primera guerra mundial salvó la vida de un estimado de alrededor de 1 millón de soldados heridos en combate (23).

### **5.1. AVANCES DE EQUIPO RAYOS X PORTÁTIL.**

La radiación ionizante es crucial en la medicina moderna porque sus avances tecnológicos han mejorado nuestra capacidad para diagnosticar y tratar una variedad de afecciones médicas que alteran el estado de salud de las personas. Por lo tanto, también es importante tener en cuenta la seguridad al trabajar con radiación. En cuanto a los equipos portátiles de rayos x las casas matrices trabajan constantemente en sus productos ofrecidos al mercado para que cada vez se pueda hacer más fácil y seguro el uso de esta radiación en áreas abiertas y cerradas que no cuentan con medidas de seguridad tal y como lo son el blindaje, es por ello que debemos tener en cuenta factores determinantes y preestablecidos para la protección radiológica como lo son estas tres medidas de seguridad claves para minimizar la exposición a la radiación, se requieren distancias seguras, tiempo limitado y equipo de protección como chalecos plomados y protector de tiroides , esto con el fin de poder llevar la exposición a la radiación a niveles seguros. De esta manera, las personas ocupacionalmente expuestas recibirán dosis por debajo de los umbrales establecidos y los pacientes se les podrá ofrecer un estudio diagnóstico por imagen de rayos x óptimo para su respectiva lectura, reduciendo

aún más los riesgos potenciales y enfatizando los principales motivos de su uso. (24)

Las computadoras portátiles de rayos x han evolucionado dramáticamente desde su introducción en la década de 1909, con cambios significativos en diseño, rendimiento y funcionalidad. Estas son las diferencias clave entre los dispositivos actuales y los que existían hace décadas. (25)

### **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS EN SU EVOLUCIÓN.**

- **Portabilidad y diseño compacto.** En comparación con los equipos de años anteriores los equipos portátiles de rayos x ofrecen en la actualidad un diseño compacto y con ligereza permitiendo su fácil uso y sin ocupar mayor espacio para la movilidad por los diferentes servicios del centro médico, reduciendo su peso y tamaño de una forma significativa. (26)

**Mejora en la calidad de la imagen.** Los equipos de rayos x portátil de la actualidad nos ofrecen una calidad de imagen óptima para su diagnóstico con dosis de radiación muy bajas dado que sus detectores de imagen cuentan con tecnologías que permiten detectar los fotones de una manera más versátil y con un grado de sensibilidad alto ofreciendo un Procesamiento de imagen rápido principalmente en situaciones donde se requiere dar un diagnóstico de urgencia.

- **Autonomía y carga.** Los equipos actuales de rayos x portátil ofrecen en su interior baterías de iones de litio de larga duración permitiendo así varias exposiciones sin necesidad de estarlos cargando constantemente en algunos casos pueden tomar hasta 300 imágenes antes de su próxima carga. (27)
- **Seguridad y protección radiológica.** Estos equipos poseen un blindaje incorporado el cual evita que exista un daño por radiación dispersa esto con el fin de proteger a quien lo manipula y personas que estén a su alrededor estos también Deben cumplir con estándares internacionales y locales en cuanto a seguridad radiológica, incluyendo certificaciones como FDA y CE. (28)

Es importante tener en cuenta que existen diversos equipos de rayos x portátil tales como lo son los de rayos x portátil para toma de imágenes en ortodoncia, este equipo es un dispositivo generador de rayos X utilizado en odontología para radiografía intra oral. A diferencia de los dispositivos fijos y móviles, estos dispositivos se pueden instalar y quitar desde la base. Esta característica y su menor tamaño facilitan el transporte. (29)

## 5.2. IMPORTANCIA DEL EQUIPO DE RAYOS X PORTÁTIL

Los rayos X son utilizados en medicina para crear imágenes por medio de la absorción que los diferentes tejidos producen. Tejidos musculares, tejidos óseos y Aire brindan diferente capacidad de absorción lo que permite diferenciar con opacidades como blanco (Radiopaco) o Negro (Radiolúcido)

Estas imágenes tienen como propósito brindar información y determinar las condiciones en las que se encuentra un paciente, si a lo mejor presenta fracturas (Fig. 5), rupturas, enfermedades óseas, enfermedades infecciosas y respiratorias (Fig. 6). (30)



Fig. 5. Radiografía Fractura antebrazo.



Fig. 6. Radiografía de Tórax.

Los Sitios de salud presentan una necesidad, en cuanto a los pacientes de difícil manejo que necesitan un estudio diagnóstico, pero su traslado, las condiciones de vida y las condiciones de una sala y un equipo convencional perjudican aún más su salud, Generalmente son pacientes en cuidados intensivos, urgencias, quirófanos y pacientes que de por sí por su condición no se pueden mover de la sala, es decir los pacientes en aislamiento. Ante la necesidad se hace uso de la radiología portátil de imágenes diagnósticas. Este Sistema de radiología portátil (Fig. 7) ofrece una mejoría en la atención del paciente, el sistema reduce tiempos y por su fácil manejo ofrecen una versatilidad mayor que un equipo convencional de radiología a la hora

de suplir la necesidad de una imagen diagnóstica en cualquier parte de un hospital o clínica, bien sea la sala de un paciente, el área de urgencias, hasta en el área de cirugía, estos equipos son bastante rápidos lo que reduce significativamente el tiempo de atención a un paciente y la adquisición y lectura de un diagnóstico se ve beneficiada, agiliza el entorno laboral, reduce la ansiedad de un paciente en espera y ofrece imágenes de alta calidad reduciendo la dosis administrada.



**Figura 7. Equipo Rayos X portátil**

- Estos equipos portátiles son generalmente usados para emergencias médicas, (situaciones médicas inesperadas que ponen en riesgo la vida del paciente), es decir cuando se necesita un diagnóstico rápido y el traslado del paciente sea complicado o de alto riesgo.
- Utilizados cuando los pacientes no pueden ser trasladados, generalmente se utiliza la radiología portátil en pacientes de UCI (Fig. 8), la radiología portátil permitirá darle seguimiento continuo sin mayores dificultades.



**Figura 8. Equipo de Rayos X Portátil en UCI**

- Utilizados para enfermedades pulmonares como neumonía la cual es una infección que afecta los sacos aéreos de los pulmones lo que genera una serie de sintomatologías como dolor agudo en el pecho, fiebre, escalofríos, dificultad respiratoria, requiere de un diagnóstico rápido y eficiente, el equipo de rayos x portátil reduce el tiempo y reduce el índice de riesgos que pueden

traer al movilizar un paciente con este tipo de infecciones, es decir se busca cuidar al paciente y cuidar a la población, además que los equipos portátiles de última generación tienen la capacidad de detectar cambios sutiles en el tejido pulmonar que pueden indicar un neumotórax u otra lesión torácica.

- Descartar u observar fracturas que necesitan un tratamiento rápido, muchas veces que los pacientes presentan fracturas vienen inmovilizados y reducidos sus movimientos, muchos otros vienen en camillas lo que limita su movilidad, un equipo portátil realiza la radiografía en la cama del paciente o en la sala de urgencias, evitando el estrés y el dolor adicional que podría causar el traslado.
- Estos equipos pueden llegar a ser utilizados en procesos quirúrgicos (Fig. 9) en donde el uso del equipo portátil podrá ayudar en la colocación de un catéter o realizar una radiografía como imagen final, ya que al evitar que el paciente tenga que salir de la sala de cirugía se reducen riesgos a la hora de trasladarlo y se optimiza tiempo, al mantener la estabilidad del paciente prevenimos complicaciones y mejoramos la precisión y velocidad a la vez que ofrecemos con ayuda de este equipo imágenes de alta calidad y dosis menores.
- Además de ser más flexibles que los equipos tradicionales de RX en cuanto a rentabilidad tienen una ventaja mayor ya que estos equipos de rayos X son más económicos en comparación con los equipos fijos. Su menor costo hace más accesibles su adquisición para centros de salud más pequeños o aquellos que cuentan con presupuestos restringidos. (31)



Figura 9. Equipo portátil en Cirugía

El equipo FUJIFILM 'D-EVO II' a la fecha es uno de los equipos más representativos y asequibles dentro de las diferentes casas matrices convirtiéndose en un excelente equipo para la prestación de servicios de imagen a nivel intrahospitalario.

### 5.3. Descripción de equipo FDR NANO



**Figura 10. FDR Nano Rayos x Portátil Sonika Equipos Médicos SA**

El equipo FDR NANO de Sonika, es un equipo de radiología portátil basado en la tecnología Fujifilm, el cual es compacto y de alta calidad el cual está pensado para usarse en espacios reducidos como lo pueden ser las unidades de cuidados intensivos, unidades neonatales, o incluso salas de urgencias y quirófanos, sus características principales son:

**Peso y dimensiones:** una de sus grandes fortalezas es su peso y dimensiones siendo un equipo que pesa 90 Kg y contando con una altura de 146 cm y una elongación de 77 cm hace que su transporte sea sencillo incluso en espacios estrechos.

**Ruedas:** para el movimiento del equipo se cuenta con 4 ruedas las cuales permiten movimientos transversales, longitudinales y de rotación, lo cual hace que su uso entre camillas o ingreso a ascensores no sea complicado.

**Fuente de alimentación y carga del equipo:** el gasto energético con el que cuenta este equipo es de máximo 2.5 kW, utilizando un cargador de 0.8kVa, haciendo que la carga completa se realice en no más de 4 horas lo cual garantiza 20 exposiciones y ofrece una carga parcial de 15 minutos que otorga 20 exposiciones.

**Tubo de rayos X:** el equipo cuenta con un tubo de rayos X que opera a un voltaje de 40 a 100 kV y una corriente máxima de 35 mA.

**Detector D-EVO II:** el equipo cuenta con un cassette DR, el cual posee detectores de pantalla plana con tecnología de reducción de ruido y mejora de imagen, sin embargo, el equipo puede usarse sin problemas con cassette CR de la misma casa comercial.

**Impermeabilidad y antibacterial:** tanto el equipo como el cassette ofrecen resistencia al agua y un recubrimiento HydroAG exclusivo de Fujifilm que es 99.99% efectivo contra bacterias comunes, siendo mucho más eficiente que los recubrimientos tradicionales.

(32)

#### **5.4. Implementación de las TIC en radiología.**

##### **Qué son las TIC**

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) son un grupo de herramientas y recursos los cuales facilitan la recopilación, procesamiento, almacenamiento y transmisión de la información. Esto abarca desde dispositivos que se usan con el fin de la comunicación como lo pueden ser la televisión y la radio hasta las tecnologías de la información en las cuales están las computadoras y diferentes dispositivos inteligentes. De las TIC se destacan varias características que son muy importantes y que benefician multitud de áreas laborales y en gran medida el área de la salud, estas son:

- **Inmaterialidad:** las TICs permiten el manejo de recursos intangibles que son de gran utilidad mediante formatos digitales en los cuales pueden inmortalizarse texto, imágenes y audio.
- **Instantaneidad:** una gran ventaja de las TIC es la de ofrecer un acceso facilitado a la información en tiempo real sin importar la distancia física en la que esta se encuentre.
- **Interactividad:** se promueve la participación activa del usuario en el proceso de la comunicación.
- **Flexibilidad:** las TIC ofrecen la facilidad de la adaptación a las necesidades específicas con las que cuente cada usuario (33).

##### **TICs en el área de la radiología**

La implementación de las TIC en el área de la medicina ha marcado un antes y después en el desarrollo de esta y más específicamente en el área de la radiología lo cual ha hecho que se implementen nuevas tecnologías que mejoran la calidad del servicio y la atención prestada a la población en general. Aunque no hay una fecha clara en la que se realizó la implementación de las TIC en el área de la radiología existen tres hitos importantes durante su desarrollo, los cuales son:

- 1990: digitalización de las imágenes médicas. Introducción al formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) hizo que la accesibilidad a las imágenes diagnósticas sea mucho más sencilla.

- 2000: implementación del sistema PACS (Picture Archiving and Communication System) permite un almacenamiento y administración de las imágenes mucho más eficaz, permitiendo a los profesionales de la salud acceder a las imágenes diagnósticas en cualquier momento.
- 2010: integración del sistema RIS (Radiology Information System), el cual hizo que se optimizará la gestión administrativa y clínica, mejorando la planificación y seguimiento a los estudios radiológicos que se realizan.

En la actualidad la digitalización e implementación de las TIC en el área de la radiología ha contribuido a la mejora de la precisión diagnóstica y la reducción en cuanto a los tiempos de espera de los pacientes, dando como resultado una mejoría en la calidad del servicio (34).

#### **Uso de las TIC para la enseñanza en el área de la radiología.**

La implementación de las TIC en la enseñanza del área de la radiología ha hecho que se revolucione la forma en la cual se educan a los futuros profesionales y cómo desempeñarán su futura labor. Esto se ha logrado mediante diversos recursos y plataformas educativas las cuales integran diversos contenidos multimedia como lo son videos, imágenes y simulaciones interactivas las cuales hacen que los estudiantes puedan comprender y aplicar de una mejor manera los conceptos teóricos, facilitando su aprendizaje.

A su vez las TIC ofrecen un aprendizaje basado en problemas en los cuales se simulan diversos escenarios clínicos en los que los estudiante puedan aplicar de una manera práctica los conocimientos que han adquirido sin tener la presión que se puede experimentar al hacerlo en situaciones reales en las cuales se está exponiendo la vida de los pacientes y del mismo estudiante, esto permite que se fomente el desarrollo del pensamiento crítico y se mejore la capacidad analítica que van a hacer que su preparación para la vida laboral sea mucho mejor (35).

Por otra parte, las TIC permiten un aprendizaje continuo ya que al contar con plataformas las cuales constantemente se están actualizando con diversos recursos y nuevas tecnologías hacen que los profesionales se mantengan al día con los constantes avances del área de la radiología (36).

**Qué herramientas TIC existen para la enseñanza en el área de la radiología.** Se han

desarrollado diversas plataformas y recursos los cuales están al alcance de los estudiantes de radiología dentro de las cuales podemos encontrar:

- **AMERAM:** aplicación multimedia que se enfoca en la enseñanza de la radiología mediante recursos visuales y prácticos, mejorando la comprensión de conceptos a través de la interpretación de imágenes y simulaciones (Fig. 11) (37).



Fig. 11. Pantalla inicial AMERAM 1.1

- **Radiology Masterclass:** plataforma que ofrece simulaciones interactivas en las que los estudiantes pueden practicar la interpretación de imágenes radiológicas, mejorando sus habilidades prácticas (Fig. 12).

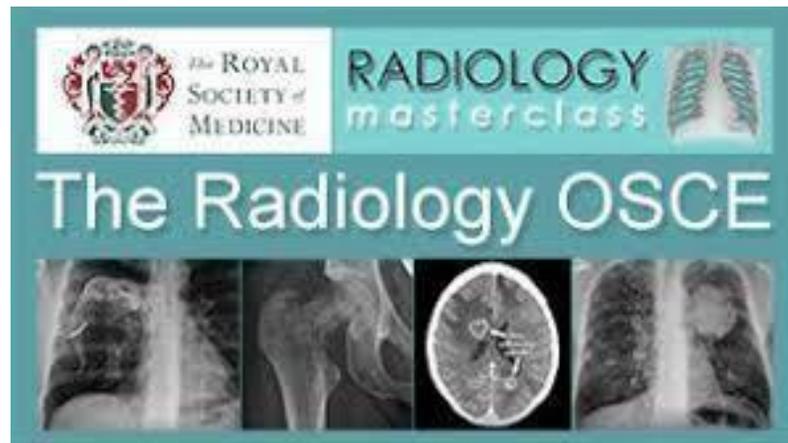


Fig. 12. Logo Radiology Masterclass

**Aplicaciones móviles:** existen diversas aplicaciones móviles diseñadas específicamente para el área de la radiología que permiten acceder a contenidos educativos desde Smartphone o tabletas (Fig. 13), lo que aumenta en gran medida el alcance y la flexibilidad del aprendizaje (38).



Fig. 13. Pantalla de cuestionario RX trivia

### **Relación de las TIC con simuladores físicos en el área de la radiología.**

La combinación de los simuladores físicos con las TIC refuerza de gran manera el aprendizaje teórico y en mayor medida el aprendizaje práctico, ya que se le permite al estudiante obtener experiencias mucho más enriquecedoras y efectivas que harán que el desempeño práctico se vea mejorado, esto debido a que los simuladores físicos permiten que se recreen situaciones clínicas reales en las cuales se permite la práctica de técnicas y protocolos de adquisición de imágenes sin un riesgo latente para los pacientes. La implementación de las TIC en estos simuladores físicos facilita en gran manera el acceso y brinda una experiencia cercana a la de las situaciones verdaderas en las cuales se ve envuelto un profesional en su día a día y durante el desarrollo de su formación práctica (39). Estos simuladores además brindan una retroalimentación inmediata sobre el desempeño que tuvo el estudiante al entrar en estas situaciones clínicas, no sólo brindando una evaluación sino además realizando una corrección de las posibles falencias que se hayan identificado durante el proceso. Esto es crucial en un área como lo es la radiología en donde se tiene que ser lo más exactos posibles ya que se está brindando un apoyo diagnóstico para el paciente (40).

## 1. HIPÓTESIS:

**Hi - investigación.** La implementación de un simulador de rayos x portátil mejorará el conocimiento y desempeño práctico de los estudiantes de radiología e imágenes diagnósticas de la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá

**Ho - Nula.** La implementación de un equipo de simulación de radiología portátil no tiene un efecto significativo en el desempeño académico y práctico de los estudiantes de radiología e imágenes diagnósticas en la FABA.

**Ha - Alternativa.** La implementación de un equipo de simulación de radiología portátil tiene un efecto positivo en la confianza y habilidades prácticas de los estudiantes, lo que se traduce en una mejora en su desempeño académico y práctico en la FABA.

## 2. METODOLOGÍA

la investigación cuenta con un diseño intervencional y retrospectivo, se medirá el

impacto del simulador en el aprendizaje de los estudiantes del tercer semestre del programa de Radiología e Imágenes Diagnósticas de la FABA, debido que se intervendrá de manera directa al incluir la implementación del equipo de simulación de radiología portátil, el cual se creará mediante diversos materiales de construcción básicos y la reutilización de un equipo de radiología dental el cual iba a ser desechado, esto se hará utilizando herramientas de corte y ensamblaje, además se desarrollará el software mediante el cual el equipo funcionara y replicara imágenes radiográficas sin necesidad de que haya una exposición de radiación ionizante, esto se hará mediante el lenguaje de programación que ofrece SCRATCH 3.0 permitiendo generar un entorno interactivo y accesible para los estudiantes lo cual hace que esta iniciativa se alinee con las tendencias actuales en la educación médica, donde la tecnología juega un papel crucial en la formación de profesionales competentes y seguros, lo cual hace que este proyecto tenga un propósito de innovación tecnológica ya que se busca integrar un equipo y herramienta con la cual la institución no cuenta en la actualidad, permitiendo así que esté completamente a disposición de los estudiantes en cualquier momento y que puedan entrenarse y desarrollar sus habilidades y competencias en esta modalidad de imagen; para posteriormente realizar la creación del cuestionario mediante herramientas virtuales (anexo 1) en el cual se evaluará el conocimiento y la opinión de los estudiantes de radiología e imágenes diagnósticas con respecto a los conocimientos del área de la

radiología portátil y la integración de un equipo de simulación en la institución. para posteriormente realizar una socialización del funcionamiento y uso del equipo de simulación de radiología, además se buscará primeramente dar a conocer la importancia de reforzar los conocimientos en esta área de la radiología e instruir a los estudiantes en el uso de los equipos de radiología portátil y todo lo que conlleva utilizarlo, tomando como población a los estudiantes del programa de radiología e imágenes diagnósticas de la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá (FABA) tomando más específicamente como muestra a los estudiantes de tercer semestre garantizando así una representación adecuada de la población esto debido en gran medida a que en esta etapa de formación

los estudiantes están próximos a entrar a su etapa práctica. lo que hace que el uso del simulador sea de relevancia para su formación. Luego de realizar la socialización se aplicará el instrumento de recolección de información excluyendo a aquellos que estén cursando semestres superiores debido a que estos ya enfrentaron un ambiente clínico. Finalmente se realizará el análisis estadístico de las respuestas generadas individualmente a partir del cuestionario, con el fin de brindar una conclusión al objetivo general del presente proyecto el cual busca optimizar la educación en el área de la salud y más específicamente en el área de la radiología.

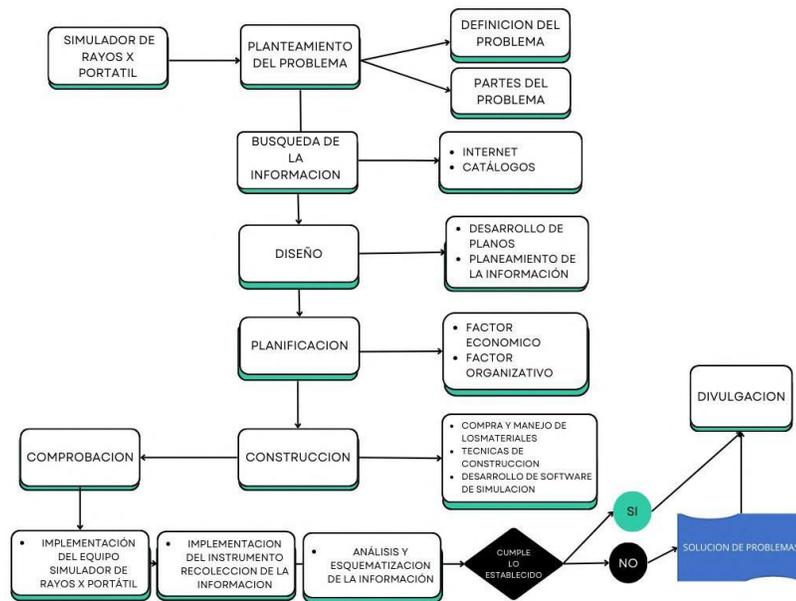


Tabla 1. diagrama de flujo de metodología

## 7 RESULTADOS

### 7.1. ELABORACIÓN DEL EQUIPO

para la elaboración del simulador de rayos x portátil, como primer paso se buscó una base para poder construir el equipo, encontrando un equipo de Radiología dental que estaba destinado a ser basura, partiendo de aquí tomamos medidas del equipo original y realizamos los planos.



Fig. 14: Adquisición del equipo reutilizado. Fuente: autores



Fig. 15: Análisis de disposición del equipo. Fuente: autores

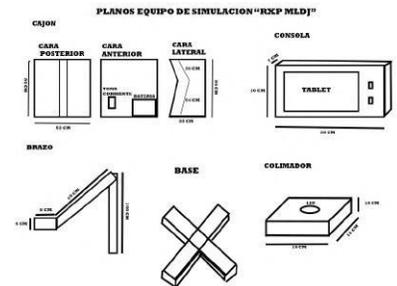


Fig. 16: Creación de planos del simulador portátil. Fuente: autores

Luego de tener las medidas se plantea el material con el que se va a crear el simulador y acto siguiente procedemos a la compra del material.

Viguetas, Tornillos punta broca, Lamina de Superboard, Ruedas, Batería de moto



Fig. 17: Compra de vigueta. Fuente: Autores



Fig. 18: Vigueta para la estructura del simulador. Fuente: Autores



Fig. 19: Lámina de superboard. Fuente: Autores

Luego de la compra de materiales y tener a disposición las herramientas necesarias se procede a la construcción de la estructura que va a cumplir la función de sostener y darle forma al equipo.



**Fig. 20: Proceso de corte.**  
Fuente: Autores.



**Fig. 21: Proceso de atornillado.**  
Fuente: Autores.



**Fig. 22: Estructura interna del simulador.**  
Fuente: Autores

Luego de cortar y atornillar las viguetas para darle forma y sostén a la estructura, quitamos el brazo del equipo de RX dental y medimos el equipo con la base para que nos quede funcional, luego dibujamos las medidas de las caras del equipo en la lámina de Superboard para posteriormente cortarlas con la pulidora.



**Fig. 23: Estructura interna sobre la base.**  
Fuente: Autores.



**Fig. 24: Delimitación de cortes sobre el material.**  
Fuente: Autores.



**Fig. 25: Corte de material con pulidora.**  
Fuente: Autores.

Durante el proceso de dibujo y corte de la lámina contamos con la ayuda del señor Norberto Parra, familiar de uno de los integrantes del proyecto ya que él tiene conocimiento sobre cómo manejar la pulidora, cortamos con las medidas ya establecidas y a la vez se realizaba el proceso de ensamble de las láminas a la estructura anteriormente hecha con viguetas, haciendo uso de taladro y tornillos punta broca.



**Fig. 26: Proceso de medición de partes finales. Fuente: Autores.**



**Fig. 27: Proceso de corte y ensamble de tapas. Fuente: Autores.**



**Fig. 28: Ensamble de tapa superior. Fuente: Auto**

Luego del ensamble de la mayor parte de las piezas del equipo se creó un área en donde van a estar el enchufe y la batería, los cuales se encargan de alimentar de energía a los diferentes circuitos y componentes del equipo. Este sistema se utilizó para crear el circuito del colimador creado durante el proceso de corte y ensamble.



**Fig. 29: Prueba de cableado. Fuente: Autores.**



**Fig. 30: corte y ensamble del colimador. Fuente: Autores.**



**Fig. 31: Prueba de luz. Fuente: Autores.**

Posterior a este proceso, se retiró el brazo principal del equipo re utilizado para adaptarlo al modelo del que se tomó referencia y a las necesidades de un equipo portátil, se necesitó la ayuda de un soldador el cual nos realiza el corte con la angulación, el proceso de soldadura y el mecanismo que une los dos brazos y permite los movimientos de apertura y cierre.



**Fig. 32: Brazo del equipo inicial.**  
Fuente: Autores.



**Fig. 33: Modificación del brazo.**  
Fuente: Autores.



**Fig. 34: Mecanismo de apertura y cierre del brazo.** Fuente: Autores.

Luego de tener listo el Brazo del equipo con sus respectivos movimientos se procede a cortar e instalar el mecanismo del colimador que venía con el equipo reciclado



**Fig. 35: Instalación del brazo en el equipo.** Fuente: Autores



**Fig. 36: Corte del sistema de movimiento** Fuente: Autores.



**Fig. 37: Instalación de la carcasa del colimador.** Fuente: Autores

Al mismo tiempo se incorpora la base para la Tablet y se crea el cajón que soportara la Tablet y los botones con los que vamos a interactuar con el equipo y el sistema de cables previamente conectados a la batería y el enchufe llevados por el brazo hacia el colimador.



**Fig. 38: Instalación de la base de la Tablet. Fuente: Autores**



**Fig. 39: Avance del simulador. Fuente: Autores**



**Fig. 40: Ensamble de la carcasa de la Tablet. Fuente: Autores**

Sabíamos que al tener una Tablet esta tenía que tener un sistema de alimentación, así que realizamos una conexión sacando energía de la Batería y la enlazamos a un puerto USB para moto.



**Fig. 41: Prueba del calibre del cableado. Fuente: Autores**



**Fig. 42: Prueba del puerto USB. Fuente: Autores**

Canalizamos el cableado del equipo usando canaletas plásticas y empezamos el proceso de pintura del brazo del equipo, se pintaron las partes de color negro con pintura en Spray y las partes grises de una pintura metalizada en aceite y con rodillo.



**Fig. 43: Instalación de canaletas.**  
Fuente: Autores



**Fig. 44: Proceso de pintura negra.** Fuente: Autores



**Fig. 45: Proceso de pintura gris.**  
Fuente: Autores

También se hizo uso de pintura en aceite de color negro para las paredes del equipo y con ayuda de un rodillo aplicamos las capas de pintura necesarias para darle el color deseado al simulador, también se pinta la base del equipo reutilizado para darle un aspecto más nuevo.



**Fig. 46: Proceso de pintura del simulador.** Fuente: Autores



**Fig. 47: Pintura de la base.** Fuente: Autores



**Fig. 48: Pintura de la tapa posterior. Fuente: Autores**

Acto siguiente se pinta el soporte de la Tablet se atornilla a la base atornillada en el equipo y se procede a terminar las conexiones para el indicador de batería que se adquirió y se instaló en la tapa lateral derecha del equipo con indicador de nivel de batería.



**Fig. 49: Verificación eléctrica. Fuente: Autores**



**Fig. 50: Instalación de indicador de batería. Fuente: Autores**



**Fig. 51: Indicador de batería funciona. Fuente: Autores**

Se instaló un mejor bombillo para el colimador, haciendo uso de una exploradora para moto, a la vez que se crea un cajón exclusivo para incorporar el Chasis que previamente se había pintado.



**Fig. 52: Instalación de bombillo final. Fuente: Autores**



**Fig. 53: Instalación del cajón. Fuente: Autores**



**Fig. 54: Pintura del chasis. Fuente: Autores**

Se comprueba funcionalidad del nuevo bombillo y se procede al proceso de cortar y pegar los esquineros plásticos blancos para bordear bien el equipo, adicional se pinta el cajón en donde irá el chasis.



**Fig. 55: Colimador funcional.**  
Fuente: Autores



**Fig. 56: Corte e instalación de esquineros.** Fuente: Autores



**Fig. 57: Simulador con esquineros instalado.** Fuente: Autores

Se realiza corte de tubo galvanizado, para instalar al equipo y poder desplazarse con libertad, adicional se hace el corte de señalizaciones de precauciones y advertencias que irán en el equipo.



**Fig. 58: proceso de corte del tubo de agarre.** Fuente: Autores



**Fig. 59: Corte de stickers.** Fuente: Autores



**Fig. 60: stickers de advertencia.** Fuente: Autores

Se compra vinilo en fibra de carbono se corta y forra el chasis para darle un mejor aspecto visual, a su vez se corta cinta blanca dando forma a los segmentos de un chasis flat panel.



**Fig. 61: Proceso de corte y pegue de vinilo de fibra de carbono. Fuente: Autores**



**Fig. 62: Delimitación de zonas del chasis. Fuente: Autores**

finalmente se realiza el transporte y la culminación del desarrollo del equipo de simulación, para posteriormente realizar el manual de encendido del equipo (Anexo 2).



**Fig. 60. equipo de simulación de radiología portátil "RXP MLDJ" finalizado. Fuente: Autores**

## 7.2. ELABORACIÓN DEL SOFTWARE DEL EQUIPO

Para la elaboración del software del equipo se utilizaron dos programas principales, por parte de la creación de pantallas (entornos) se utilizó Photoshop c6 la cual es un programa de edición de imagen que permite crear múltiples capas y elementos mediante diversas herramientas (41). mediante estas herramientas se logró crear pantallas como lo son las de selección de paciente, selección de estudio, y ejecución del estudio. en las cuales se utilizaron múltiples capas y textos para conseguir el resultado deseado el cual era simular las pantallas con las que cuenta el equipo en el que se basó (fig. 61).



Fig. 61. Creación de pantallas del software mediante Photoshop c6.

Posteriormente se utilizó el programa Scratch el cual usa un lenguaje de programación mediante bloques en el cual cada bloque representa una línea de código, lo cual facilitó mucho la tarea de programar todos los botones e interacciones con las cuales cuenta el software del equipo (42). además, se realizó el código para ejecutar las diferentes técnicas que se pueden utilizar en el equipo y con base a ello se realizó el manual de técnicas y protocolos de radiología portátil (Anexo 3) para lograr el resultado deseado se utilizaron 116 fondos

(Fig. 61) y 148 objetos los cuales cuentan con una programación individual para cada uno resultando en 6305 bloques lo que se traduce en 6305 líneas de código (fig. 62).

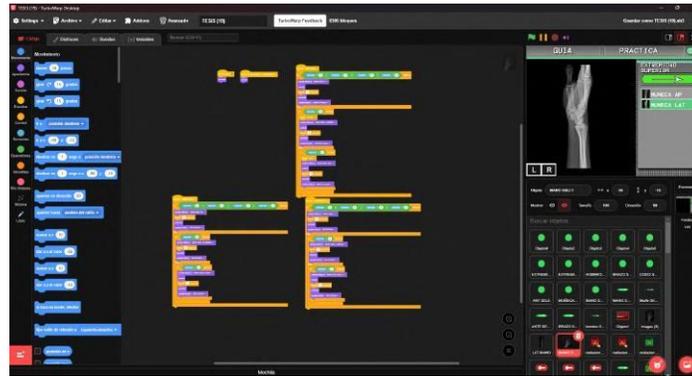


Fig. 62. código de ejecución de radiografía lateral de puño.

para su posterior instalación en el dispositivo que iba a ejecutar el software se realizó la conversión a un archivo HTML el cual al estar en el almacenamiento interno del dispositivo permite que no sea necesario el uso de internet para su ejecución (Fig. 63).



Fig. 63. Funcionamiento correcto del software en el navegador Microsoft Edge.

a continuación, se encuentra una tabla en la cual se encuentran las versiones del software y los cambios que tuvo en cada una:

VERSIÓN DEL SOFTWARE	CAMBIOS O CORRECCIONES
RXP 0.1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● fase inicial.</li> <li>● implementación de entornos.</li> <li>● Creación de código base de inicio.</li> </ul>
RXP 0.2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● programación de botones de selección.</li> <li>● programación del botón de guía.</li> </ul>
RXP 0.3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de código del “disparo de rayos X”.</li> <li>● implementación de radiografías.</li> </ul>
RXP 0.4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de código de sobreexposición y subexposición.</li> </ul>
RXP 0.5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● corrección de errores: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ generación de imágenes incorrectas</li> <li>○ Corrección de valores de exposición.</li> </ul> </li> </ul>
RXP 1.0.	<p>implementación de protocolos de extremidad superior.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de código de selección de lateralidad.</li> </ul>

RXP 1.2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● implementación de disparador</li> <li>● implementación y programación de aviso de sobre exposición.</li> </ul>
RXP 1.3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● implementación de protocolos de extremidad inferior</li> </ul>
RXP 1.4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● corrección de errores: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ lateralidades incorrectas</li> <li>○ cierres inesperados</li> <li>○ compatibilidad</li> </ul> </li> <li>● creación y programación de botón de especificaciones de equipo</li> <li>● implementación de sonidos</li> </ul>

RXP 2.0.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de protocolos de cabeza y cuello.</li> </ul>
RXP 2.1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de protocolos de tórax y columna.</li> </ul>
RXP 2.2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de animaciones y sonidos.</li> <li>● Corrección de valores de exposición.</li> </ul>
RXP 2.3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de aviso de posible sobreexposición y subexposición.</li> </ul>
RXP 2.4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Corrección de diseños de los objetos.</li> </ul>
RXP 2.5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● corrección de errores: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ compatibilidad</li> <li>○ uso excesivo de memoria</li> <li>○ ejecuciones erróneas</li> </ul> </li> </ul>
RXP 3.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>● versión final.</li> </ul>

**TABLA 2. VERSIONES DEL SOFTWARE "RXP".**

### 7.3. IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO EN LA FUNDACION TECNOLÓGICA AUTONOMA DE BOGOTA.

Con el fin de dar cumplimiento al cuarto objetivo específico se realizó la respectiva socialización a los estudiantes de tercer semestre del programa de radiología e imágenes diagnósticas en la cual se explicaron a detalle las funciones del colimador (Fig. 64) y el manejo del equipo de simulación de radiología portátil (Fig. 65), así mismo se enfatizó en que los estudiantes comprendieran el software con el que opera el equipo (Fig. 66). para que posteriormente los estudiantes interactúen con el mismo de una manera en la que se resolvieron dudas y se brindaba ayuda para que los estudiantes utilizaran el equipo de manera correcta (Fig. 67). Además, se evidencio que el equipo funciona perfectamente no solo como una herramienta para los estudiantes sino también para los mismos docentes ya que al contar con el equipo se pueden establecer diversas actividades en las que se profundizan diversos aspectos de la radiología portátil, esta actividad se llevó a cabo el día 23 de abril de 2025.



Fig. 64. Demostración de funcionamiento del colimador.



Fig. 65. Demostración del funcionamiento del brazo del equipo.



**Fig. 66. Demostración del funcionamiento del software.**



**Fig. 67. Estudiante de radiología utilizando el equipo de simulación.**

finalmente, para completar todos los objetivos del presente proyecto se realizó la encuesta de satisfacción a los estudiantes después de que hayan interactuado con el equipo (anexo 1). dando como resultado las siguientes gráficas que ponderan cada respuesta con su respectivo porcentaje:

¿Conoce las medidas de seguridad necesarias para operar equipos portátiles de rayos X?

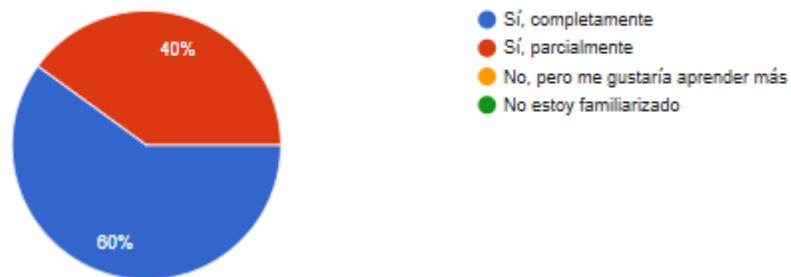


Fig. 68. pregunta No. 1

El 60% de los estudiantes conoce completamente las medidas de seguridad necesarias para operar equipos portátiles, por otra parte, el 40% restante las conoce de una manera parcial.

¿Qué ventajas ve en practicar con simuladores antes de realizar procedimientos reales?

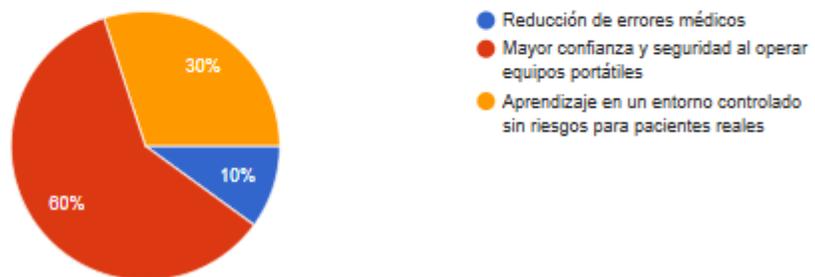


Fig. 69. pregunta No. 2

El 60% considera como la mayor ventaja de practicar con simuladores antes de realizar cualquier procedimiento el que se pueda generar una mayor confianza y seguridad al manejar los equipos portátiles. Sin embargo, el 30% considera que el aprendizaje en un entorno controlado es una ventaja mucho más relevante. y el 10% considera que La reducción de errores médicos es la ventaja de mayor

## importancia al utilizar los simuladores

La información brindada durante la charla le permitió tener mejor conocimiento para el manejo del equipo.



Fig. 70. pregunta No. 3

El 80% de los estudiantes estuvieron conformes con la charla del funcionamiento del equipo y les dio un entendimiento del funcionamiento y manejo del equipo de una manera efectiva. Por otra parte, el 20% restante consideró que se requiere de práctica o información adicional para comprender el funcionamiento del equipo.

Considera usted que la estructura del simulador cumple con el propósito de asemejarse a un equipo real?



Fig. 71. pregunta No. 4

El 80% de los estudiantes consideraron que la estructura que se realizó para el simulador cumple perfectamente el propósito para el cual fue diseñado, sin embargo, el 20% considera que el simulador puede tener mejoras

En una escala del 1 al 5 que tan difícil fue manejar el simulador. (siendo 1 sencillo y 5 complicado)

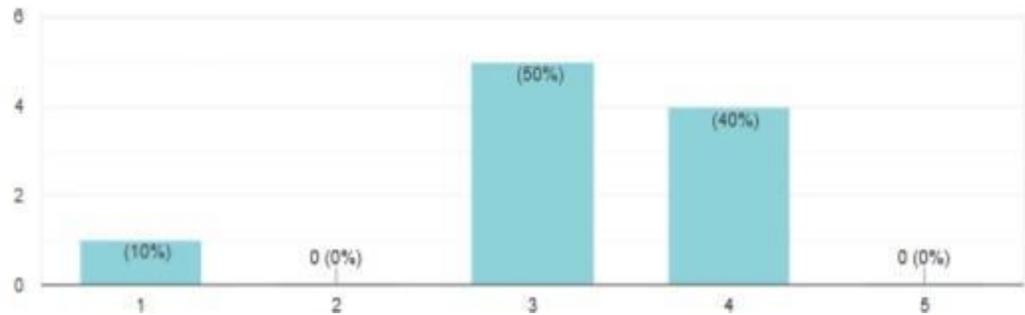


Fig. 72. pregunta No. 5

El 50% se ubicó en la escala de dificultad del manejo del equipo en un rango de 3, el 40% establece un rango de 4, y el 10% un rango de 1.

En una escala del 1 al 5 que tan complejo fue interactuar con el software del equipo de simulación. (siendo 1 sencillo y 5 complicado)

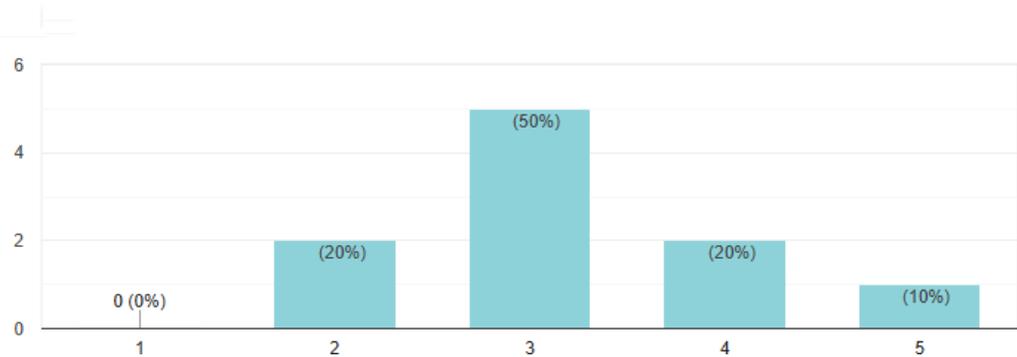


Fig. 73. pregunta No. 6

El 50% se ubicó en la escala de complejidad en el manejo del software del equipo en el rango 3, mientras que un 20% lo ubicó en 2, el otro 20% lo establece en 4 y el 10% restante lo establece en 5.

¿Considera que el uso del simulador podría mejorar su desempeño en el periodo practico?

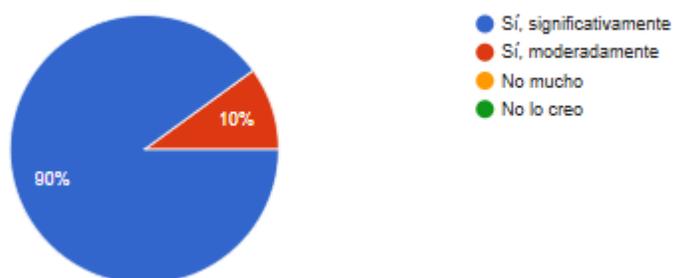


Fig. 74. pregunta No. 7

el 90% de los estudiantes consideraron que el simulador podría mejorar el desempeño práctico de una manera significativa, mientras que el 10% establece que se mejoraría moderadamente.

Sin practicar con el simulador. ¿cree que al entrar en contacto con el equipo de radiología portátil real se puede llegar a generar estrés y temor?

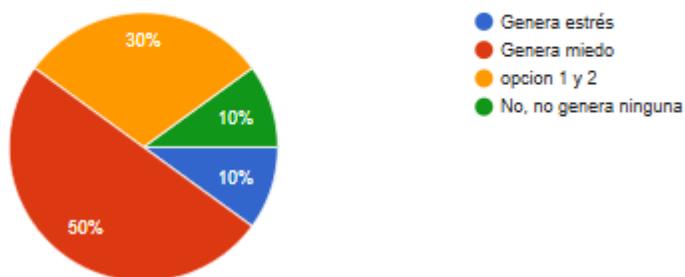


Fig. 75. pregunta No. 8

El 50% de los estudiantes consideran que al interactuar con el equipo real sin haber llegado a utilizar el equipo de simulación se puede llegar a generar miedo, por otra parte el 30% establece que se puede generar estrés y miedo, mientras que el 10% respondió que se puede generar estrés únicamente, y el 10% restante que no se genera ninguna de las dos.

¿Cree que la incorporación de equipos que simulan los diversos equipos con los que se cuentan en área de radiología serían de gran utilidad para que el estudiante pueda tener un acercamiento a las exigencias de un ambiente clínico?



Fig. 76. pregunta No. 9

El 80% de los estudiantes consideran que la incorporación de equipos de simulación del área de radiología puede ser de gran utilidad y mejoran de una manera significativa la formación académica. muestra que el 20% establece que son de utilidad, pero depende de la manera en la que se integren al programa educativo.

¿Qué aspectos técnicos del manejo de equipos portátiles considera que se debería profundizar?

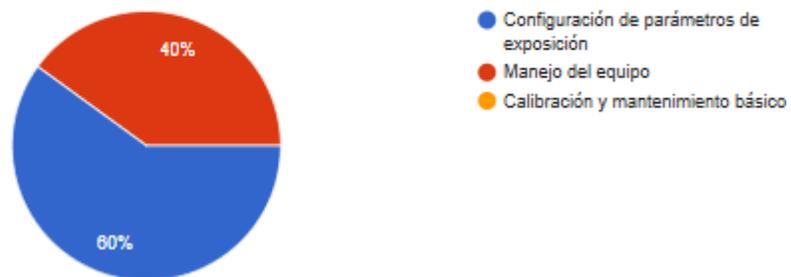


Fig. 77. pregunta No. 10

El 60% establece que se debería profundizar en la configuración de los parámetros de exposición que se usan en los equipos de radiología portátil, mientras que el 40% considera que se debería profundizar en el manejo del equipo.

## 8 DISCUSIÓN

Los equipos de radiología portátil son aquellos dispositivos compactos que generan radiación ionizante y están diseñados para ser efectivos en situaciones de emergencia y para atender a pacientes en cuidados intensivos. Entre sus principales características destacan Movilidad y tamaño compacto, lo que facilita su transporte y uso en diferentes entornos en los que, gracias a la Incorporación de tecnología digital, permiten imágenes de

alta calidad y procesamiento eficiente y un mejor control de exposición, lo que ayuda a ajustar la dosis de radiación según las necesidades del paciente. Sumado a lo anterior ofrecen una gran versatilidad de uso, siendo útiles en áreas como emergencias, traumatología, neonatología y atención domiciliaria. Estos equipos surgieron por la necesidad de brindar accesibilidad a estudios radiológicos en pacientes que no pueden ser trasladados fácilmente, cubriendo así una limitación de los equipos de radiología convencional (43).

La implementación de equipos de simulación en el proceso de enseñanza del campo de la radiología es de suma importancia debido a que pueden aportar de manera significativa tanto para la formación de los futuros profesionales como para los pacientes a los cuales se les brindara el servicio que requieran. principalmente el simulador que se desarrolló en el presente proyecto de investigación tomó como referencia el equipo de simulación de arco en c que se desarrolló anteriormente en la fundación tecnológica autónoma de Bogotá ya que se evidencio la ausencia y el desempeño que podían tener estos equipos ya que estos equipos permiten a los estudiantes practicar procedimientos de toma de imágenes en un ambiente controlado en cual no hay un riesgo latente, lo cual es especialmente útil para dominar los equipos de radiología portátil en los que se requieren especial precisión y adaptabilidad a las situaciones clínicas complejas en las que se pueden necesitar este tipo de equipos (44). a su vez permite que exista una interacción mucho mayor mediante las TIC que proporciona este equipo de simulación en particular ya que así mismo retroalimenta a los estudiantes sobre el uso de técnicas de exposición que pueden utilizar y los riesgos que puede acarrear el mal uso de un equipo real, esto ayuda en gran medida a que los estudiantes practiquen y tengan la oportunidad de equivocarse sin comprometer la seguridad de un paciente o incluso de los propios estudiantes. además, el simulador permite a los estudiantes optimizar el tiempo en el cual

pueden tomar un estudio, lo cual es crucial en una modalidad de imagen como lo es la de la radiología portátil en la que se pueden manejar agendas de un gran número de pacientes y que requieren una toma de imágenes eficiente y con la mejor calidad posible (45). Esto repercute directamente en la preparación con la que los estudiantes llegan a su etapa práctica y el desempeño que tienen en estas. Por otro lado, con el resultado de esta encuesta se puede evidenciar la aceptación por parte de los estudiantes al expresar su conformidad con la implementación de un simulador de rayos X portátil en la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá (Fig. 70) y (Fig. 71) evidenciando que consideran útil y de importancia el conocimiento otorgado por el simulador de rayos x en su proceso teórico práctico (Fig. 74) y (Fig. 76). También se evidencia que para los estudiantes fue desafiante aprender a utilizar un simulador de rayos x portátil, dando evidencia del poco conocimiento y la dificultad que tienen los estudiantes para operar un equipo de rayos x portátil (Fig. 72) y (Fig. 73) entendiendo así como los estudiantes requieren el simulador de rayos x portátil para poder familiarizarse con el manejo de un equipo portátil, entrenar su experticia con el equipo, el manejo de pacientes clínicos y reducir el miedo producido por no conocer un equipo de rayos X portátil (Fig. 75).

## **9 CONCLUSIONES**

La implementación del simulador de radiología portátil “RXP MLDJ” mejora significativamente la formación práctica de los estudiantes, ofreciendo un entorno seguro y realista para desarrollar habilidades clave. Ante la creciente demanda de radiología portátil, es vital que la universidad continúe innovando en su enseñanza para preparar profesionales competentes. Así, la institución se posiciona como líder en excelencia y actualización en ciencias de la salud.

## 10 RECOMENDACIONES

Como autores, queremos presentar una serie de recomendaciones para futuros proyectos de desarrollo de simuladores de equipos, así como para la profundización en el área de radiología portátil. En primer lugar, es fundamental contar con un tiempo prudente para el desarrollo y la realización de pruebas exhaustivas del simulador, ya que durante nuestro proyecto “RXP MLDJ” surgieron contratiempos justo antes de la presentación a los estudiantes. Recomendamos también que personas ajenas al equipo desarrollador prueben el simulador para identificar errores que podrían pasar desapercibidos para quienes conocen su funcionamiento. Además, invitamos a los futuros estudiantes del programa de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas a expresar su creatividad mediante proyectos similares que beneficien su formación y la de sus compañeros.

Por otra parte, consideramos necesario incluir de manera más directa y específica el área de radiología portátil en el plan de estudios, dado que observamos que los estudiantes tenían conocimientos básicos sobre el manejo de estos equipos. Por ello, sugerimos que los docentes incorporen el uso del simulador “RXP MLDJ” en sus clases para mejorar la preparación práctica de los estudiantes, fortaleciendo así sus competencias técnicas y facilitando su desempeño en la etapa práctica y en su futura labor profesional en el campo de la radiología portátil.

## 11 PRESUPUESTO

Para la realización del presente proyecto de investigación se estableció un presupuesto de alrededor de 1'200.000 pesos (un millón doscientos mil pesos) el cual vendría directamente financiado por los recursos económicos de los autores y familiares de los mismos.

A continuación, se encuentra la tabla en la que se especifican los costos de producción para la realización del presente proyecto, en esta se menciona cada uno de los gastos que se realizaron más específicamente para el desarrollo del equipo de simulación de radiología portátil "RXP MLDJ".

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN DE EQUIPO DE SIMULACIÓN DE RADIOLOGÍA PORTÁTIL "RXP"</b>			
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>MIGUEL ANGEL PARRA</b>		
	<b>BRAYAN LEANDRO QUINTERO</b>		
	<b>DAVID PIRAJAN</b>		
	<b>JUAN CAMILO SANTANA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
TABLET	1	200.000	200000
PVC	1	10.000	10000
BASE DE TABLET	1	40.000	40000
VIGUETAS	10	6000	60000
SUPER BOARD	1	112000	112000
ANGULO METALICO	3	4000	12000
TORNILLOS	400	50	20000
EQUIPO REUTILIZADO	1	160.000	160000
INTERRUPTOR	2	1200	2400
INTERRUPTOR BATERÍA	1	2900	2900
EXPLORADORA DE MOTO	1	0	0
INDICADOR DE BATERÍA	1	9000	9000
CORTE Y ADAPTACIÓN DE BRAZO	1	200000	200000
RUEDAS	4	5800	23200
SILICONA	3	18000	54000
CABLE CORRIENTE	2	2500	5000

TUBO METALICO	1	12000	12000
CABLE DUPLEX	3	3000	9000

CABLE DUPLEX NEGRO	2	5000	10000
PINTURA	1	40000	40000
DISCOS DE CORTE	2	9000	18000
CONECTOR USB	1	17000	17000
CINTA AISLANTE	3	4400	13200
GANCHO	1	1000	1000
ABRAZADERAS PLASTICAS X 100	2	9000	18000
BATERIA DE MOTO	1	0	0
CAJA DE PLÁSTICO	1	3000	3000
TOMA DE CORRIENTE	1	4000	4000
VINILO CARBONO	1	14600	14600
ANGULOS PLASTICOS	6	6000	36000
ACRÍLICO	3	15000	45000
PAPEL ALUMINIO	1	12000	12000
CARGADOR TIPO C	1	45000	45000
STICKERS	1	8000	8000
		<b>TOTAL</b>	1208300

tabla 3. costos de producción del equipo de simulación "RXP MLDJ"

Finalmente, el proyecto tuvo un costo de producción de 1´ 208.300 pesos (un millón doscientos ocho mil trescientos pesos).

## 12 CRONOGRAMA

Actividades	Calendario (especificar unidad de tiempo) SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Planeación (elaboración del proyecto)									X							
Aprobación (presentación y aceptación del proyecto)		X														
Gestión (consecución de recursos)				X												
Ejecución (desarrollo del proyecto: trabajo de campo, análisis de resultados)								X								
Difusión (protección y socialización de los resultados del proyecto)				X												

Tabla 4. cronograma de actividades.

### 13. REFERENCIAS

1. Promedco.com. [cited 2024 Oct 12]. Available from: <https://www.promedco.com/noticias/razones-para-elegir-equipos-de-radiografia-por-tatiles>
2. Pacheco MV, Manzano PR. Radiografía con equipos portátiles [Internet]. Física médica. 2016 [cited 2024 Oct 12]. Available from: <https://fisicamedica.es/blog/radiografia-con-equipos-portatiles/>
3. SmartSimulator. 2022 [cited 2024 Oct 12]; Available from: <https://www.siemens-healthineers.com/co/services/customer-services/upskill-services/equipment-and-clinical-education/individual-education-and-practice/smartsimulator>
4. de la Barra Olate Camilo Alberto, Hervias Jara Marianela Andrea. Xpektrin, un simulador de espectros fácil de usar y ampliamente distribuible para radiología general. Rev. chil. radiol. [Internet]. 2019 oct [citado 2024 Oct 11]; 25(3): 94-102. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082019000300094](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082019000300094) &lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082019000300094>.
5. Eliosa V. 6 tipos de aprendizaje que pueden reforzarse mediante la simulación [Internet]. Pearsonlatam.com. Pearson; 2022 [cited 2024 Sep. 13]. Available from: <https://blog.pearsonlatam.com/columna-de-opinion/6-tipos-de-aprendizaje-que-pueden-reforzarse-mediante-la-simulacion>
6. Castro AMM. Aprendizaje basado en la simulación: una estrategia innovadora para la educación universitaria [Internet]. Innovación pedagógica. 2023 [cited 2024 Sep. 13]. Available from: <https://ucontinental.edu.pe/innovacionpedagogica/aprendizaje-basado-en-la-simulacion-una-estrategia-innovadora-para-la-educacion-universitaria/notas-destacadas/>
7. Gov.co. [cited 2024 Sep. 15]. Available from: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7674>
8. de Tecnología En Radiología E Imágenes Diagnósticas P. LINEAMIENTOS PARA LA PRÁCTICA CLÍNICA DOCENCIA SERVICIO [Internet]. Edu.co. [cited 2024

Sep. 15]. Available from <https://noticias.unad.edu.co/images/2021/Lineamientos-Docencia-Servicio-TRID-2021-16-04-2.pdf>

9. de Minas Y Energía ELM. Por la cual se adopta el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica [Internet]. Gov.co. [cited 2024 Oct 20]. Available from: <https://www.minenergia.gov.co/documents/7512/20914-1695.pdf>
10. (S/f-b). Bvs.hn. Recuperado el 19 de octubre de 2024, de <http://www.bvs.hn/RCEUCS/pdf/RCEUCS4-1-2017-10.pdf>
11. Ramos K. ¿Cómo eran las máquinas de rayos X antiguas? [Internet]. 4D MEDICA. 2025 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://4dmedica.ai/como-eran-las-maquinas-de-rayos-x-antiguas/>
12. Marcos AJG-ST. Protección Radiológica: su origen en el ámbito internacional y su posterior desarrollo en Estados Unidos [Internet]. Uva.es. [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: [https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/40080/TFM\\_F\\_2019\\_110.pdf?sequence=1](https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/40080/TFM_F_2019_110.pdf?sequence=1)
13. Champin G. ¿QUÉ ES ALARA? - IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos [Internet]. IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos - Instituto de Protección Radiológica | Ingeniería en Prevención de Riesgos. IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos; 2014 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.iprltda.cl/noticias/que-es-alara/>
14. Evolución Histórica de las Radiografías: Desde Rayos X hasta Imágenes Digitales [Internet]. NUBIX. 2025 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://nubix.cloud/tecnologia-medica/evolucion-historica-de-las-radiografias-desde-rayos-x-hasta-imagenes-digitales>
15. Naranjo LDM. ANÁLISIS DE LA LEY DE CUADRADO INVERSO PARA MEDICIÓN PRÁCTICA DE ILUMINANCIA [Internet]. Ucr.ac.cr. 2009 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/download/687/748/1043>
16. De Blois A. La Temible Ley del Cuadrado Inverso [Explicación Tan Fácil Que No lo Creerás] [Internet]. Blog del Fotógrafo. 2020 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.blogdelfotografo.com/ley-cuadrado-inverso/>
17. Webs.um.es. [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: [https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=lectura\\_14.pdf](https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=lectura_14.pdf)

18. de Minas Y Energía ELM. Por la cual se adopta el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica [Internet]. Gov.co. [cited 2024 Oct 20]. Available from: <https://www.minenergia.gov.co/documents/7512/20914-1695.pdf>
19. (S/f-b). Bvs.hn. Recuperado el 19 de octubre de 2024, de <http://www.bvs.hn/RCEUCS/pdf/RCEUCS4-1-2017-10.pdf>
20. Ramos K. ¿Cómo eran las máquinas de rayos X antiguas? [Internet]. 4D MEDICA. 2025 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://4dmedica.ai/como-eran-las-maquinas-de-rayos-x-antiguas/>
21. Marcos AJG-ST. Protección Radiológica: su origen en el ámbito internacional y su posterior desarrollo en Estados Unidos [Internet]. Uva.es. [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: [https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/40080/TFM\\_F\\_2019\\_110.pdf?sequence=1](https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/40080/TFM_F_2019_110.pdf?sequence=1)
22. Champin G. ¿QUÉ ES ALARA? - IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos [Internet]. IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos - Instituto de Protección Radiológica | Ingeniería en Prevención de Riesgos. IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos; 2014 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.iprltda.cl/noticias/que-es-alara/>
23. Evolución Histórica de las Radiografías: Desde Rayos X hasta Imágenes Digitales [Internet]. NUBIX. 2025 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://nubix.cloud/tecnologia-medica/evolucion-historica-de-las-radiografias-desde-rayos-x-hasta-imagenes-digitales>
24. Naranjo LDM. ANÁLISIS DE LA LEY DE CUADRADO INVERSO PARA MEDICIÓN PRÁCTICA DE ILUMINANCIA [Internet]. Ucr.ac.cr. 2009 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/download/687/748/1043>
25. De Blois A. La Temible Ley del Cuadrado Inverso [Explicación Tan Fácil Que No lo Creerás] [Internet]. Blog del Fotógrafo. 2020 [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.blogdelfotografo.com/ley-cuadrado-inverso/>
26. Webs.um.es. [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en: [https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=lectura\\_14.pdf](https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=lectura_14.pdf)

27. #Infografía: Historia y evolución de los Rayos X. (2022, febrero 12). Aulacem.  
<https://www.aulacem.es/infografia-historia-y-evolucion-de-los-rayos-x/>
28. *La increíble historia del inventor de los Rayos X portátiles*. (2017, septiembre 24). Diario Sanitario.  
<https://diariosanitario.com/la-increible-historia-del-manchego-que-invento-los-rayos-x-portatiles/>
29. Virginiagasull.com. [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en:  
<https://virginiagasull.com/nicole/index.php/2019/05/11/los-petit-curie/>
30. Las «Petit Curie» #ElRincónDeAmaia [Internet]. Blogspot.com. [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en:  
<http://radicalbarbatilo.blogspot.com/2022/06/las-petit-curie-elrincondeamaia.html>
31. 8) Proporcionó asistencia médica durante la Primera Guerra Mundial #MarieCurie150 [Internet]. Blogspot.com. [citado el 11 de abril de 2025]. Disponible en:  
<http://radicalbarbatilo.blogspot.com/2017/11/8-proporciono-asistencia-medica-durante.htm>
32. Radiological Society of North America (RSNA), & American College of Radiology (ACR). (s/f). *Rayos X óseos*. Radiologyinfo.org. Recuperado el 18 de octubre de 2024, de <https://www.radiologyinfo.org/es/info/bonerad>
33. *Los beneficios de las máquinas de rayos X digitales portátiles en medicina de emergencia*. (s/f). Ysenmed.com. Recuperado el 18 de octubre de 2024, de <https://www.ysenmed.com/es/info-detail/the-benefits-of-mobile-portable-digital-x-ray-machines-in-emergency-medicine>
34. Antonio, M. G. A. (2021, 30 marzo). *Medidas de protección radiológica en equipos portátiles de radiología digital en el Hospital Regional Dr. Rafael Estévez, enero-marzo 2021*.  
<https://repositorio2.udelas.ac.pa/items/c14bceb0-b919-4ea3-b92c-e692ff163a7b>
35. Cero, R. O. (2019, 16 octubre). Mónico Sánchez, el inventor del aparato portátil de rayos X que salvó miles de vidas en la Primera Guerra Mund. *OndaCero*.  
<https://www.ondacero.es/programas/mas-de-uno/audios-podcast/entrevistas/monico-sanchez-inventor-aparato-portatil-rayos-x-salvo-miles-vidas-primera-guerra-mundial-201910165da6f14a0cf28964b9a3b464.html#:~:text=En%201909%2C%20M%20%20C3%B3nico%20S%20C3%A1nchez%20patent%20C3%B3.en%20un%20malet%20C3%A1Dn%20y%20ligero.>
36. *Equipos de rayos X portátiles digitales*. (s. f.).  
<https://www.or-technology.com/es/products/human/amadeo-p-systems.html>

37. (S/f). Somatechnology.com. Recuperado el 19 de octubre de 2024, de <https://www.somatechnology.com/spanish/2020/02/27/la-historia-de-las-maquinas-de-rayos-x-portatiles/>
38. Guillen, A. (2023, noviembre 21). Ventajas y desventajas del equipo portátil de Rayos X. *Meison Medical*.  
<https://meisonmedical.com/ventajas-y-desventajas-del-equipo-portatil-de-rayos-x/>
39. *rextar equipo de rx portátil.* (s. f.).  
<https://tecidental.com.co/Colombia/equipos/equipo-de-rayos-x-port%C3%A1til-par-a-pel%C3%ADculas-periapicales-rextar-x-detail>
40. Ramírez, L. B., & Cascante-Sequeira, D. (2021). Update on Hand-Held X-Ray Devices in Dentistry: a Literature Review. *Odvotos - International Journal Of Dental Sciences*, 190-197. <https://doi.org/10.15517/ijds.2021.45846>
41. FDR Nano Rx Portátil [Internet]. Sonika Equipos Médicos SA de CV. Sonika Equipos Médicos; 2020 [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.sonikamx.com/product/fdr-nano-rx-portatil/>
42. Alvarado L. ¿Qué son las TIC y cuál es su importancia? [Internet]. Edu.co. [cited 2024 Oct 17]. Available from: <https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/que-son-las-tic>
43. Implementación de las TIC en el departamento de radiología para la asistencia de actividades del servicio de urgencias del E.S.E hospital San Juan de Dios del municipio de Floridablanca, Santander [Internet]. Gov.co. [cited 2024 Oct 17]. Available from: [https://redcol.minciencias.gov.co/Record/SANTOTOMAS\\_6a950895dc340d4bd448\\_c2ebfa0c5d9f/Details](https://redcol.minciencias.gov.co/Record/SANTOTOMAS_6a950895dc340d4bd448_c2ebfa0c5d9f/Details)
44. Amaró Garrido MA, Díaz Quintanilla CL, Hernández González T. Imagenología digital como recurso didáctico en el aprendizaje significativo de las Ciencias Médicas. *Humanid médicas* [Internet]. 2022 [cited 2024 Oct 18];22(3):673–88. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-81202022000300673&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-81202022000300673&script=sci_arttext)
45. Calva Sánchez RJ, Jimenez Buri KF, Herrera Sarango SC, Núñez Cabrera CM. Avances tecnológicos y científicos en radiología. *RECIAMUC* [Internet]. 2023;7(2):457–65. Available from: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1128>
46. de aceptación: F de E 13-09-2012 F. Aplicaciones docentes de las TIC para el desarrollo de recursos didácticos en Radiología: Una trayectoria de trabajos en equipo [Internet]. Unirioja.es. [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4091617.pdf>
47. Medios radiológicos y herramientas de apoyo modernas en radiología [Internet]. NUBIX. 2021 [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://nubix.cloud/radiologia/medios-radiologicos-y-herramientas-de-apoyo-modernas-en-radiologia>

48. Edu.ar. [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://dspaceapi.uai.edu.ar/server/api/core/bitstreams/27c36934-7212-4d9b-8fb0-2b62569857ab/content>
49. Edu.co. [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/43869/memejiaos.pdf?isAll%20wed=y&sequence=3>
50. Oliver D. Adobe Photoshop CS6 review [Internet]. Creative Bloq. 2012 [citado el 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.creativebloq.com/graphic-design/adobe-photoshop-cs6-review-1233260>
51. Scratch - Imagine, Program, Share [Internet]. Mit.edu. [citado el 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://scratch.mit.edu/classes/332446/>
52. Razones para tener equipos de radiografía portátiles [Internet]. Promedco.com. Promedco; 2019 [citado el 28 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.promedco.com/noticias/razones-para-elegir-equipos-de-radiograf%20afia-portatiles>
53. Edu.co. [citado el 13 de abril de 2025]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/43869/memejiaos.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
54. Manzano PR. Radiografía con equipos portátiles [Internet]. Física médica. 2016 [citado el 13 de abril de 2025]. Disponible en: <https://fisicamedica.es/blog/radiografia-con-equipos-portatiles/>

## **FIGURAS.**

1. uDocz. Historia de la Radiología. uDocz [Internet]. 2022 [cited 2024 Oct 20]; Available from: <https://www.udocz.com/apuntes/363038/historia-de-la-radiologia>
2. uDocz. Historia de la Radiología. uDocz [Internet]. 2022 [cited 2024 Oct 20]; Available from: <https://www.udocz.com/apuntes/363038/historia-de-la-radiologia>
3. Cabacas T. Pantalla de Radioscopia del Aparato de Rayos X Sánchez [Internet]. Blog de Tomás Cabacas. 2013 [cited 2024 Oct 20]. Available from: <https://tomascabacas.com/2013/01/07/pantalla-de-radioscopia-del-aparato-de-rayos-x- sanchez/>
4. Pérez R. Rayos X portátiles, el invento de Marie Curie que salvó a miles de soldados en la Primera Guerra Mundial [Internet]. Xataka.com. Xataka; 2017 [cited 2024 Oct 20]. Available from:

<https://www.xataka.com/medicina-y-salud/rayos-x-portatiles-el-invento-de-marie-curie-que-salvo-a-miles-de-soldados-en-la-primera-guerra-mundial>

5. Gstatic.com. [cited 2024 Oct 19]. Available from:

[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSSsPVTsk8wTMV3GLnYuj\\_ \\_naoafUvlp3S5Q&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSSsPVTsk8wTMV3GLnYuj_ _naoafUvlp3S5Q&s)

6. Wikimedia.org. [cited 2024 Oct 19]. Available from:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Chest\\_radiograph\\_in\\_infl uensa\\_and\\_H\\_influenzae%2C\\_posteroanterior%2C\\_annotated.jpg/800px- Chest\\_radio graph\\_in\\_influenza\\_and\\_H\\_influenzae%2C\\_posteroanterior%2C\\_annotated.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Chest_radiograph_in_infl uensa_and_H_influenzae%2C_posteroanterior%2C_annotated.jpg/800px- Chest_radio graph_in_influenza_and_H_influenzae%2C_posteroanterior%2C_annotated.jpg)

7. Webecommerce.cl. [cited 2024 Oct 19]. Available from:

<https://olmosmed.webecommerce.cl/imgmodulo/productos/87.jp g>

8. Cloudfront.net. [cited 2024 Oct 19]. Available from:

<https://d100mj7v0l85u5.cloudfront.net/s3fs-public/detectores-inalambricos- g.jpg>

9. Ysenmed.com. [citado el 19 de marzo de 2025]. Disponible en:

[https://www.ysenmed.com/u\\_file/2409/photo/ab9e1d20fe.jpg](https://www.ysenmed.com/u_file/2409/photo/ab9e1d20fe.jpg)

10. Redirect notice [Internet]. Google.com. [cited 2024 Oct 19]. Available from:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sonikamx.com%2Fprod u ct%2Fdr-nano-rx- portatil%2F&psig=AOvVaw011ZAJLhUN19JwGHyc6qR4&ust=17294 04952093000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCJct6 NDImYkDFQAAAAAdAAAAABAE>

11. AMERAM - Aplicacion Multimedia para la Enseñanza de Radiología a Alumnos de

Medicina [Internet]. Ameram.es. [cited 2024 Oct 18]. Available from:

<http://www.ameram.es/1.1/00-ameram-1024/>

12. Radiology masterclass [Internet]. www.google.com. [cited 2024 Oct 18]. Available from:

[https://www.google.com/imgres?q=radiology%20masterclass&imgurl=https%3A%2F% 2Fwww.radiologymasterclass.co.uk%2Fimages%2Fmain\\_imgs%2FRSM- thumbnail.jpg %3Fmtime%3D20230325195255%26focal%3Dnone&imgrefurl=https%3A%2F%2Fww w.radiologymasterclass.co.uk%2F&docid=nCPnO2U- 0mTNQM&tbnid=XCTOeOd83Bio OM&vet=12ahUKEwjK8NWch5eJAxV0TTABHbn1OsAQM3oECBoQAA..i&w=310&h=1 74&hcb=2&ved=2ahUKEwjK8NWch5eJAxV0TTABHbn1OsAQM3oECBoQAA](https://www.google.com/imgres?q=radiology%20masterclass&imgurl=https%3A%2F% 2Fwww.radiologymasterclass.co.uk%2Fimages%2Fmain_imgs%2FRSM- thumbnail.jpg %3Fmtime%3D20230325195255%26focal%3Dnone&imgrefurl=https%3A%2F%2Fww w.radiologymasterclass.co.uk%2F&docid=nCPnO2U- 0mTNQM&tbnid=XCTOeOd83Bio OM&vet=12ahUKEwjK8NWch5eJAxV0TTABHbn1OsAQM3oECBoQAA..i&w=310&h=1 74&hcb=2&ved=2ahUKEwjK8NWch5eJAxV0TTABHbn1OsAQM3oECBoQAA)

13. RX Trivia - Quiz de Radiología [Internet]. Google.com. [cited 2024 Oct 18]. Available from:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.TarterStudio.RXTrivia&hl=es\\_CO&pli=1](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.TarterStudio.RXTrivia&hl=es_CO&pli=1)

## 13 ANEXOS

### Anexo 1. cuestionario realizado a los estudiantes de tercer semestre de la Fundación Tecnológica autónoma de Bogotá.



#### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO DE SIMULACIÓN DE RADIOLOGIA PORTATIL EN LA FUNDACION TECNOLÓGICA AUTONOMA DE BOGOTA

El presente cuestionario tiene como objetivo determinar el impacto que tiene la implementación de un simulador de radiología portátil y además evaluar la satisfacción por parte de los estudiantes al interactuar con el equipo. Este cuestionario está orientado hacia los estudiantes de tercer semestre del programa "tecnología en radiología e imágenes diagnosticas" de la fundación tecnológica autónoma de Bogotá.

¿Autoriza usted el uso de la información proporcionada en este cuestionario exclusivamente para fines educativos y de investigación, garantizando la confidencialidad de sus datos personales? \*

- Sí, autorizo.
- No, no autorizo.

Código de estudiante: \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Conoce las medidas de seguridad necesarias para operar equipos portátiles de rayos X? \*

- Sí, completamente
- Sí, parcialmente
- No, pero me gustaría aprender más
- No estoy familiarizado

¿Qué ventajas ve en practicar con simuladores antes de realizar procedimientos reales? \*

- Reducción de errores médicos
- Mayor confianza y seguridad al operar equipos portátiles
- Aprendizaje en un entorno controlado sin riesgos para pacientes reales

La información brindada durante la charla le permitió tener mejor conocimiento para el manejo del equipo. \*

- La charla fue muy clara y me ayudó a comprender mejor el funcionamiento y manejo del equipo.
- Fue buena charla pero, considero que necesito más práctica o información adicional.
- La información brindada no me ayudó a comprender mejor el manejo del equipo

Considera usted que la estructura del simulador cumple con el propósito de asemejarse a un equipo real? \*

- La estructura del simulador es adecuada y cumple perfectamente con su propósito
- Considero que la estructura del simulador no cumple del todo con su propósito.
- Es aceptable, pero puede mejorar.

En una escala del 1 al 5 que tan difícil fue manejar el simulador. (siendo 1 sencillo \* y 5 complicado)

- |                       |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
| <input type="radio"/> |

En una escala del 1 al 5 que tan complejo fue interactuar con el software del equipo de simulación. (siendo 1 sencillo y 5 complicado) \*

- |                       |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
| <input type="radio"/> |

¿Considera que el uso del simulador podría mejorar su desempeño en el periodo práctico? \*

- Sí, significativamente
- Sí, moderadamente
- No mucho
- No lo creo

Sin practicar con el simulador. ¿cree que al entrar en contacto con el equipo de radiología portátil real se puede llegar a generar estrés y temor? \*

- Genera estrés
- Genera miedo
- opcion 1 y 2
- No, no genera ninguna

¿Cree que la incorporación de equipos que simulan los diversos equipos con los que se cuentan en área de radiología serían de gran utilidad para que el estudiante pueda tener un acercamiento a las exigencias de un ambiente clínico? \*

- Sí, sería de gran utilidad y mejoraría significativamente nuestra formación.
- Sí, pero dependería de cómo se implementan en el programa educativo.
- Tal vez, aunque no considero que sea indispensable.
- No, creo que los métodos actuales de enseñanza son suficientes.

¿Qué aspectos técnicos del manejo de equipos portátiles considera que se debería profundizar? \*

- Configuración de parámetros de exposición
- Manejo del equipo
- Calibración y mantenimiento básico

## Anexo 2. manual de encendido del equipo de simulación.



# ENCENDIDO DEL EQUIPO

**RXP MLDJ**

### PASO 1. COMPROBAR QUE HAY ENERGIA

se debe comprobar que el equipo cuenta con energía para ello hay un indicador de batería en el lado derecho de este.



### PASO 2. COMPROBACION DE ENCENDIDO

en caso de que la consola se haya quedado sin batería se debe correr un poco la pantalla hacia la derecha y mantener presionado el botón superior.



### PASO 3. COMPROBAR BOTONES

se debe hacer la comprobación de funcionamiento de los botones de encendido de la consola y el encendido de la luz del colimador, estos botones se encuentran en el panel derecho de la consola.



### PASO 4. INICIAR SOFTWARE

se debe iniciar el software del equipo para ello, ABRIR LA APLICACION QUE SE ENCUENTRA EN LA PANTALLA DE INICIO LLAMADA "RXP V3.0"



RXP V3.0

### CONSIDERACIONES

- la luz del colimador no puede estar encendida por un tiempo prolongado.
- al cargar la batería del equipo no debe haber ningún dispositivo prendido, comprobar que están apagados tanto la consola como la luz.
- EL EQUIPO PUEDE FUNCIONAR SIN PROBLEMAS CONECTADO A LA CORRIENTE
- el dispositivo es netamente para uso del software del equipo, en caso de que se use para otros fines puede comenzar a fallar.



# MANEJO DEL EQUIPO

para conocer el manejo del equipo puedes escanear este código QR en el encontraras un video donde se explica todo detalladamente



# Anexo 3. manual de protocolos y técnicas de radiología portátil.



DISÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO DE SIMULACIÓN DE RADIOLOGÍA PORTÁTIL EN LA FUNDACIÓN TECNOLÓGICA AUTÓNOMA DE BOGOTÁ

MANUAL DE PROTOCOLOS Y TÉCNICAS EN RADIOLOGÍA PORTÁTIL

DAVID PIRAJAN  
BRAYAN LEANDRO QUINTERO GONZALEZ  
MIGUEL ANGEL PARRA CARRANZA  
JUAN CAMILO SANTANA RODRIGUEZ

FUNDACIÓN TECNOLÓGICA AUTÓNOMA DE BOGOTÁ FABA  
TECNOLOGÍA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES DIAGNÓSTICAS  
BOGOTÁ  
2025-1

## MANUAL DE PROYECCIONES EN EQUIPO PORTÁTIL.

<p><b>CRANEO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AL, LAT, TOWNE</li> <li>mAs: 15</li> <li>kV: 50 - 60</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> </ul>	<p><b>TORAX</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP</li> <li>mAs: 5</li> <li>kV: 60 - 70</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de áreas pulmonares y ángulos costofrénicos</li> </ul>
<p><b>ABDOMEN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 15</li> <li>kV: 70 - 80</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de supula gástrica hasta vejiga</li> </ul>	<p><b>HOMBRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, Y ESCAPULAR</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 50 - 60</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de articulación libre</li> </ul>
<p><b>HUMERO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 50 - 60</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de articulación proximal y distal</li> </ul>	<p><b>CODO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 40 - 50</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de articulación libre proximal, tubo distal del codo y mano proximal de articulación</li> </ul>
<p><b>ANTEBRAZO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 40 - 50</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de articulación del codo y articulación de muñeca</li> </ul>	

## MANUAL DE PROYECCIONES EN EQUIPO PORTÁTIL.

## MANUAL DE PROYECCIONES EN EQUIPO PORTÁTIL.

<p><b>PUÑO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: PA, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 40 - 50</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de la articulación de la muñeca libre</li> </ul>	<p><b>PIE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 40 - 50</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> </ul>
<p><b>MANO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT, OBLI</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 40 - 50</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> </ul>	<p><b>COLUMNA CERVICAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 20</li> <li>kV: 60 - 65</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>dar margen de 2 vertebras abajo</li> </ul>
<p><b>CADERA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 60 - 70</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de la articulación de la cadera libre</li> </ul>	<p><b>COLUMNA TORÁCICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 20</li> <li>kV: 75 - 85</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>dar margen de 2 vertebras arriba y abajo</li> </ul>
<p><b>FEMUR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 20</li> <li>kV: 60 - 65</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de articulación proximal y distal del femur</li> </ul>	<p><b>COLUMNA LUMBAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 20</li> <li>kV: 75 - 85</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>dar margen de 2 vertebras arriba y abajo</li> </ul>
<p><b>RODILLA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 60 - 65</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización libre de la articulación de la rodilla, superposición de condílos</li> </ul>	<p><b>COLUMNA LUMBOSACRA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 20</li> <li>kV: 75 - 85</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>dar margen de dos vertebras arriba y visualización completa del codo</li> </ul>
<p><b>PIERNA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 15</li> <li>kV: 50 - 60</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de la articulación proximal y distal de la tibia y el peroné</li> </ul>	<p><b>TOBILLO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PROYECCIONES: AP, LAT</li> <li>mAs: 7</li> <li>kV: 40 - 50</li> <li>RECOMENDACIONES: distancia tubo a paciente de 1 metro</li> <li>visualización de la articulación tibia, astragalina y peroné astragalina libre</li> </ul>

