



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Electrónica

“INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y SOPORTE TÉCNICO DE EQUIPO DE RAYOS X EN EL ÁREA DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES PARA CLÍNICAS Y HOSPITALES DE LIMA, 2025”

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:**

Ingeniero Electrónico

Autor:

Jose Miguel Muñoz Andrade

Asesor:

Dr. Ricardo Manuel Rossi Valverde

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1424-8261>

Lima - Perú

2025

Informe de Similitud



Página 2 of 103 - Integrity Overview

Identificador de la entrega trn:oid::1:3183997471




5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography

Top Sources

- 5%  Internet sources
- 0%  Publications
- 1%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Dedicatoria

A Dios, por iluminar mi camino y brindarme la fortaleza necesaria para enfrentar cada desafío en esta trayectoria profesional.

Dedico este trabajo a mi familia por todo su apoyo y comprensión durante todos estos años en mi camino educativo, les doy gracias por siempre confiar en mí.

Y a todas las personas que han contribuido en esta etapa, mi más profundo agradecimiento. Su apoyo ha sido clave para alcanzar esta meta.

Agradecimiento

Terminada esta etapa de formación académica quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este recorrido y que, de una forma u otra, han aportado a la culminación de esta etapa.

Agradecer a la empresa Tecnología Electromédica S.A.C. por haberme dado la oportunidad de desarrollarme como profesional en sus instalaciones. Agradezco su colaboración y acceso a información necesaria para el desarrollo de este documento.

Agradecer a mi asesor el Dr. Ricardo Manuel Rossi Valverde, cuya experiencia y orientación fueron fundamentales en cada etapa de este proyecto.

Y finalmente, a todas aquellas personas que han contribuido con su apoyo, confianza y estímulo para hacer posible este trabajo.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	26
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	75
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS	93
ANEXOS	98

Índice de tablas

Tabla 1 Línea Eléctrica Requerida.....	41
Tabla 2 Desafíos presentados y estrategias de optimización en la instalación	87
Tabla 3 Desafíos presentados y estrategias de optimización en el mantenimiento	88
Tabla 4 Desafíos presentados y estrategias de optimización en el soporte técnico	89

Índice de Figuras

Figura 1 Logotipo Tecnología Electromédica S.A.C.....	14
Figura 2 Organigrama de la empresa.....	15
Figura 3 Plano de instalación del equipo de rayos X.....	42
Figura 4 Recojo del equipo por el camión grúa.....	43
Figura 5 Descargo del equipo por el camión grúa	44
Figura 6 Ingreso del riel al ambiente.....	44
Figura 7 Ingreso del estativo y mesa al ambiente	45
Figura 8 Ingreso del generador de alta frecuencia al ambiente.....	45
Figura 9 Dimensiones de la mesa flotante	46
Figura 10 Dimensiones del estativo	47
Figura 11 Dimensiones del generador de alta frecuencia.....	47
Figura 12 Dimensiones de la columna y el riel de desplazamiento	48
Figura 13 Unión de pieza complementaria del riel	49
Figura 14 Armado total del riel de desplazamiento.....	49
Figura 15 Posicionamiento de la base y columna del equipo.....	50
Figura 16 Ubicación del filtro de aluminio de 1mm en el haz de salida del tubo de rayos X.....	51
Figura 17 Cableado del rotor y sensores de temperatura del tubo de rayos X....	51
Figura 18 Posicionamiento del colimador debajo del tubo de rayos X	52

Figura 19 Colocación de los cables de alta tensión al tubo de rayos X	53
Figura 20 Instalación de manguera corrugada para el cableado del equipo	53
Figura 21 Instalación de la rejilla difusora en el estativo.....	54
Figura 22 Instalación de la rejilla difusora en la mesa.....	55
Figura 23 Cableado del generador de alta frecuencia.....	56
Figura 24 Cableado del rotor de tubo de rayos X en la tarjeta I/F de control...	56
Figura 25 Consola de comandos.....	57
Figura 26 Instalación final de la columna y el riel del equipo	57
Figura 27 Instalación final del estativo.....	58
Figura 28 Instalación final del generador de alta frecuencia	58
Figura 29 Instalación final del equipo de rayos X.....	59
Figura 30 Uso del osciloscopio para la calibración de factores	60
Figura 31 Uso del medidor de corriente para la calibración de factores.....	60
Figura 32 Uso del Unfors para el control de calidad	61
Figura 33 Uso del test de colimación para el control de calidad.....	62
Figura 34 Adquisición de imagen del test de colimación	63
Figura 35 Instalación final de la estación de trabajo.....	64
Figura 36 Detector Flat Panel.....	64
Figura 37 Adquisición de un estudio de rayos X.....	65
Figura 38 Capacitación al operador del equipo.....	66

Figura 39 Capacitación al operador sobre el uso del software.....	67
Figura 40 Desarmado de las tapas del equipo.....	68
Figura 41 Lubricación de poleas de la columna.....	69
Figura 42 Lubricación de poleas del estativo	69
Figura 43 Limpieza de tarjetas electrónicas del generador.....	70
Figura 44 Mantenimiento preventivo del equipo de rayos X finalizado.....	71
Figura 45 Código de error mostrado en la consola de comandos.....	72
Figura 46 Conexión remota con la computadora del cliente.....	74
Figura 47 Reporte de servicio técnico de la empresa.....	78
Figura 48 Códigos de errores del manual de servicio	80

RESUMEN EJECUTIVO

La experiencia profesional se desarrolló en el ámbito de la instalación, mantenimiento y soporte técnico de equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima en 2025, con la empresa Tecnología Electromédica S.A.C. Se identificó la necesidad de optimizar estos procesos para mejorar la eficiencia del diagnóstico por imágenes, minimizar tiempos de inactividad y fortalecer la seguridad operativa. Para ello, se aplicaron estrategias basadas en modelos de gestión de mantenimiento preventivo y correctivo, protocolos de instalación alineados con las normativas del Instituto Peruano de Energía Nuclear y soporte técnico con herramientas de monitoreo remoto. La metodología implementada incluyó una planificación estructurada de la instalación, calibración de equipos, capacitación de operadores y ejecución de mantenimientos periódicos. Los resultados evidenciaron una mejora en la operatividad, reducción de fallos técnicos y cumplimiento de estándares de seguridad. Se concluyó que una adecuada planificación, junto con un soporte técnico eficiente y la actualización constante del personal, optimiza el rendimiento de los equipos y la calidad del diagnóstico por imágenes. La experiencia permitió aplicar conocimientos en ingeniería electrónica, gestión de mantenimiento y normativas de seguridad radiológica, fortaleciendo la capacidad de resolución de problemas técnicos en equipos de diagnóstico.

Palabras clave: Instalación, mantenimiento, soporte técnico, equipos de diagnóstico por imágenes.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la empresa

Tecnología Electromédica S.A.C. es una empresa especializada en ingeniería biomédica, fundada en 1998 por el Ing. Nicolás Romero (RUC 20342046836). Desde sus inicios, la compañía ha brindado servicios de consultoría, capacitación y asistencia técnica en la reparación de equipos médicos, con un enfoque particular en el área de diagnóstico por imágenes.

A lo largo de más de dos décadas, la empresa ha consolidado su presencia en el sector, estableciendo alianzas estratégicas con fabricantes internacionales de equipos de rayos X. Gracias a estas asociaciones, ha ampliado su portafolio de servicios para incluir la asesoría, venta e implementación de equipos médicos especializados, siempre con el respaldo y garantía de las casas fabricantes.

Dentro de su catálogo, Tecnología Electromédica S.A.C. ofrece una amplia gama de dispositivos de emisión de rayos X, que incluyen tomógrafos, fluoroscopios, mamógrafos y ecógrafos. Además, proporciona sistemas avanzados de adquisición de imágenes, compuestos por detectores Flat Panel y software licenciado, garantizando soluciones de vanguardia para clínicas y hospitales.

Con más de 20 años de trayectoria, la empresa se ha posicionado como una de las más competitivas del sector, destacándose por la calidad de sus productos y la excelencia en sus servicios. Su equipo de profesionales altamente capacitados asegura el óptimo funcionamiento de los equipos, proporcionando tecnología de última generación que responde a las necesidades del mercado y mejora la atención en el área de diagnóstico por imágenes.

1.2. Servicios producidos

Tecnología Electromédica S.A.C. ofrece un servicio completo para la instalación, mantenimiento y soporte técnico de equipos de diagnóstico por imágenes, garantizando un proceso eficiente y conforme a las normativas vigentes.

Asesoría y evaluación previa

El servicio inicia con una asesoría especializada para la selección del equipo más adecuado según las necesidades del cliente. Posteriormente, el área de ingeniería realiza una evaluación del ambiente donde se instalará el equipo, verificando las condiciones técnicas y estructurales. Como resultado de esta evaluación, se proporciona una lista de pre-requisitos que deben cumplirse para garantizar un funcionamiento óptimo del equipo. Asimismo, el ambiente debe cumplir con las exigencias establecidas por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) para la obtención de la licencia de operación.

Instalación y configuración del equipo

Una vez cumplidos los pre-requisitos, se procede al traslado del equipo hacia la clínica u hospital correspondiente. Un equipo de rayos X está compuesto por cinco partes principales:

Generador de alta frecuencia

Estativo

Columna

Mesa basculante

Tubo de rayos X

La instalación se inicia con el ensamblaje mecánico de estos componentes. Luego, se procede a la calibración del generador de alta frecuencia, ajustándolo según el modelo del tubo de rayos X. Una vez optimizados los parámetros, se realiza un control de

calidad para verificar el correcto funcionamiento del equipo y proceder con la gestión de la licencia de operación.

Sistemas integrados para el diagnóstico por imágenes

Para la obtención de imágenes médicas es necesario contar con dos sistemas interdependientes:

Sistema de emisión de rayos X, encargado de irradiar al paciente.

Sistema de adquisición de imágenes, que capta la radiación mediante un detector Flat Panel y la procesa con un software especializado.

Capacitación del personal usuario

Finalizada la instalación, se brinda una capacitación al personal encargado de la operación del equipo. Esta formación incluye el uso mecánico del equipo, manejo de la consola de comandos, operación del detector Flat Panel y configuración del software de adquisición. Además, el personal usuario debe contar con conocimientos en radiología para determinar las dosis adecuadas según cada estudio médico. Es requisito contar con una licencia de operador otorgada por el IPEN.

Mantenimiento preventivo y correctivo

Mantenimiento Preventivo

Se realiza cada seis meses, conforme a las recomendaciones del fabricante. Sin embargo, la frecuencia del mantenimiento puede verse afectada por factores como:

Condiciones de limpieza del ambiente.

Disponibilidad del cliente.

Periodo de garantía del equipo.

Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento se efectúa cuando el equipo presenta fallas en su funcionamiento, las cuales pueden ser de dos tipos:

Fallas electrónicas: Generalmente ocurren en el generador de alta frecuencia, donde se encuentran las tarjetas principales encargadas del control, alimentación de energía, filamento y conexión con el tubo de rayos X.

Fallas mecánicas: Pueden presentarse en el desplazamiento del estativo, la columna o en el mecanismo de la mesa flotante.

1.3. Datos de la empresa

1.3.1. Logotipo

Figura 1

Logotipo Tecnología Electromédica S.A.C.



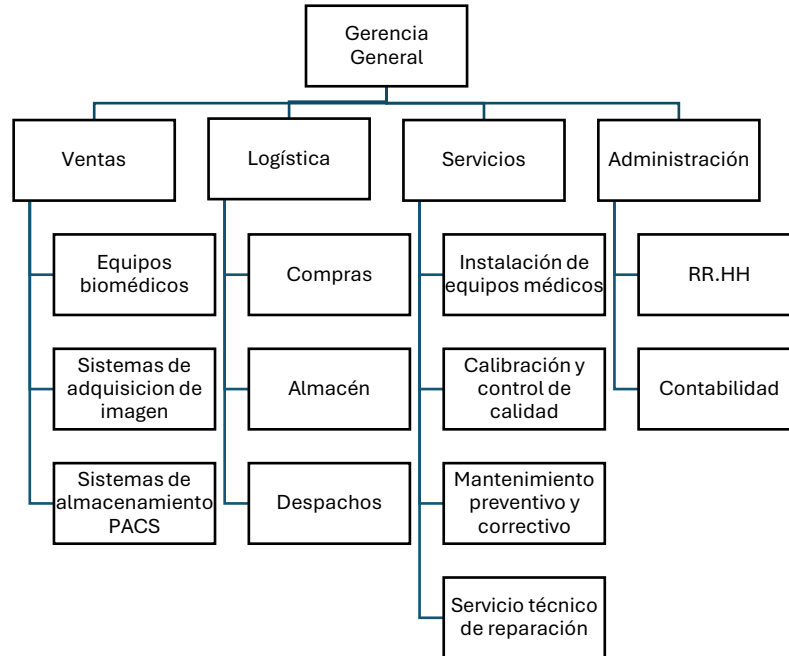
1.3.2. Misión

Nuestra proyección como empresa se orienta hacia una mejor difusión de los criterios básicos de la tecnología electromédica junto con la normativa nacional, mejorar los sistemas de gestión de calidad en el sector médico para anticiparnos y estar listos para aceptar los retos técnicos planteados a través de las necesidades de nuestros clientes.

1.3.3. Organigrama

Figura 2

Organigrama de la empresa



1.3.4. Información ficha RUC

a) Información general del contribuyente

- Razón Social: Tecnología Electromédica S.A.C.
- RUC: 20342046836
- Tipo de Contribuyente: Sociedad Anónima Cerrada
- Fecha de Inicio de Actividades: 01/12/1998

b) Datos del contribuyente

- Registra Actividades de Comercio Exterior como: Importador
- Teléfono Fijo 1: 4480758
- Teléfono Fijo 2: 7150828
- Página Web: <http://www.temsa.pe>
- Correo Electrónico: ventas@temsa.pe

c) Domicilio Fiscal

- Departamento: LIMA
- Provincia: LIMA
- Distrito: Surquillo
- Urbanización: Jorge Chávez
- Dirección Legal: Av. Tomas Marsano 1915

d) Representante Legal

- Apellidos y Nombres: ROMERO CARLOS, NICOLAS ANTONIO
- Cargo: Gerente General
- DNI: 08211246

1.3.5. Productos y Servicios**a) Productos**

- Rayos X General
- Tomógrafos
- Mamógrafos
- Fluoroscopios
- Densitómetros
- Digitalizadores
- Detectores Flat Panel
- Impresoras de placas
- Banco de condensadores

b) Servicios

- Asesorías de ventas
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

- Evaluación técnica
- Instalación de equipos
- Traslado de equipos

1.4. Realidad Problemática

La evolución de los sistemas de radiología ha permitido mejoras significativas en el diagnóstico médico. De acuerdo con Machado Acuña et al. (2023), desde su invención, los sistemas de radiología convencional han operado eficazmente, proporcionando imágenes de calidad diagnóstica adecuada. Sin embargo, los desafíos relacionados con el almacenamiento, recuperación y posibles pérdidas de datos han impulsado la transición hacia sistemas digitales, favorecidos tanto por iniciativas comerciales como por avances científicos. La radiografía digital es uno de los desarrollos más relevantes en el campo de las imágenes diagnósticas, debido a la creciente demanda de la población y su estrecha relación con otras ramas médicas, las cuales requieren diagnósticos rápidos y precisos para la toma de decisiones clínicas.

En esta misma línea, Ramírez Cotrina (2023) menciona en la Revista Peruana de Radiología que el uso de radiación ionizante en medicina ha crecido exponencialmente debido a los avances tecnológicos de las últimas décadas. Este desarrollo ha mejorado la precisión en los procedimientos diagnósticos, pero también ha incrementado la exposición de los pacientes a la radiación, lo que supone un riesgo para su salud. Por ello, es fundamental optimizar su uso, justificar cada procedimiento y garantizar una utilización racional de la radiación.

La implementación de estas tecnologías responde a la necesidad de los profesionales médicos de obtener diagnósticos precisos para diversas afecciones, como fracturas óseas, infecciones o tumores. Por ejemplo, las radiografías de tórax son

esenciales para detectar neumonías, mientras que la mamografía desempeña un papel crucial en la detección temprana del cáncer de mama. Asimismo, los rayos X no solo tienen aplicaciones diagnósticas, sino también terapéuticas. La fluoroscopia, por ejemplo, permite obtener imágenes en tiempo real y se utiliza en procedimientos mínimamente invasivos, como la inserción de catéteres en angioplastias coronarias, mejorando la precisión y seguridad del tratamiento.

A pesar de los avances tecnológicos, la exposición a la radiación conlleva riesgos potenciales para la salud. No obstante, estos riesgos pueden minimizarse con el uso adecuado de los equipos y el mantenimiento periódico de los sistemas de rayos X. En la actualidad, el desarrollo tecnológico se centra en reducir la dosis de radiación y mejorar la calidad de las imágenes diagnósticas, asegurando que el beneficio obtenido supere los riesgos asociados.

Para garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos de rayos X, es indispensable implementar un plan de mantenimiento adecuado. Existen dos tipos principales de mantenimiento: preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo se orienta a la conservación proactiva de la maquinaria, involucrando al personal operativo en la supervisión y ejecución de estas actividades. Según Benjamín (2006), muchas empresas poseen equipos que requieren un monitoreo constante para evitar deterioros y garantizar su operatividad. Esto implica inspecciones regulares realizadas por técnicos especializados, quienes deben seguir un plan estructurado de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de los dispositivos y minimizar fallas inesperadas.

Por otro lado, el mantenimiento correctivo, también conocido como mantenimiento reactivo, se lleva a cabo cuando el equipo ya ha presentado una falla. Stephens (2010) señala que este tipo de mantenimiento puede generar interrupciones

en el servicio y retrasos operativos, ya que implica reparaciones no planificadas, lo que lo convierte en una de las modalidades de mantenimiento más costosas. En los equipos de rayos X, las fallas pueden ser mecánicas o electrónicas, afectando componentes esenciales como el generador de alta frecuencia, el tubo de rayos X o los sistemas de posicionamiento.

En este contexto, asegurar el mantenimiento adecuado de los equipos de rayos X en clínicas y hospitales no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino que también es crucial para la seguridad de los pacientes y el cumplimiento de normativas sanitarias. La implementación de planes de mantenimiento estructurados y la capacitación del personal encargado del manejo de estos equipos resultan fundamentales para optimizar su rendimiento y garantizar diagnósticos precisos y seguros.

1.5. Definición del Problema

1.5.1. Problema General

- ¿De qué manera la instalación, el mantenimiento y el soporte técnico de los equipos de rayos X influyen en la eficiencia y calidad del diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025?

1.5.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el proceso óptimo para la instalación de equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima y cómo influye en la calidad y eficiencia del diagnóstico por imágenes en 2025?
- ¿Cuáles son los tipos de mantenimiento necesarios para los equipos de rayos X y cómo afectan su operatividad y la precisión del

diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025?

- ¿Qué protocolos deben seguirse para la ejecución de un soporte técnico adecuado en equipos de rayos X y cuál es su impacto en la continuidad y calidad del servicio de diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025?
- ¿Cuáles son los principales desafíos y barreras en la instalación, mantenimiento y soporte técnico de los equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima, y qué estrategias pueden implementarse para optimizar estos procesos en 2025?

1.5.3. Objetivo General

- Analizar el impacto de la instalación, el mantenimiento y el soporte técnico de los equipos de rayos X en la eficiencia y calidad del diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025.

1.5.4. Objetivos Específicos

- Evaluar el proceso óptimo para la instalación de equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima y su influencia en la calidad y eficiencia del diagnóstico por imágenes en 2025.
- Identificar los tipos de mantenimiento necesarios para los equipos de rayos X y determinar su impacto en la operatividad y precisión del diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025.

- Examinar los protocolos de soporte técnico aplicados a los equipos de rayos X y su efecto en la continuidad y calidad del servicio de diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025.
- Identificar los principales desafíos y barreras en la instalación, mantenimiento y soporte técnico de los equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima, proponiendo estrategias para optimizar estos procesos en 2025.

1.6. Breve descripción del funcionamiento de los equipos de rayos X

Un aspecto fundamental dentro de la problemática planteada es el funcionamiento y operación de los equipos de rayos X una vez culminada su instalación. Posteriormente, se lleva a cabo la capacitación del tecnólogo u operador encargado del equipo, asegurando su correcta manipulación y optimización del rendimiento.

El proceso de operación inicia con el encendido del equipo, el cual requiere la activación del tablero eléctrico de alimentación ubicado en el ambiente de instalación. En este tablero se encuentra una llave termomagnética de 100 amperios, la cual debe levantarse para energizar el generador de alta frecuencia. Este generador está conectado a un banco de condensadores, que actúa como una reserva de corriente para proporcionar una mayor potencia de disparo en los factores radiológicos cuando sea necesario. El banco de condensadores cuenta con dos llaves termomagnéticas:

La primera, que activa el paso de corriente alterna, permitiendo la carga de los condensadores.

La segunda, que habilita la transferencia de corriente continua almacenada

directamente al generador.

El equipo cuenta con una consola de comandos, a través de la cual se realiza el encendido y apagado manual del sistema. Desde esta consola, el operador también configura los factores radiológicos necesarios para la realización de los exámenes médicos.

Luego de la activación del sistema, se procede a la manipulación mecánica del equipo. Dependiendo del tipo de estudio solicitado, el tecnólogo posiciona al paciente mediante los movimientos de la mesa, la columna sobre el riel o el estativo. Una vez ubicado correctamente, se realiza la colimación de la luz, delimitando con precisión el área anatómica a examinar.

Después del correcto posicionamiento del paciente, el operador establece los parámetros radiológicos en la consola y procede a ejecutar la exposición o disparo de la radiación. La radiación efectiva generada es captada por el detector Flat Panel, el cual convierte la información en una imagen digital. Esta imagen es procesada y ajustada mediante el software de adquisición, optimizando su calidad para su posterior análisis.

Finalmente, el estudio radiológico es enviado al médico especialista, quien interpreta la imagen obtenida y emite un diagnóstico preciso, facilitando así la toma de decisiones clínicas en beneficio del paciente.

1.7. Justificación

Justificación Teórica

Según Arias (2012), Baena (2017), Méndez (2011) y Ñaupas et al. (2014), la justificación teórica está vinculada con la exploración de enfoques conceptuales que aborden el problema de estudio, con el propósito de ampliar el conocimiento

dentro de una línea de investigación específica. Asimismo, Hernández et al. (2014), Bernal (2010), Pyrczak (2014) y Salinas y Cárdenas (2009) sostienen que la justificación teórica se fundamenta en la identificación de un vacío en el campo científico, permitiendo que el estudio contribuya a su llenado parcial o total.

En este contexto, la presente investigación proporciona fundamentos teóricos sobre el funcionamiento de los equipos de rayos X, detallando el proceso físico mediante el cual se generan los rayos X y su interacción con la energía. La comprensión de estos principios no solo permite entender el mecanismo de estos dispositivos, sino que también facilita la optimización de su uso en el ámbito clínico y hospitalario, asegurando diagnósticos más precisos y eficientes.

Justificación Práctica

De acuerdo con Arias (2012), Baena (2017), Hernández et al. (2014) y Salinas y Cárdenas (2009), una investigación puede generar aportes prácticos directos o indirectos relacionados con la problemática estudiada. Complementariamente, Bernal (2010) y Blanco y Villalpando (2012) destacan que un estudio posee justificación práctica cuando sus hallazgos permiten resolver un problema o proponer estrategias aplicables que contribuyan a su solución.

En términos prácticos, el uso de los equipos de rayos X en el ámbito médico representa un beneficio significativo para la población, ya que permite la obtención de imágenes diagnósticas de alta precisión, facilitando la detección temprana de enfermedades y contribuyendo a una atención médica más eficiente. La implementación de estrategias adecuadas de instalación, mantenimiento y soporte técnico garantiza que estos equipos operen con la mayor eficiencia posible, reduciendo fallas y optimizando la calidad del diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales.

Justificación Metodológica

Según Bernal (2010) y Blanco y Villalpando (2012), una investigación se justifica metodológicamente cuando introduce nuevas estrategias, procedimientos o metodologías que permiten obtener conocimiento confiable. De manera complementaria, Hernández et al. (2014), Méndez (2011) y Ñaupas et al. (2014) destacan que una investigación cuenta con justificación metodológica cuando desarrolla nuevos instrumentos para la recolección y análisis de datos o plantea enfoques innovadores para el estudio de variables o poblaciones.

En este estudio, la metodología empleada permitirá analizar la eficiencia del diagnóstico por imágenes a partir de la instalación, mantenimiento y soporte técnico de los equipos de rayos X en clínicas y hospitales. A lo largo del tiempo, los avances tecnológicos han permitido mejorar la calidad de las imágenes diagnósticas al tiempo que se ha reducido la exposición innecesaria a la radiación ionizante, minimizando los riesgos para los pacientes. El análisis metodológico de estos aspectos contribuirá al desarrollo de estrategias que optimicen el rendimiento de estos equipos y su impacto en la salud pública.

Justificación Social

De acuerdo con Arias (2012), Hernández et al. (2014) y Salinas y Cárdenas (2009), toda investigación debe poseer una relevancia social, es decir, debe ser significativa y generar un impacto positivo en la comunidad. Ñaupas et al. (2014) amplían este concepto al señalar que un estudio puede contribuir a la solución de problemas sociales, como el empoderamiento de grupos vulnerables o la mejora en el acceso a la salud. Además, Tamayo y Tamayo (1999) sugieren que las investigaciones aplicadas deben orientarse hacia el bienestar de la sociedad.

En este sentido, la presente investigación reviste una importancia social considerable, dado que la optimización en la instalación, mantenimiento y soporte técnico de los equipos de rayos X incide directamente en la calidad del diagnóstico médico, impactando en la salud de la población. Un ejemplo claro de la relevancia social de estos equipos fue su uso crítico durante la pandemia de COVID-19, donde las radiografías de tórax fueron fundamentales para la evaluación y el monitoreo de pacientes con afecciones pulmonares. La adecuada operatividad de estos equipos permitió a los médicos tomar decisiones oportunas, mejorando el tratamiento y pronóstico de los pacientes.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. SUSTENTO TEÓRICO

Instalación de equipos

La instalación de equipos de rayos X es un proceso crítico que requiere una planificación meticulosa, precisión técnica y el cumplimiento estricto de normativas de seguridad para garantizar el óptimo funcionamiento de la maquinaria y la protección de pacientes y operadores.

Según Hinojosa (2020), uno de los problemas más comunes en el desempeño de estos equipos se origina en una deficiente coordinación o en un montaje inadecuado. Un montaje incorrecto puede provocar fallas técnicas severas e incluso accidentes fatales, siendo la alineación imprecisa – derivada del uso de técnicas de medición ineficientes o de una base defectuosa – una de las principales causas de averías. Por ello, es indispensable contar con diseños de soporte robustos y sistemas de medición precisos que aseguren la estabilidad del equipo y permitan que soporte de manera adecuada las fuerzas y vibraciones a las que está expuesto.

Una instalación adecuada influye directamente en el control de diversas variables de producción, en el rendimiento óptimo de la maquinaria industrial y en la prolongación de su vida útil. Este proceso de montaje demanda, por tanto, especial atención, experiencia y profesionalismo, además de una colaboración eficiente entre todas las partes involucradas. En este contexto, la asesoría de especialistas y el uso de servicios técnicos especializados ofrecidos por los fabricantes resultan fundamentales para garantizar una correcta instalación y un adecuado soporte postventa.

La primera fase del proceso consiste en la inspección del ambiente destinado a la instalación, verificando los accesos, la distribución de los espacios y el acondicionamiento general del lugar. Dada la complejidad mecánica de estos equipos, es esencial que sean ubicados y anclados de forma fija, y que cada componente se transporte con extremo cuidado para evitar daños que puedan comprometer su funcionamiento.

Durante la instalación se deben considerar aspectos técnicos específicos, tales como:

Conexiones eléctricas y seguridad:

El generador de alta frecuencia debe conectarse a un tablero eléctrico independiente y a un sistema de puesta a tierra, con el objetivo de prevenir descargas eléctricas en pacientes y operadores.

Soporte y desplazamiento del equipo:

La columna que soporta y desplaza el tubo de rayos X, junto con el colimador de haz, debe estar posicionado sobre un riel anclado de manera segura para evitar movimientos incontrolados que puedan causar la caída del equipo.

Alineación y medición:

Es fundamental que el estativo y la mesa estén alineados con la luz de colimación emitida por el colimador. Se deben emplear medidas de referencia precisas (por ejemplo, distancias de 1, 1.5 y 1.8 metros desde el punto focal del tubo de rayos X hasta el área a irradiar) para asegurar una correcta dosimetría.

Instalación del detector y la estación de trabajo:

El detector Flat Panel y la estación de trabajo – integrada por una computadora y un software de adquisición de imagen licenciado – deben ubicarse en un área destinada al operador, contigua al espacio del equipo. Para mejorar la visualización del paciente y cumplir con las normativas de protección radiológica, se recomienda la instalación de un

vidrio emplomado en la pared.

Adicionalmente, las normativas internacionales en materia de seguridad radiológica subrayan la necesidad de seguir procedimientos estandarizados durante la instalación de equipos, lo que contribuye significativamente a minimizar riesgos y optimizar el rendimiento del sistema.

Mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento de equipos se define, según García (2016), como el conjunto de acciones y decisiones orientadas a satisfacer las necesidades de los activos físicos. Este proceso abarca el diseño y la planificación de las tareas requeridas, iniciando con la identificación del componente que precisa mantenimiento, seguido de una evaluación detallada para determinar el tipo de intervención más adecuada, y culminando con la elaboración de un cronograma que asegure la ejecución eficiente de las actividades programadas.

En este contexto, Menendez (2016) destaca que el mantenimiento preventivo es fundamental para garantizar la calidad exigida por los usuarios, ya que permite que los equipos sean reparados conforme a los estándares establecidos y operen con máxima eficiencia. La calidad de los insumos y materiales empleados en estas labores tiene un impacto directo en el desempeño del equipo, por lo que es crucial realizar revisiones periódicas utilizando componentes de alta calidad para prevenir fallos recurrentes. Mientras el personal de mantenimiento es responsable de ejecutar estas actividades, el equipo de control de calidad supervisa los resultados para asegurar el cumplimiento de los estándares técnicos y normativos.

Es importante señalar que los equipos de rayos X requieren la aplicación de dos estrategias de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo:

Se centra en la detección temprana de posibles problemas, la supervisión continua del estado del equipo y la implementación de ajustes necesarios basados en actualizaciones tecnológicas y recomendaciones del fabricante.

Mantenimiento correctivo:

Se orienta a la reparación de fallos y a brindar asistencia inmediata en situaciones de emergencia, garantizando la pronta recuperación de la operatividad del equipo.

Complementariamente, Tudon et al. (2019) proponen que las estrategias de mantenimiento deben estructurarse en torno a varios pasos relevantes: identificación, evaluación, planificación, programación y control. La identificación consiste en reconocer cada equipo de manera individual, considerando sus características y funcionamiento específico. La evaluación implica un análisis técnico minucioso realizado por especialistas, mientras que la planificación y programación determinan las tareas necesarias y su periodicidad. Por último, el control asegura que todas las actividades se ejecuten conforme a los estándares establecidos, permitiendo una mejora continua en la gestión del mantenimiento.

Adicionalmente, estudios recientes señalan la importancia de integrar la capacitación continua del personal de mantenimiento para adaptarse a las innovaciones tecnológicas y optimizar tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo. Esta integración no solo reduce los tiempos de inactividad, sino que también prolonga la vida útil de los equipos, aspectos críticos en el ámbito del diagnóstico por imágenes, donde la fiabilidad y la seguridad inciden directamente en la calidad del servicio y en la atención al paciente.

Soporte técnico para la operatividad de los equipos

El soporte técnico es un servicio esencial que garantiza la continuidad operativa

de los sistemas, tanto en áreas de informática como en equipos especializados de diagnóstico por imágenes. Su objetivo es brindar soluciones inmediatas y especializadas que resuelvan problemas técnicos, evitando interrupciones en el servicio y previniendo futuras incidencias.

De acuerdo con Toala (2018), el soporte técnico implica la provisión de asistencia especializada a empresas o entidades que cuentan con departamentos de informática, orientada a solucionar fallos o inconvenientes en los equipos de cómputo. Esta asistencia se focaliza en resolver problemas específicos y establecer medidas preventivas que minimicen la recurrencia de incidencias.

Por otro lado, Terán (2014) destaca que el soporte técnico es un servicio fundamental destinado a asegurar el correcto funcionamiento de los equipos dentro de una organización. Dado que muchas entidades cuentan con un gran número de computadoras, expuestas a diversas fuentes de fallo o daño, la implementación de un soporte técnico eficiente se vuelve indispensable para mantener la productividad y la integridad de los procesos operativos.

La investigación de Andrews et al. (2015) enfatiza que la calidad del soporte técnico depende en gran medida de la experiencia del profesional que lo brinda y de su capacidad para mantenerse actualizado frente a las nuevas tecnologías. Esta actualización constante es vital para responder eficazmente a los desafíos que surgen en un entorno tecnológico en evolución, permitiendo anticipar y resolver incidencias emergentes.

En el contexto de los equipos de rayos X, el soporte técnico adquiere una dimensión adicional. El sistema de adquisición de imagen, instalado en la computadora principal, es un software licenciado que se comunica—de forma inalámbrica o alámbrica, según el modelo—con el detector Flat Panel a través de un router en una red cerrada. Durante la operación, pueden presentarse problemas relacionados con la conectividad del

detector, fallos en el software o inconvenientes en el almacenamiento de datos. Estos problemas se abordan mediante intervenciones de soporte técnico, que pueden realizarse de forma presencial o remota, según la gravedad del caso. Una vez solucionados los inconvenientes, se efectúan pruebas finales para confirmar el correcto funcionamiento del equipo y garantizar que el operador esté satisfecho con el servicio prestado.

Funcionamiento de equipos de rayos X

El funcionamiento óptimo de los equipos de rayos X es fundamental en el entorno clínico, ya que depende de la interacción coordinada de sus componentes. Johnson et al. (2020) destacan que "el funcionamiento de un sistema complejo depende de la interacción entre sus componentes, donde factores internos y externos pueden influir en su estabilidad y eficiencia." Esto implica que, para obtener diagnósticos precisos y garantizar la seguridad del paciente, cada elemento—desde la fuente de radiación y el detector hasta el software de procesamiento—debe operar en condiciones ideales y de manera integrada.

En el ámbito clínico, los equipos de rayos X se clasifican en tres categorías principales, cada una diseñada para responder a necesidades específicas:

Equipos fijos:

Estos sistemas, caracterizados por su robustez y alta potencia, se instalan de forma permanente en salas de radiología. Permiten realizar una amplia variedad de estudios radiológicos, ofreciendo imágenes de alta resolución para diagnósticos precisos. Además, suelen estar equipados con mesas de exploración ajustables y mecanismos automatizados que facilitan el posicionamiento exacto del paciente. Su alta estabilidad los hace aptos para procedimientos avanzados como tomografías computarizadas (TC) y fluoroscopias, que requieren gran precisión.

Equipos móviles:

Montados sobre ruedas, estos dispositivos combinan funcionalidad y flexibilidad, permitiendo su traslado entre diversas áreas del hospital. Son especialmente valiosos en unidades de cuidados intensivos, salas de emergencia y quirófanos, donde el movimiento del paciente puede estar limitado. Aunque su potencia y calidad de imagen suelen ser inferiores a las de los equipos fijos, su versatilidad los convierte en herramientas indispensables en el entorno hospitalario. Equipos portátiles:

Con un diseño aún más compacto y ligero, estos equipos están diseñados para ser transportados por una sola persona. Son ideales para atención domiciliaria, emergencias en campo y situaciones de desastres naturales, donde el acceso a equipos radiológicos convencionales es limitado. A pesar de contar con menor potencia, los avances tecnológicos han mejorado significativamente su calidad de imagen y funcionalidad, permitiendo incluso su operación mediante baterías.

La evolución constante en tecnología radiológica ha facilitado la integración de estos equipos en redes hospitalarias y mejorado la eficiencia en la transmisión y procesamiento de imágenes, lo que se traduce en diagnósticos más precisos y seguros.

Eficiencia de equipos de rayos X

Fernández-Ríos y Sánchez (1997) definen la eficiencia como la “expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos”. En otras palabras, la eficiencia implica alcanzar metas utilizando el mínimo de recursos posibles, aspecto fundamental en el contexto de la tecnología médica.

En el sector salud, George et al. (2022) abordan la eficiencia desde tres perspectivas integradas:

Eficiencia social:

Esta dimensión se relaciona con el nivel de satisfacción de la población

respecto a la equidad en el acceso a los servicios de salud, la calidad de la atención recibida y la mejora en la salud tanto a nivel individual como colectivo. Un equipo de rayos X eficiente contribuye a diagnósticos precisos y oportunos, lo que se traduce en un servicio más equitativo y confiable para la comunidad.

Eficiencia médica:

Se centra en la capacidad de ofrecer atención médica de manera temprana y oportuna. La eficiencia de los equipos de rayos X permite detectar patologías en fases iniciales, facilitando intervenciones tempranas y tratamientos adecuados que mejoran el pronóstico de los pacientes.

Eficiencia económica:

Esta perspectiva evalúa el uso óptimo y racional de los recursos disponibles, considerando tanto la inversión inicial en tecnología como los costos operativos y de mantenimiento. Equipos de rayos X que operan de manera eficiente maximizan la relación costo-beneficio, lo que resulta esencial para una gestión sostenible en el sector salud.

Una alta eficiencia en estos equipos no solo optimiza el rendimiento técnico y operativo, sino que también repercute positivamente en la calidad del servicio, reduciendo tiempos de espera y costos, y fortaleciendo la confianza de la población en el sistema de salud.

Seguridad Radiológica y Normativas Regulatorias

La seguridad radiológica es un pilar fundamental en el uso de equipos de rayos X, ya que protege tanto a los pacientes como al personal de posibles exposiciones nocivas. Para lograr este objetivo, es indispensable la implementación de protocolos de seguridad que aborden aspectos como la calibración periódica de los equipos, el monitoreo continuo de dosis y la verificación de la integridad de los blindajes y dispositivos de protección.

Las normativas regulatorias, tanto a nivel nacional como internacional, establecen los parámetros y límites aceptables para la exposición a radiaciones ionizantes. Por ejemplo, organismos como la International Atomic Energy Agency (IAEA) han difundido directrices que deben cumplirse para garantizar un uso seguro de estos equipos (IAEA, 2018). Asimismo, las autoridades sanitarias locales suelen establecer reglamentos específicos que obligan a las instituciones a certificar la conformidad de sus instalaciones radiológicas, lo que incluye la evaluación periódica de las condiciones de seguridad y la capacitación del personal. En este contexto, la correcta aplicación de estas normativas no solo minimiza los riesgos asociados a la radiación, sino que también optimiza el funcionamiento de los equipos al asegurar que operen dentro de condiciones seguras y controladas.

Certificación y Acreditación

La certificación y la acreditación son procesos esenciales para garantizar la calidad y la seguridad en los servicios de diagnóstico por imágenes. La certificación se enfoca en la verificación de que los equipos cumplen con los estándares técnicos y de seguridad establecidos, mediante evaluaciones rigurosas y periódicas. Por su parte, la acreditación abarca un proceso más integral que valida no solo los equipos, sino también la infraestructura, el personal y los procedimientos operativos de la institución.

Estos procesos contribuyen significativamente a la estandarización de las prácticas clínicas, fortaleciendo la confianza de los pacientes y reduciendo la probabilidad de incidentes. Diversos estudios han demostrado que la implementación de sistemas de certificación y acreditación mejora la eficiencia operativa y reduce los costos asociados a mantenimientos imprevistos y fallas técnicas (World Health Organization [WHO], 2019). Además, contar con acreditaciones reconocidas a nivel internacional impulsa la competitividad de las instituciones de salud y fomenta una cultura de mejora continua en

la gestión de la tecnología radiológica.

2.2. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Una instalación y operación adecuadas de equipos de rayos X son fundamentales para garantizar diagnósticos precisos y la seguridad de pacientes y personal. Diversos organismos internacionales y estudios de investigación han establecido parámetros estructurales, operativos y de seguridad para optimizar el rendimiento de estos sistemas.

La Organización Panamericana de la Salud (2009) recomienda que, para una correcta instalación de equipos de rayos X, las salas que no se ubiquen en la planta baja y tengan espacios ocupados debajo cuenten con pisos de concreto sólido con losas de al menos 150 mm de grosor. De igual forma, cuando existan áreas ocupadas sobre la sala, el techo debe construirse con losas de concreto que aseguren una adecuada contención de la radiación. En lo que respecta a las paredes, se sugiere utilizar materiales con alta capacidad de absorción radiológica, tales como bloques o ladrillos macizos de concreto de 230 mm de grosor, láminas de plomo integradas en otros tipos de ladrillos (con 2 mm de espesor), yeso de bario de al menos 6 mm o concreto sólido de 150 mm. En caso de utilizar paredes de madera natural o contrachapada, es imprescindible reforzarlas con plomo hasta una altura de 220 cm desde el piso terminado.

Fuentealba et al. (2024) explican que los rayos X constituyen una forma de radiación ionizante capaz de causar daño biológico en las personas expuestas. Dicho daño se clasifica en dos tipos:

Determinístico: Se manifiesta cuando se supera un umbral de dosis específico.

Estocástico: No requiere alcanzar un umbral definido, pero la probabilidad de aparición aumenta proporcionalmente a la dosis recibida.

El correcto funcionamiento de los equipos portátiles de rayos X depende de varios factores importantes, entre ellos el estricto cumplimiento de las normas de seguridad y el ajuste preciso de los parámetros operativos. El diseño compacto, la ligereza y la incorporación de baterías recargables les permiten operar sin una fuente de energía constante, facilitando su transporte y uso en contextos como atención domiciliaria o situaciones de emergencia.

Calva et al. (2023) señalan que la integración tecnológica en los sistemas modernos de rayos X ha permitido optimizar su eficacia, proporcionando imágenes diagnósticas de alta fidelidad. Los avances en digitalización y procesamiento de datos facilitan una interacción más eficiente con la información generada, aumentando la nitidez y precisión de las imágenes, lo que resulta crucial para un diagnóstico certero.

Valdés et al. (2024) destacan que las fallas más comunes en los equipos generadores de rayos X están relacionadas con problemas en los mandos auxiliares, generalmente derivados de errores en la reparación de circuitos o de la falta de un mantenimiento periódico adecuado. Estas incidencias pueden ocasionar averías costosas y afectar la continuidad del servicio.

La seguridad radiológica es un pilar esencial en el uso de equipos de rayos X, puesto que protege tanto a los pacientes como al personal de la exposición a radiaciones ionizantes. La implementación de protocolos de seguridad—que incluyen la calibración periódica de los equipos, el monitoreo continuo de dosis y la verificación de la integridad de los blindajes—es indispensable para minimizar riesgos. Las normativas regulatorias, a nivel nacional e internacional, establecen los

parámetros y límites de exposición. Por ejemplo, la International Atomic Energy Agency (IAEA, 2018) ha difundido directrices que deben cumplirse para garantizar un uso seguro de estos equipos. Luego, la correcta aplicación de estas normativas no solo reduce los riesgos asociados a la radiación, sino que también optimiza el funcionamiento de los equipos al asegurar condiciones operativas seguras y controladas.

Investigaciones recientes han demostrado que la integración de sistemas digitales de gestión en radiología contribuye significativamente a la mejora de la precisión diagnóstica.

2.2.2. Nacionales

Para Loyola & Hamilton (2012), los avances tecnológicos en equipamiento y radiología digital han influido de manera significativa en la práctica radiológica, ya que han permitido mejorar la calidad de imagen, reducir las dosis de radiación y ampliar las aplicaciones disponibles para lograr diagnósticos y tratamientos más precisos. Sin embargo, los principios fundamentales de la formación de imágenes con rayos X y los riesgos inherentes a su exposición continúan siendo los mismos. Dado que la radiación ionizante puede alterar células y tejidos, su uso requiere una gestión extremadamente cuidadosa. Una planificación adecuada de las instalaciones, el mantenimiento correcto de los equipos y la capacitación especializada del personal son esenciales para minimizar las dosis innecesarias en pacientes, trabajadores y el público, sin comprometer la calidad de la información médica obtenida.

En lo que respecta al software de adquisición de imagen, Bados & Miura (2010) destacan que las mejoras en el hardware y el software de los equipos de radiología digital inciden directamente en la optimización de la calidad de imagen

y en la reducción de la dosis de radiación para el paciente. No obstante, al evaluar la viabilidad económica de incorporar estos dispositivos de diagnóstico, es fundamental realizar un análisis detallado del costo inicial y de los gastos de mantenimiento, garantizando así su funcionamiento continuo en comparación con los sistemas de radiología convencional.

Por otro lado, Inostroza (2008) explica que los equipos médicos son dispositivos o instrumentos diseñados para el diagnóstico, tratamiento o terapia, con el objetivo de mejorar el estado de salud de los pacientes. Estos equipos, que incluyen tanto dispositivos de diagnóstico como terapéuticos, se definen como aparatos destinados a fines médicos cuya función no depende de una reacción química, abarcando además las pruebas diagnósticas *in vitro*. Generalmente, están compuestos total o parcialmente por componentes electrónicos y pueden clasificarse en equipos quirúrgicos, de cuidados intensivos y dispositivos analíticos o de laboratorio.

La investigación de Giraldo (2021) resalta que el uso de los rayos X ha experimentado un aumento sostenido a lo largo del tiempo, impulsado por la practicidad y la rapidez con la que la radiación ionizante permite obtener imágenes para un diagnóstico inmediato. La aplicación de estas radiaciones en el ámbito médico constituye la principal fuente de exposición a radiaciones de origen artificial. Según datos del UNSCEAR (2008), en 2008 se realizaron aproximadamente 3.600 millones de procedimientos médicos con radiación ionizante, en comparación con los 2.400 millones registrados en 1996.

En su estudio, Atau (2020) enfatiza que la medicina moderna depende en gran medida de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos basados en estudios

por imágenes, donde los exámenes que utilizan radiación ionizante, como la tomografía computarizada (TC) y la radiografía (RX), juegan un papel fundamental.

Finalmente, García & Tisza (2009) destacan el desafío que enfrentaron los ingenieros al trasladar las imágenes radiológicas, tradicionalmente capturadas en película, a una pantalla de computadora. Gracias a numerosos avances, la calidad de imagen de los sistemas digitales actuales supera en resolución a las placas radiográficas convencionales, eliminando la necesidad del proceso de revelado. Además, las mejoras en la captura y procesamiento de imágenes, junto con el uso de tecnologías computacionales, permiten la transmisión de estas imágenes a lugares remotos, donde especialistas en radiodiagnóstico pueden analizarlas y emitir su opinión en casi tiempo real.

2.3. Limitaciones

Durante la ejecución del proyecto se identificaron diversas limitaciones, principalmente en la etapa de instalación de los equipos de rayos X. En zonas de alta concurrencia, fue necesario gestionar permisos municipales para permitir el ingreso de la grúa que transportaba las cajas con los equipos, lo que implicó el cierre temporal de calles durante varias horas para facilitar el descargo de la carga e incorporar los equipos al ambiente.

Asimismo, se presentaron restricciones relacionadas con el suministro eléctrico, ya que la clínica debía contratar una potencia mínima de 40 kW para asegurar que el equipo operara en condiciones óptimas y produjera los factores de alta dosis requeridos, sin afectar la red eléctrica local.

Finalmente, se evidenció una limitación en la etapa de capacitación del operador de rayos X, debido a la dificultad de conciliar horarios favorables para

ambas partes y a la limitada experiencia de algunos operadores en el manejo de estos equipos.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Prerrequisitos de instalación de equipo de rayos X

Luego del proceso de asesoría y venta del equipo de rayos X proporcionado por el área de ventas, el personal de ingeniería debe realizar una visita a la clínica u hospital en el que se realizará la instalación para asegurarse que el ambiente cumpla con los prerrequisitos necesarios de instalación, estos prerrequisitos son:

- Red Eléctrica: La potencia mínima contratada debe ser de 40Kw, el ambiente debe contar con un tablero eléctrico independiente y una llave termomagnética de 100 Amperios y conectado a un pozo a tierra de 5 Ohmios como mínimo.

Tabla 1

Línea Eléctrica Requerida

Potencia Máxima kW	37.5kW	40kW
Máximo mA	300mA	500mA
Máximo kVp	125kVp	125kVp
Línea Eléctrica	210 – 230 VAC, Monofásico, 50/60Hz	

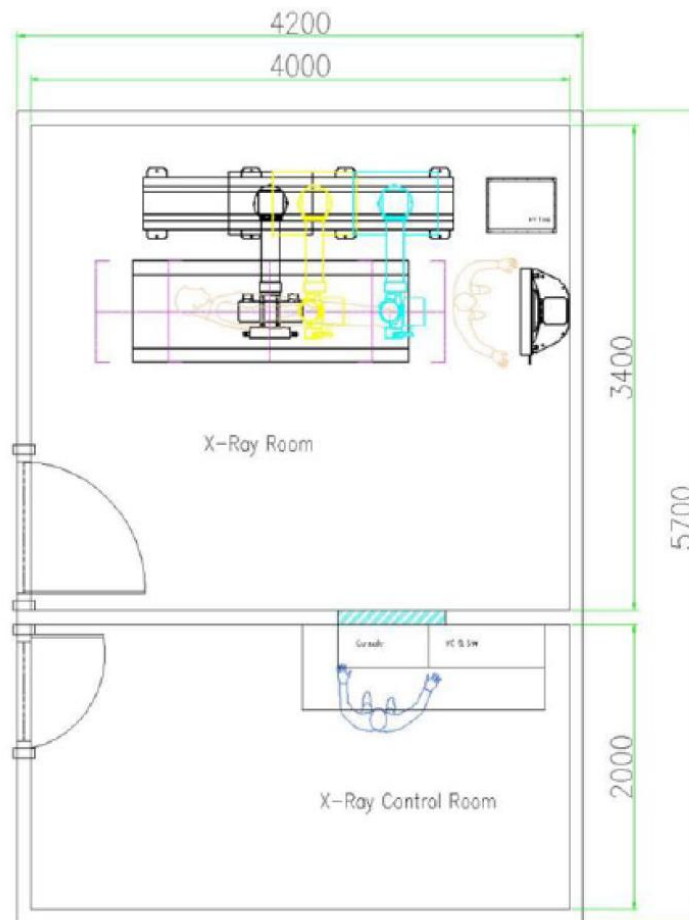
Nota. Información proporcionada del manual de instalación

- Protección del ambiente: Las paredes, puertas y ventanas deben estar protegidas con plomo, este material debe tener como mínimo 1,5 mm de espesor. El área donde se encontrará el operador debe contar con un vidrio emplomado para que pueda visualizar al paciente durante el estudio.

- Dimensiones del ambiente: Las dimensiones pueden variar dependiendo del modelo del equipo de rayos X fijo, pero el ambiente debe contar con una distancia mínima de 3 m X 3m, de largo y de ancho con una altura mínima de 2,5 m. El modelo a instalar es un Jumong General de la marca SG HealthCare y para este modelo en específico, fabrica recomienda estas dimensiones del ambiente como un mínimo requerido, las medidas son en mm.

Figura 3

Plano de instalación del equipo de rayos X



Nota. Información proporcionada del manual de instalación

Otros aspectos importantes que se deben tener en cuenta son los accesos al ambiente, si cuentan con rampas para el traslado del equipo, pasadizos amplios, o ascensor de ser necesario si el equipo se instalará en un segundo piso o un nivel superior. Luego de corroborar que todos los prerequisites se hayan cumplido, se procede a programar los días de instalación encargado por el área de ingeniería, estos días pueden variar dependiendo si la ubicación es en Lima o provincia.

3.2. Traslado e ingreso de equipos

El equipo de rayos X es enviado desde fábrica en 3 cajas, al salir del almacén de la empresa estas son transportadas por un camión grúa hacia el lugar de la instalación. En caso la instalación sea en provincia el camión grúa lleva el equipo de rayos X a una agencia de encomiendas y otro camión procede a recogerlo y enviarlo a la clínica. Dependiendo del tránsito de la zona se debe generar un permiso municipal para que el camión pueda realizar el descargo del equipo cerrando las calles por unas horas.

Figura 4

Recojo del equipo por el camión grúa



Nota. Elaboración propia

Figura 5

Descarga del equipo por el camión grúa



Nota. Elaboración propia

El camión grúa procede a realizar el descargo del equipo, mientras el personal de ingeniería se encarga de abrir las cajas y llevar las partes del equipo dentro del área de instalación, se debe mantener el área despejada y señalizada. Para el ingreso al local, las partes del equipo deben ser transportadas sobre un módulo con ruedas y llevado cuidadosamente por los pasillos, estas partes deben permanecer protegidas hasta ser posicionadas y ancladas.

Figura 6

Ingreso del riel al ambiente



Nota. Elaboración propia

Figura 7

Ingreso del estativo y mesa al ambiente



Nota. Elaboración propia

Figura 8

Ingreso del generador de alta frecuencia al ambiente



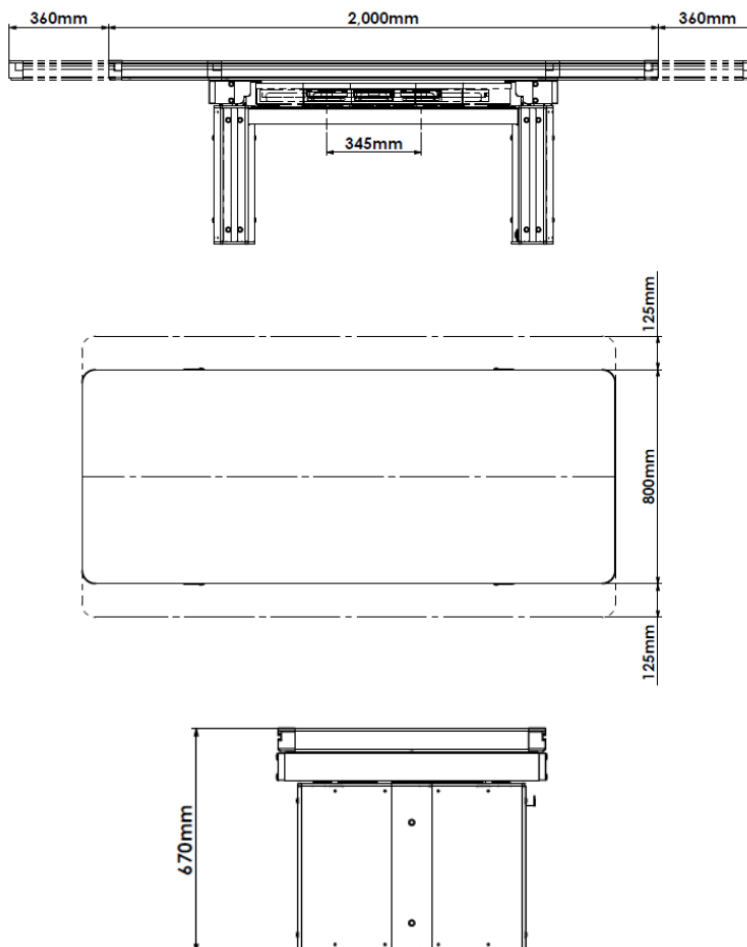
Nota. Elaboración propia

3.3. Instalación del equipo de rayos X

Los manuales de instalación del equipo son proporcionados por la empresa fabricante, en ellos se muestran las dimensiones de las partes, el cableado y alimentación del equipo, por último, el espacio que se necesita y el anclaje. A continuación, se muestran las dimensiones de la mesa flotante, del estativo, del riel, la columna que soporta el tubo de rayos X y el generador de alta frecuencia. El largo, ancho y altura son medidos en milímetros.

Figura 9

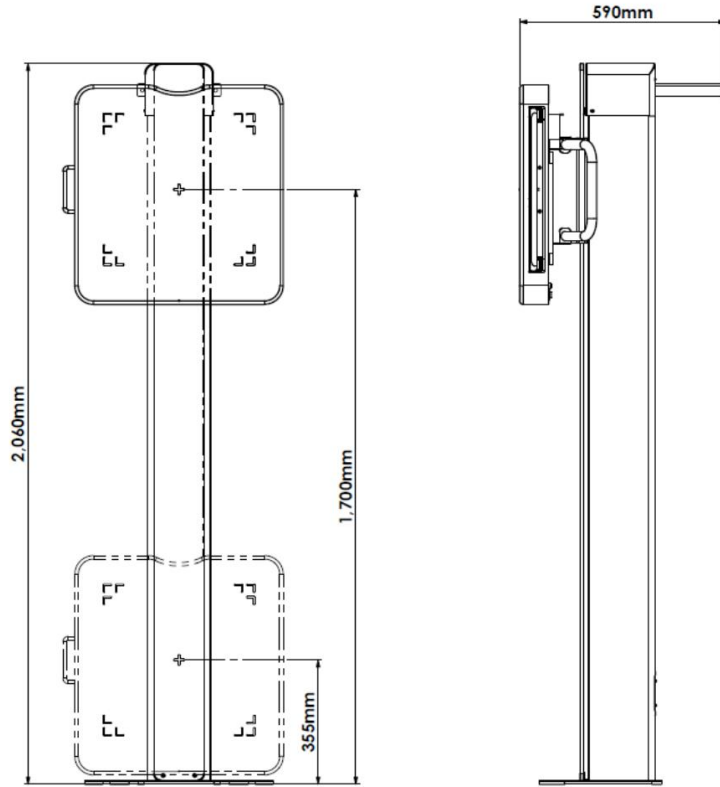
Dimensiones de la mesa flotante



Nota. Información proporcionada del manual de instalación

Figura 10

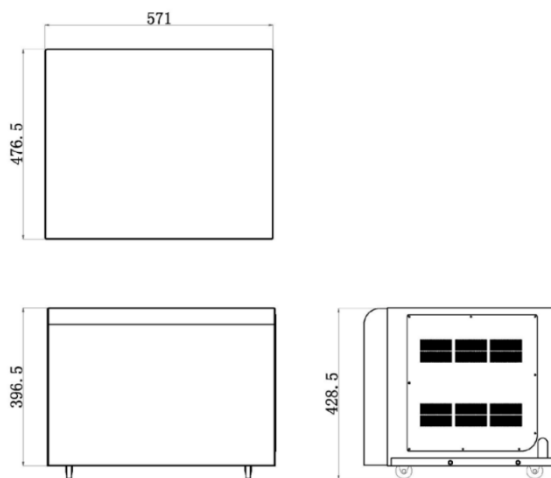
Dimensiones del estativo



Nota. Información proporcionada del manual de instalación

Figura 11

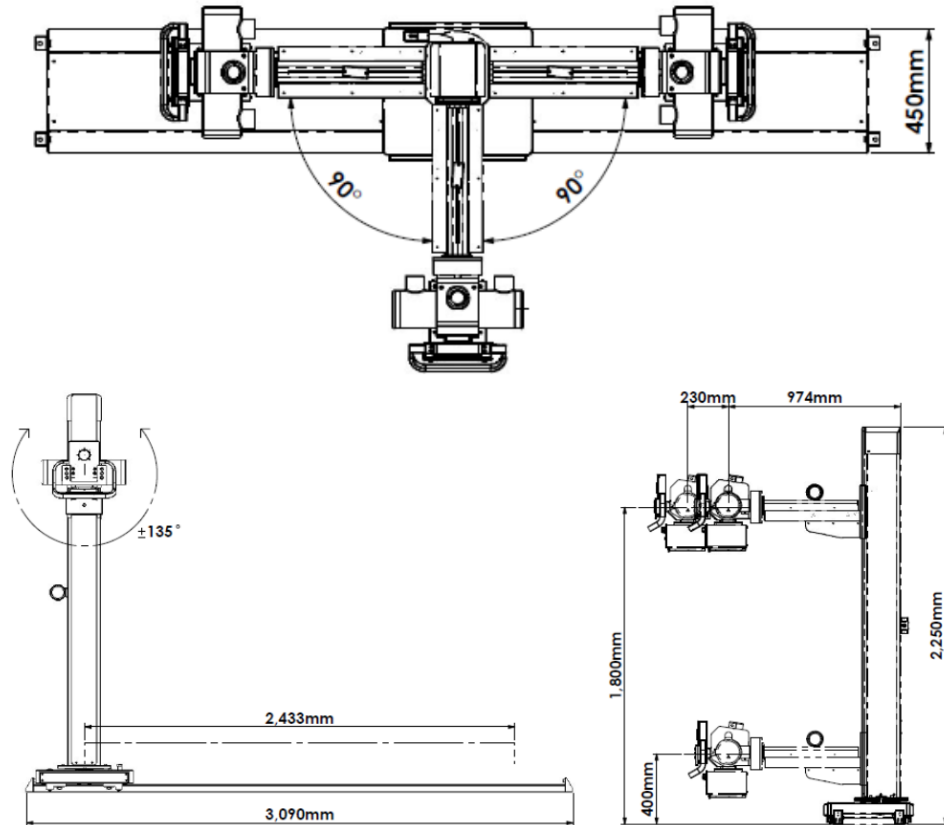
Dimensiones del generador de alta frecuencia



Nota. Información proporcionada del manual de instalación

Figura 12

Dimensiones de la columna y el riel de desplazamiento



Nota. Información proporcionada del manual de instalación

Luego de revisar el plano de instalación del equipo donde se muestra la ubicación de cada componente se procede a realizar la primera etapa de la instalación que consiste en armar la parte mecánica comenzando con el riel que sirve como camino para trasladar la columna, se compone de dos piezas que deben unirse para completar los 3 metros de largo, estas piezas se unen con tornillos de cabeza tipo Allen. Este riel cuenta con topes para que la columna tenga un límite de desplazamiento y además debe ser nivelado y anclado al piso con 16 pernos de expansión de 1 pulgada.

Figura 13

Unión de pieza complementaria del riel



Nota. Elaboración propia

Figura 14

Armado total del riel de desplazamiento



Nota. Elaboración propia

Luego de posicionar el riel de desplazamiento se coloca la base y la columna que soporta el tubo de rayos X, esta base cuenta con dos soportes laterales que hacen que la base no se descarrile del riel y la columna no caiga fuera.

Figura 15

Posicionamiento de la base y columna del equipo



Nota. Elaboración propia

Posteriormente se coloca el brazo que soporta el tubo de rayos X, este se sujeta a la columna y se nivela para que quede alineado con el peso del tubo de rayos X, también se coloca las abrazaderas que sujetan y dirigen el movimiento del tubo, la consola que controla los frenos y el tubo. En el haz de fuga del tubo se coloca una filtración de 1 mm de Aluminio para reducir la radiación dispersa.

Figura 16

Ubicación del filtro de aluminio de 1mm en el haz de salida del tubo de rayos X

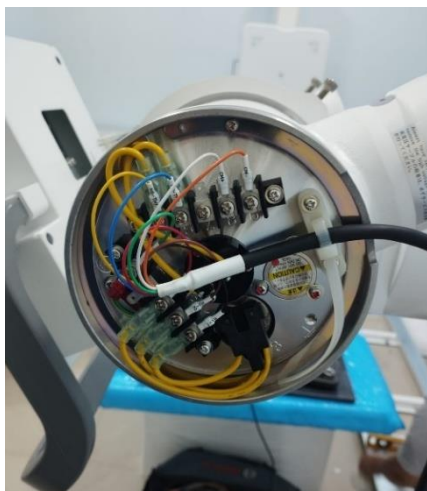


Nota. Elaboración propia

Luego se procede a realizar el cableado del tubo hacia la tarjeta controladora ubicada en el generador de alta frecuencia, estos cables llevan la corriente para el rotor del tubo y el sensor de temperatura, esta sección se ubica en el ánodo del tubo.

Figura 17

Cableado del rotor y sensores de temperatura del tubo de rayos X



Nota. Elaboración propia

Posteriormente se procede a conectar los cables de alta tensión del tubo de rayos X al tanque de alto voltaje del generador, estos son dos cables que conectan el ánodo y el cátodo del tanque, este tanque puede suministrar un voltaje máximo de 125kV y una corriente máxima de 500mA dependiendo de los factores del estudio a realizar. A continuación, se procede a conectar y ajustar el colimador debajo del haz del tubo de rayos X, este colimador es alimentado por el generador con 25Vac para energizar la tarjeta que controla el tiempo y el encendido del foco led, esta herramienta nos permite colimar solamente la parte necesaria del cuerpo que necesita un estudio, así evitamos irradiar de más al paciente.

Figura 18

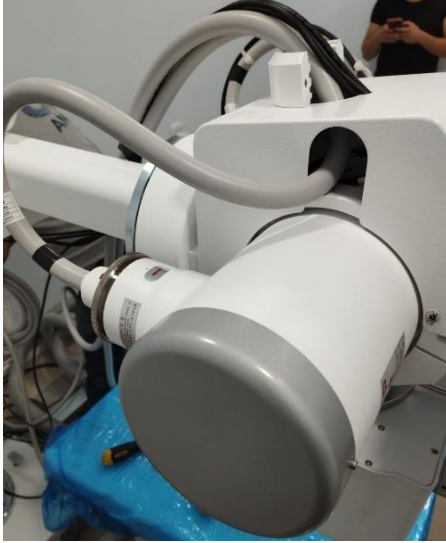
Posicionamiento del colimador debajo del tubo de rayos X



Nota. Elaboración propia

Figura 19

Colocación de los cables de alta tensión al tubo de rayos X



Nota. Elaboración propia

Luego de realizar el cableado del tubo y el colimador hacia el generador de alta frecuencia se realiza el cableado del comando controlador de frenos hacia la fuente de poder ubicado en el generador que suministra 24Vdc. Todo el cableado se coloca por un corrugado de 3 metros y sujetado por ángulos empotrados en la pared para que el equipo tenga un buen desplazamiento.

Figura 20

Instalación de manguera corrugada para el cableado del equipo



Nota. Elaboración propia

Continuamos con la instalación del estativo, esta pieza del equipo sirve en su mayoría para estudios de tórax y columna o estudios en el que el paciente necesite estar de pie. En primer lugar, se coloca una rejilla difusora que se encarga de eliminar la radiación dispersa que se produce en la generación de rayos X para que el detector pueda adquirir una imagen más detallada.

Figura 21

Instalación de la rejilla difusora en el estativo



Nota. Elaboración propia

Se continua con el cableado hacia el generador, se alimentan los frenos y el Bucky que es un sistema que activa el movimiento a la rejilla difusora y es utilizada cuando se realicen los disparos de rayos. Se ubica pegado a la pared con una distancia de separación de 1.8 m entre la rejilla y el punto focal del tubo de rayos X como máximo y 1 m como mínimo.

El mismo cableado del sistema de alimentación de los frenos y del Bucky se realiza con la mesa flotante, de igual manera se coloca la rejilla difusora de radiación dispersa.

Figura 22

Instalación de la rejilla difusora en la mesa



Nota. Elaboración propia

El generador de alta frecuencia viene alimentado por un banco de condensadores que sirve como un suministro de energía que le da la potencia necesaria al equipo en el caso de que el local no cuente con la potencia solicitada en los prerrequisitos. Este banco es conectado a una toma de corriente que sale del tablero eléctrico independiente, este banco suministra 380Vdc al generador que se utiliza para el encendido del equipo y para los disparos de rayos X que necesiten alta potencia. Todo el cableado del equipo conlleva al generador, donde se encuentran las tarjetas de control, de filamento, de poder, de rotor del tubo y una fuente de alimentación de 24Vdc que sirve para alimentar los frenos del equipo.

Luego de energizar el equipo se enciende la luz del colimador para alinear y nivelar el estativo y la mesa con respecto a la columna que soporta el tubo de rayos, al finalizar este proceso se realiza el anclaje al suelo de ambas partes.

Figura 23

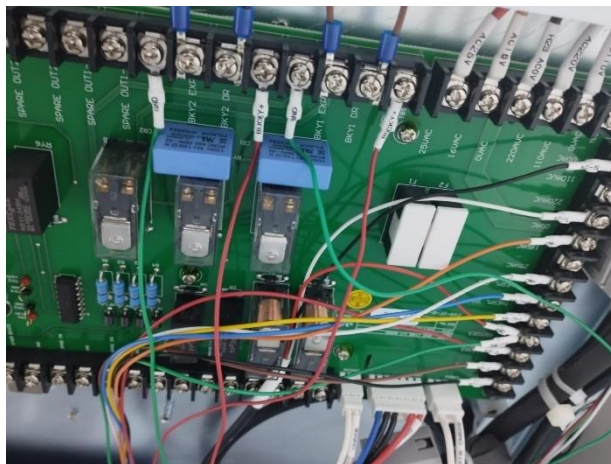
Cableado del generador de alta frecuencia



Nota. Elaboración propia

Figura 24

Cableado del rotor de tubo de rayos X en la tarjeta I/F de control



Nota. Elaboración propia

El generador es manipulado por una consola de comandos que estará ubicada en la sala donde se ubica la estación de trabajo, generalmente se coloca sobre un pedestal o un mueble al lado del vidrio emplomado de protección para visualizar al paciente durante la exposición de rayos.

Figura 25

Consola de comandos



Nota. Elaboración propia

Al concluir con el anclaje de las partes del equipo se realizan los acabados finales de instalación, ordenamiento de cables, canaleado y limpieza del equipo.

Figura 26

Instalación final de la columna y el riel del equipo



Nota. Elaboración propia

Figura 27

Instalación final del estativo



Nota. Elaboración propia

Figura 28

Instalación final del generador de alta frecuencia



Nota. Elaboración propia

Figura 29

Instalación final del equipo de rayos X



Nota. Elaboración propia

3.4. Calibración del generador de alta frecuencia

El generador de alta frecuencia necesita una calibración luego de su instalación, se realiza una calibración de factores que se encuentran listados en la memoria del equipo, esto consiste en ajustar el valor de la corriente que emite el generador en el disparo, al valor real que se muestra en la consola del equipo. Para ello se hace el uso de un medidor de corriente y un osciloscopio para obtener una lectura más precisa de la señal que forman los mA. El tubo de rayos X está compuesto por dos filamentos (delgado y grueso) hechos de tungsteno que al encandecer emiten electrones y cuando estos chocan con el tungsteno del rotor se emiten fotones de rayos X, en cada filamento se conduce cierta cantidad de corriente. Al encender la consola en modo servicio, se dirige al apartado de

calibración para regular los factores de mA, comenzamos con el filamento delgado que los valores van desde los 10mA hasta los 160mA y para el filamento grueso desde los 200mA hasta los 500mA.

Figura 30

Uso del osciloscopio para la calibración de factores



Nota. Elaboración propia

Figura 31

Uso del medidor de corriente para la calibración de factores



Nota. Elaboración propia

3.5. Control de calidad del tubo de rayos X y test de colimación

Finalizada la calibración del generador de alta frecuencia se realiza el control de calidad del tubo de rayos X para poder generar el certificado de control de calidad del equipo que solicita el Instituto Peruano de Energía Nuclear como requisito para brindar la licencia de operación del lugar. Para realizar el control de calidad se necesita un set de control de calidad Unfors, este instrumento se emplea para comprobar y asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de rayos X en radiología. Este dispositivo nos permite verificar que el equipo de rayos irradie la dosis correcta, también podemos verificar si la filtración esta dentro de lo permitido y por último nos permite verificar que la dosis impartida sea homogénea en todo el campo de radiación.

Figura 32

Uso del Unfors para el control de calidad



Nota. Elaboración propia

El test de colimación está hecho de una placa de cobre y con ella podemos verificar que el campo de exposición que produce el colimador este centrado y sea el correcto. Para adquirir la imagen del test de colimación se necesita el detector Flat Panel para poder visualizar el estudio en el software de adquisición. El control de calidad de los equipos de rayos X se debe realizar cada año por norma del Instituto Peruano de Energía Nuclear, en ese tiempo se puede corregir algún problema con el equipo o descalibración del generador.

Figura 33

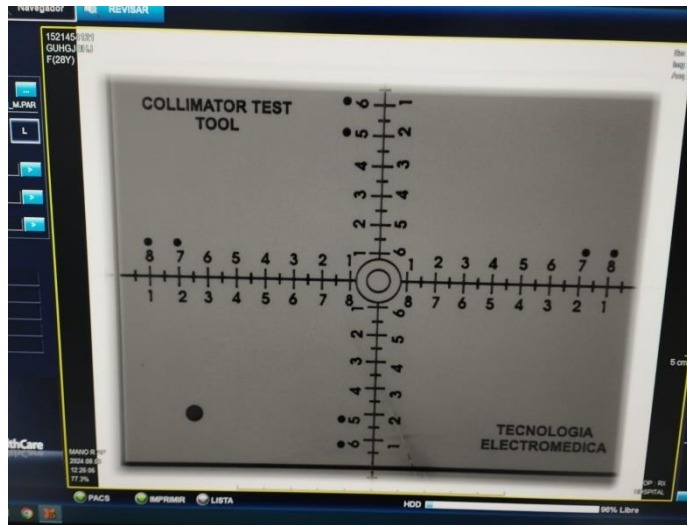
Uso del test de colimación para el control de calidad



Nota. Elaboración propia

Figura 34

Adquisición de imagen del test de colimación



Nota. Elaboración propia

3.6. Instalación de la estación de trabajo y detector Flat Panel

Ya instalado el equipo que se encarga de la exposición de rayos X, se procede con la parte de adquisición de estos rayos para convertirlos en imágenes médicas. Este sistema es conformado por un detector Flat Panel inalámbrico y la estación de trabajo a través de una computadora. Previamente en la computadora se instala el software de adquisición brindado por el fabricante del detector, luego se solicita la licencia del equipo para poder operar el software, al ser un equipo inalámbrico se necesita instalar un router dentro de la sala de exposición y que este vinculada a una tarjeta de red dentro de la PC. Dentro del software se realizan las configuraciones necesarias que solicite el cliente como ejemplo, añadir usuarios, modificar los filtros que se utilizan en los estudios para mejorar la imagen, añadir herramientas de edición o vincular otros equipos como una impresora de placas radiográficas.

Figura 35

Instalación final de la estación de trabajo



Nota. Elaboración propia

Figura 36

Detector Flat Panel



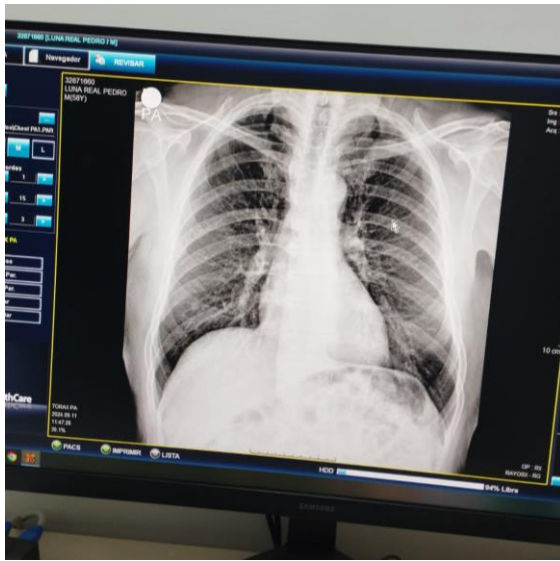
Nota. Elaboración propia

3.7. Adquisición de imagen

Como prueba final de funcionamiento realizamos un disparo con el equipo, se establecen los factores en la consola y utilizamos el detector Flat Panel para adquirir la imagen o estudio.

Figura 37

Adquisición de un estudio de rayos X



Nota. Elaboración propia

3.8. Capacitación al operador

3.8.1. Capacitación del uso del equipo de rayos X

El personal encargado de operar el equipo debe estar capacitado previamente en técnicas de radiología, el uso de dosis por estudio, análisis y posicionamiento del paciente. El personal de ingeniería es el encargado de realizar la capacitación sobre el manejo del equipo; en primer lugar, se enseña el correcto encendido y apagado del equipo, el encendido del tablero eléctrico y del banco de condensadores para energizar el generador. Se brinda información sobre el uso mecánico completo, el uso de la consola de frenos que desplaza la columna de

forma vertical y horizontal, el uso del colimador y el giro del tubo para posicionarlo dependiendo de los estudios a realizar. Además, se instruye sobre el uso de las bandejas donde se posiciona el detector Flat Panel y el funcionamiento de los frenos del estativo y de la mesa flotante. Por último, se explica el uso de la consola de comandos donde se colocan los factores de disparos dependiendo las características físicas del paciente y el estudio que solicite el médico.

Figura 38

Capacitación al operador del equipo



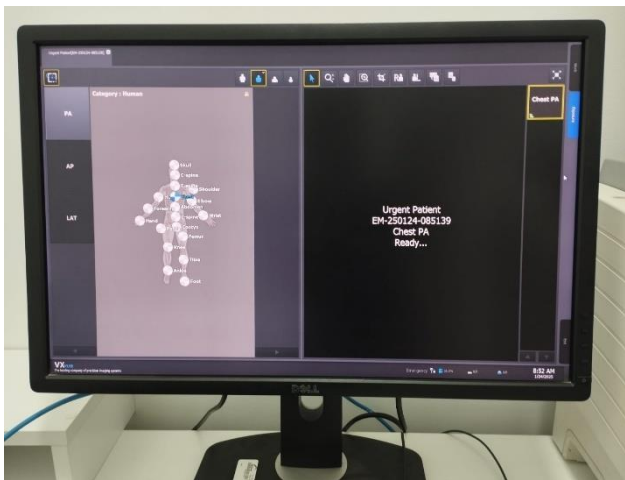
Nota. Elaboración propia

3.8.2. Capacitación del uso del detector Flat Panel

Continuando con la capacitación del detector, se muestra cómo se debe encender y mantener el equipo cargado, ya que al ser inalámbrico funciona con baterías, luego se les instruye sobre el uso del software de adquisición; el ingreso por usuario, la creación del paciente, la selección del estudio y la proyección que solicita el médico. Se ubica el detector en la mesa o el estativo dependiendo del estudio, se coloca al paciente y se realiza el disparo utilizando la consola de comandos, luego de este procedimiento se muestra la imagen adquirida en la computadora.

Figura 39

Capacitación al operador sobre el uso del software



Nota. Elaboración propia

3.9. Mantenimiento

3.9.1. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es un servicio que se realiza al equipo una vez al año o cada 6 meses dependiendo de la solicitud del cliente, la limpieza del ambiente influye en que tanto se requiera el mantenimiento, la humedad y el polvo

dañan el mecanismo de movimientos, el funcionamiento de las tarjetas electrónicas, entre otras fallas. El mantenimiento preventivo consiste en realizar como primera acción el desarmado de las cubiertas de todas las partes del equipo, luego se realiza la limpieza del polvo y la suciedad acumulada en cada parte del equipo, para ello se utiliza un soplador de aire.

Figura 40

Desarmado de las tapas del equipo



Nota. Elaboración propia

Posteriormente se realiza la lubricación de las partes móviles, se engrasan las cadenas y las poleas para que tengan un correcto movimiento tanto de la columna como del estativo.

Figura 41

Lubricación de poleas de la columna



Nota. Elaboración propia

Figura 42

Lubricación de poleas del estativo



Nota. Elaboración propia

Se realiza la limpieza de las tarjetas electrónicas del generador de alta frecuencia del polvo y utilizando limpia contacto en aerosol, se verifican las conexiones y limpieza de puertos, a su vez se realiza la inspección del banco de condensadores y por último se realizan las pruebas finales de funcionamiento mecánico como de adquisición de imagen.

Figura 43

Limpieza de tarjetas electrónicas del generador



Nota. Elaboración propia

Figura 44

Mantenimiento preventivo del equipo de rayos X finalizado



Nota. Elaboración propia

3.9.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es otro servicio que se brinda al cliente cuando uno de sus equipos presenta fallas de operatividad. En su mayoría se presentan tres tipos de problemas.

Problemas Mecánicos

Debido a la falta de mantenimiento, en los movimientos mecánicos del equipo se suelen producir atascos y eso impide al personal encargado operar el equipo libremente, ya que el equipo debe posicionarse dependiendo las características físicas del paciente tanto su altura como su contextura. Para estos casos se revisa el desplazamiento del equipo, se realiza una limpieza, lubricación y

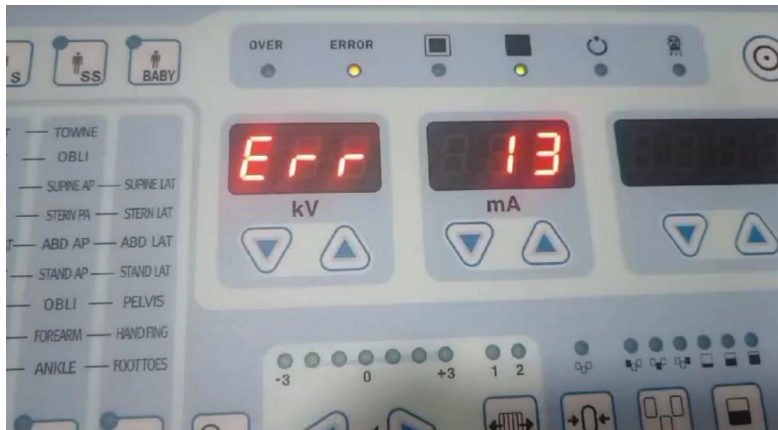
alguna corrección mecánica que se requiera.

Problemas con el generador de alta frecuencia

Internamente la consola de comandos cuenta con una base de datos en la que figuran una lista de errores, previamente la empresa fabricante proporciona al personal de ingeniería un manual de servicio técnico para solucionar estas fallas. Estos errores se muestran en forma de código en la pantalla de la consola, pueden existir problemas de alimentación del equipo para el correcto encendido, descalibración del generador, o algún problema con las tarjetas electrónicas. Para estos casos se realiza una evaluación al equipo y se soluciona dando un servicio técnico.

Figura 45

Código de error mostrado en la consola de comandos



Nota. Elaboración propia

Problemas con el software de adquisición

Los problemas que se presentan con el software de adquisición son en su mayoría problemas con Windows, algunas actualizaciones que vuelven incompatible el software con el sistema operativo, almacenamiento lleno, problemas de conectividad con el router y algunas fallas con las herramientas de edición. Para estos casos se realizan las configuraciones correspondientes y se realizan pruebas finales de conectividad y adquisición.

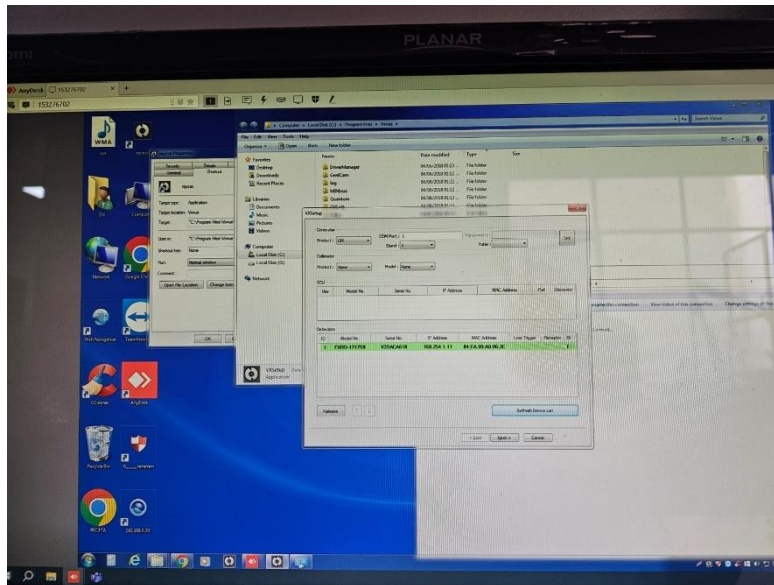
3.10. Soporte Técnico

El servicio técnico en campo se realiza a los equipos de radiografía que presenten problemas de funcionamiento, en este caso se pueden considerar mantenimientos correctivos y se procede a realizar el servicio técnico cumpliendo ciertos protocolos. También existen problemas que pueden ser atendidos de forma remota con ayuda del personal a cargo del uso del equipo, una de estas formas es realizando una videollamada para que pueda existir un mejor entendimiento del problema, algunos casos son debido al uso incorrecto del equipo debido a una falta de capacitación, para ello se le brinda la asesoría respectiva y algunos pasos que deberá seguir para obtener una solución o realizar un diagnóstico. Otras veces se presentan problemas con el software de adquisición, en este caso se realiza una conexión remota con la computadora del equipo, esto se puede realizar utilizando el programa Anydesk o TeamViewer, generalmente son problemas de configuración en la conectividad del router con la red, problemas de envío o de exportación de estudios y en algunos casos bloqueo del software, lo cual requiere una reinstalación del programa. El personal de ingeniería realiza la conexión remota y brinda el soporte técnico para darle solución a los problemas, brinda

recomendaciones al operador del equipo y realiza las pruebas finales de funcionamiento entregando el equipo operativo.

Figura 46

Conexión remota con la computadora del cliente



Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Desarrollo del Objetivo Específico 1: Evaluar el proceso óptimo para la instalación de equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima y su influencia en la calidad y eficiencia del diagnóstico por imágenes en 2025.

En el desarrollo del primer objetivo específico, se evalúa cada parte de la instalación del equipo de rayos X para así proponer un proceso óptimo. Lo dividiremos en 4 partes:

Evaluación y planificación

- Inicialmente se debe realizar un análisis de infraestructura, verificar que el espacio destinado al que equipo que se va a instalar cumpla con los requisitos de blindaje, ventilación y accesibilidad.
- Se debe considerar la compatibilidad eléctrica y estructural con el equipo a instalar.
- Posteriormente debemos asegurar que las regulaciones de DIGEMID (Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas) e IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear) sean cubiertas antes del proceso de instalación.
- Por último, se debe seleccionar el equipo a instalar evaluando las opciones tecnológicas según las necesidades de la clínica u hospital.

Adquisición y preparación del equipo de rayos X

- Comenzamos con el proceso de compra y financiamiento, se debe considerar opciones de financiamiento al cliente para facilitar la adquisición del equipo.

- Se procede a realizar el acondicionamiento del área, implementar mejoras en infraestructura según los requerimientos técnicos del equipo.

Instalación y validación

- Comenzando con el montaje del equipo se debe cumplir la instalación siguiendo los protocolos del fabricante mostrados en el manual de instalación y cumpliendo las normativas locales.
- Posteriormente se realizan las pruebas de calidad y calibración ajustando los factores de radiación del equipo para garantizar imágenes de alta calidad y minimizar errores.
- Terminando el montaje del equipo se deben verificar los niveles de radiación y el correcto funcionamiento de los sistemas de protección.

Mantenimiento y evaluación

- Al culminar con la instalación del equipo se recomienda establecer un contrato que garantice revisiones periódicas, mantenimientos preventivos y correctivos.
- Antes de entregar formalmente el equipo al hospital se realiza una evaluación del rendimiento, analizar indicadores de eficiencia y calidad de imagen para optimizar el uso del equipo.

Desarrollo del Objetivo Específico 2: Identificar los tipos de mantenimiento necesarios para los equipos de rayos X y determinar su impacto en la operatividad y precisión del diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025.

En este objetivo se identifican los tipos de mantenimiento necesarios que se deben realizar a los equipos de rayos X para que cumplan con los estándares de calidad que son requeridos al brindar un servicio de adquisición de imágenes médicas.

En este campo existen 2 tipos de mantenimiento que los clientes deben tener en cuenta para que sus equipos de radiografía tengan un óptimo funcionamiento y cuenten con la aprobación del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), estos mantenimientos son servicios que la empresa Tecnología Electromédica S.A.C. brindan a las clínicas y hospitales con el fin de que puedan cumplir estos objetivos.

El primero es el mantenimiento preventivo, el cual es un requisito fundamental para la obtención de la licencia de operación de equipos de rayos X que es otorgada por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Su propósito es asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y minimizar cualquier riesgo para la salud y seguridad de los operadores y pacientes.

Los requisitos del IPEN con respecto al mantenimiento preventivo son:

Periodicidad del mantenimiento:

- Al equipo de rayos X se le debe brindar mantenimiento preventivo al menos una vez al año o conforme a las recomendaciones del fabricante.
- Este procedimiento debe ser realizado por un profesional capacitado o una empresa autorizada.

Registro y documentación:

- Es obligatorio contar con un informe técnico que detalle el mantenimiento realizado.

- Dicho informe debe contener:

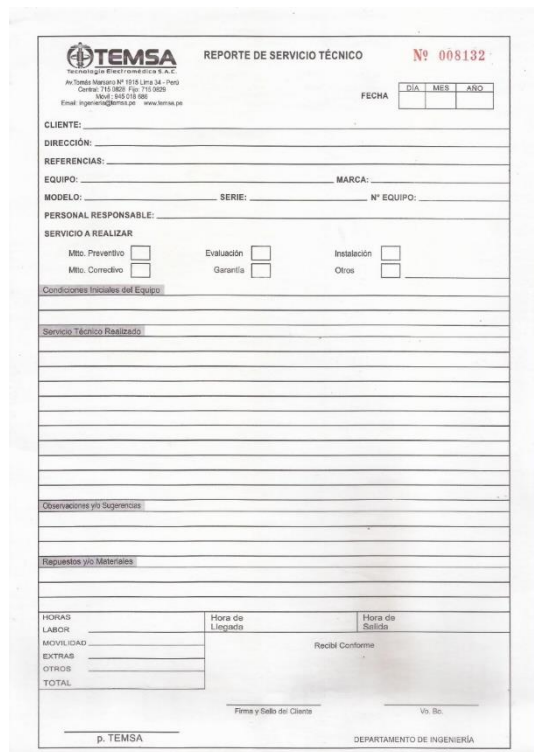
Información del equipo (marca, modelo y número de serie).

Descripción de las actividades efectuadas (mantenimiento del generador, calibración de factores, revisión de componentes, pruebas de seguridad, entre otras).

Firma y datos del personal responsable.

Figura 47

Reporte de servicio técnico de la empresa



TEMSA REPORTE DE SERVICIO TÉCNICO Nº 008132
Instituto de Electromedicina S.A.C.
Av. Tarma Marginal N° 1718, Lina 3A - Perú
Oficina: 313 800 Fax: 710 000
Móvil: 945 018 000
Email: ingenieros@temsa.pe www.temsa.pe

FECHA:

DIA	MES	AÑO

CLIENTE: _____
 DIRECCIÓN: _____
 REFERENCIAS: _____
 EQUIPO: _____ MARCA: _____
 MODELO: _____ SERIE: _____ N° EQUIPO: _____
 PERSONAL RESPONSABLE: _____

SERVICIO A REALIZAR

Mnt. Preventivo <input type="checkbox"/>	Evaluado <input type="checkbox"/>	Instalación <input type="checkbox"/>
Mnt. Correctivo <input type="checkbox"/>	Garantía <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>

Condiciones Iniciales del Equipo: _____

Servicio Técnico Realizado: _____

Observaciones y/o Sugerencias: _____

Repuestos y/o Materiales: _____

HORAS LABOR: _____	Hora de Llegada: _____	Hora de Salida: _____
MOVILIDAD: _____	Recibí Conforme	
EXTRAS: _____		
TOTAL: _____		

Firma y Sello del Cliente: _____ Vs. Bc. _____
 p. TEMSA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

Nota. Elaboración propia

Entrega del informe al IPEN:

- Para tramitar o renovar la licencia de operación, en algunos casos se requiere presentar el informe de mantenimiento preventivo junto con el certificado de control de calidad del equipo.

- Se recomienda consultar con la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN) del IPEN para confirmar si este documento es obligatorio en cada renovación.

Normativa y cumplimiento:

- No cumplir con este requisito puede dar lugar a observaciones en la inspección radiológica, sanciones o incluso la suspensión de la licencia.
- Es esencial que el mantenimiento sea efectuado por personal calificado y certificado.

El segundo mantenimiento es el correctivo, esta es una acción imprescindible para asegurar el adecuado funcionamiento y la seguridad de los equipos de rayos X en los centros de salud. Aunque el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) prioriza el mantenimiento preventivo, también exige el mantenimiento correctivo cuando los equipos presentan fallos o averías que puedan comprometer su operatividad.

Condiciones del IPEN para el mantenimiento correctivo

Realización del mantenimiento correctivo:

- Ante cualquier falla o desperfecto en un equipo de rayos X, se debe proceder con el mantenimiento correctivo de manera inmediata.
- Este procedimiento debe ser efectuado por un técnico certificado o una empresa especializada.

Figura 48

Códigos de errores del manual de servicio

CHECK CODE LIST

CODE	Description
Ch_01	TUBE THERMOSTAT OPERATION <ul style="list-style-type: none"> ⊗ The temperature of the slim and long shaped light bulb is higher than 80C. ⊗ Thermo switch is in open position. ⊗ Release the check code at Thermo switch off condition.
Ch_02	When another switch is pushed during exposure <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Release the check code with back up reset switch.
Ch_03	When PREP. Switch on OP PANEL is detached during exposure <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Release the check code with back up reset switch.
Ch_04	When X-RAY switch on OP PANEL is detached during exposure <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Release the check code with back up reset switch.
Ch_05	When a hand switch (PREP) is detached during exposure <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Release the check code with back up reset switch.
Ch_06	When a hand switch (X-RAY) is detached during exposure <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Release the check code with back up reset switch.
Ch_07	Shortage of power-supply capacity for exposure <ul style="list-style-type: none"> ⊗ The power voltage drop is below AC160V and DC 150V. ⊗ Release the check code with input of power.
Ch_08	Simultaneous exposure prohibition <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Other x-ray system is executed simultaneously when the exposure ready switch was pushed. ⊗ Release the check code by off the power of other x-ray system.
Ch_09	Warning to X-rays room door opening <ul style="list-style-type: none"> ⊗ The door of x-ray room was opened when the exposure ready switch was pushed. ⊗ Stop the exposure of x-ray in this case and the check code is released when the door is closed.
Ch_10	AEC <ul style="list-style-type: none"> ⊗ X-ray exposure does not satisfy AEC Reference Level(Voltage). <p>Expose again after pushing back up switch and resetting the condition .</p>

Nota. Elaboración propia

Elaboración de un informe técnico:

- Una vez concluido el mantenimiento correctivo, se debe generar un informe técnico que contenga:

Datos del equipo (marca, modelo y número de serie).

Fecha en la que se realizó la reparación.

Descripción de la avería detectada.

Detalle de las reparaciones y ajustes efectuados.

Firma y datos del técnico responsable.

Presentación del informe ante el IPEN:

- Según la magnitud de la reparación, el IPEN puede solicitar la entrega del informe de mantenimiento correctivo.
- Si las reparaciones alteran las condiciones de funcionamiento del equipo, este podría requerir una nueva evaluación de control de calidad.

Cumplimiento normativo:

- No realizar el mantenimiento correctivo cuando es necesario podría derivar en sanciones o la suspensión de la licencia de operación.
- Es fundamental que las intervenciones sean llevadas a cabo por profesionales capacitados, asegurando que el equipo opere conforme a los estándares de seguridad establecidos por el IPEN.

Desarrollo del Objetivo Especifico 3: Examinar los protocolos de soporte técnico aplicados a los equipos de rayos X y su efecto en la continuidad y calidad del servicio de diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025.

Para realizar un soporte técnico a un equipo de rayos X se requiere seguir protocolos estrictos para garantizar la seguridad del personal y el óptimo funcionamiento del equipo para brindar una buena calidad del servicio. Se deben cumplir los siguientes protocolos.

1. Medidas de Seguridad Previas

- Comprobación de seguridad radiológica: Antes de intervenir con el equipo, el personal

debe confirmar que el este apagado y no emita radiación.

- Uso de equipo de protección personal: El personal debe cumplir con el uso de guantes dieléctricos, gafas de seguridad y un dosímetro personal.
- Procedimiento de bloqueo y etiquetado: En caso de desmontaje de algún componente del equipo, se debe aplicar el protocolo correspondiente para evitar encendidos accidentales.

2. Evaluación y Diagnóstico de Fallas

- Análisis de fallos reportados: El personal debe revisar la descripción del problema proporcionada por el operador y realizar un análisis.
- Verificación de errores en el software: Se debe examinar los códigos de error en el interfaz del sistema.
- Inspección visual: Se debe observar el estado de los cables, conectores, tubos de rayos X, colimador y paneles de control para detectar daños o desgaste.
- Pruebas de componentes: Utilizar un multímetro para medir voltajes, continuidad y resistencia en las tarjetas electrónicas principales.

3. Mantenimiento Preventivo y Correctivo

- Limpieza interna y externa: Inicialmente se debe eliminar el polvo y residuos, además de inspeccionar el funcionamiento de los ventiladores de refrigeración.
- Calibración del tubo de rayos X: El personal debe realizar la calibración ajustando los parámetros de voltaje (kV), corriente (mA) y tiempo de exposición (s) según las

especificaciones del fabricante.

- Revisión de blindajes y medidas de protección: Se debe examinar el recubrimiento de plomo en las puertas y estructura del equipo para evitar fugas de radiación.
- Sustitución de piezas defectuosas: En caso de presentar problemas con algún componente, se deben reemplazar estas piezas para que el equipo funcione correctamente.

4. Pruebas de Funcionamiento

- Evaluación de la emisión de rayos X: El personal debe utilizar un fantoma (modelo de prueba) para comprobar la calidad de la imagen y los parámetros de exposición.
- Verificación de calidad de imagen y contraste: Se debe asegurar que las radiografías sean nítidas y precisas.
- Medición de dosis de radiación: Se necesita emplear un medidor de dosis de radiación (UNFORS) para confirmar que los niveles de exposición sean seguros y estén dentro de los límites permitidos.

5. Registro y Reporte del Servicio

- Elaboración de informe técnico: El personal debe documentar en el informe técnico el diagnóstico, las reparaciones realizadas y las recomendaciones para el mantenimiento futuro.
- Registro en la bitácora de mantenimiento: Se debe dejar constancia del servicio técnico en el historial del equipo.

- Entrega del equipo y capacitación al personal: Al finalizar el servicio se debe explicar las correcciones realizadas y brindar instrucciones la conservación del equipo.

Cumpliendo con todos estos protocolos de servicio técnico se puede asegurar el correcto mantenimiento del equipo de rayos X, minimizando riesgos y optimizando su funcionamiento.

Presentación de indicadores y valores técnicos de la instalación y funcionamiento

1. Parámetros eléctricos y de alimentación

Voltaje de alimentación: 220/240 Vac

Corriente de entrada: 5 Amp

Frecuencia de la corriente eléctrica: 50/60 Hz

Puesta a tierra: 3 Ohm

2. Parámetros de generación de Rayos X

Tensión del tubo de rayos X (kVp - kilovoltaje pico): 125 kVp

Corriente del tubo de rayos X (mA - miliamperaje): 500 mA

Tiempo de exposición (s - segundos o ms - milisegundos): Para un equipo de radiografía convencional el tiempo de exposición varía entre 50 μ s (0.00005 s) a 3 s

Reproducibilidad y linealidad de kVp y mA

Reproductibilidad = 1.62 %

Linealidad = 6.9 %

3. Calidad del haz de radiación

Filtración total del haz (mm Al equivalente): 2.91 mm Al

HVL (Half-Value Layer - Capa Hemirreductora): 3.7 mm Al

Focalización y colimación del haz

Foco efectivo = 0.42 mm

Colimación del haz = 1.5 cm

4. Dosis de radiación y seguridad

Dosis de radiación en superficie (ESD - Entrance Surface Dose): 3.78 mGy

Radiación dispersa y fuga

Radiación dispersa = 0.0037 mGy

Radiación de fuga = 0.8 mGy/h

Dosis al operador y personal circundante: 0.0000189 mGy

5. Calidad de imagen

Resolución espacial y de contraste

Resolución espacial = 8 lp/mm

Resolución de contraste CNR = 5

Ruido de la imagen: 1.82 unidades de gris

Uniformidad y artefactos

Uniformidad = 98.18%

Artefactos = No presenta

6. Verificación mecánica y funcional

Movimiento y posicionamiento del tubo de rayos X

Movimiento = Vertical, longitudinal y transversal

Posicionamiento = 100 cm y 180 cm

Funcionamiento del colimador y luces de centrado: Foco led de 12vdc del colimador operativo

Operación del sistema de bloqueo y seguridad: El equipo cuenta con 1 botón de emergencia para proteger al paciente y operador

7. Conectividad y compatibilidad

Integración con sistemas PACS/RIS (en sistemas digitales): Se añade el sistema PACS que maneje el cliente por red en la configuración del software de adquisición de imagen.

Compatibilidad con detectores digitales: Uso de detector marca Vieworks modelo VIVIX-S de 17x17

Desarrollo del Objetivo Específico 4: Identificar los principales desafíos y barreras en la instalación, mantenimiento y soporte técnico de los equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima, proponiendo estrategias para optimizar estos procesos en 2025.

Durante todo el trabajo presentado en la experiencia, se presentan diversos desafíos que el personal de ingeniería debe afrontar para poder cumplir con su función. En este objetivo específico buscamos proponer estrategias para optimizar estos procesos para mejorar el trabajo.

Tabla 2

Desafíos presentados y estrategias de optimización en la instalación

DESAFIOS Y BARRERAS	ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACION
<p>Deficiencias en infraestructura:</p> <p>Numerosos hospitales y clínicas no cuentan con áreas adecuadas que incluyan el blindaje, la ventilación y los accesos necesarios.</p>	<p>Auditorías previas obligatorias:</p> <p>Realizar evaluaciones de infraestructura antes de la adquisición de nuevos equipos.</p>
<p>Regulaciones estrictas:</p> <p>Los requerimientos exigidos por DIGEMID y el IPEN complican y prolongan los procedimientos de instalación.</p>	<p>Guía para normativas:</p> <p>Desarrollar una plataforma digital con información y pasos detallados para facilitar los trámites ante DIGEMID e IPEN.</p>
<p>Escasez de especialistas:</p> <p>Hay una limitada disponibilidad de técnicos con experiencia en el uso de equipos de radiología.</p>	<p>Formación especializada:</p> <p>Fomentar la capacitación de equipos de radiología para que realicen un correcto funcionamiento.</p>

Nota. Elaboración propia

Tabla 3

Desafíos presentados y estrategias de optimización en el mantenimiento

DESAFIOS Y BARRERAS	ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACION
<p>Ausencia de mantenimiento preventivo: Muchas clínicas optan por reparaciones solo cuando surgen fallas, lo que incrementa el riesgo de averías.</p>	<p>Mantenimiento preventivo obligatorio: Incluir cláusulas que exijan contratos de mantenimiento preventivo en los procesos de adquisición de equipos.</p>
<p>Dificultad en la obtención de repuestos: Los largos tiempos de importación de piezas pueden demorar la reparación de los equipos.</p>	<p>Disponibilidad de repuestos: Coordinar con fabricantes para garantizar un inventario local de piezas esenciales en Lima.</p>
<p>Equipos obsoletos: Algunos hospitales aún operan con tecnología antigua, lo que dificulta su mantenimiento debido a la falta de soporte y piezas del fabricante.</p>	<p>Programa de actualización tecnológica: Implementar planes progresivos para reemplazar equipos antiguos.</p>
<p>Deficiencia en la capacitación del personal: El desconocimiento en el manejo adecuado de los equipos provoca fallos recurrentes.</p>	<p>Formación del personal: Organizar capacitaciones periódicas para que los trabajadores puedan detectar y prevenir fallas menores en los equipos.</p>

Nota. Elaboración propia

Tabla 4

Desafíos presentados y estrategias de optimización en el soporte técnico

DESAFIOS Y BARRERAS	ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACION
<p>Demoras en la atención técnica:</p> <p>La alta demanda de personal puede generar tiempos de espera prolongados para la resolución de fallas.</p>	<p>Red de centros de soporte:</p> <p>Establecer puntos de mantenimiento en ubicaciones estratégicas de Lima para agilizar la atención técnica.</p>
<p>Dependencia de soporte externo:</p> <p>En muchos casos, la solución de problemas complejos requiere la intervención de fabricantes internacionales.</p>	<p>Monitoreo y asistencia remota:</p> <p>Implementar software de diagnóstico en línea para identificar fallas antes de que afecten el funcionamiento.</p>
<p>Inestabilidad en el suministro eléctrico:</p> <p>Los cortes de energía pueden interrumpir el funcionamiento de los equipos y provocar daños.</p>	<p>Sistemas de respaldo energético:</p> <p>Obligar la implementación de generadores y UPS a los hospitales para prevenir daños causados por interrupciones eléctricas.</p>
<p>Problemas de conectividad:</p> <p>Fallas en la red dificultan la integración de los equipos con los sistemas PACS y RIS (Sistemas de almacenamiento de pacientes en la red).</p>	<p>Optimización de la conectividad:</p> <p>Fortalecer la infraestructura de redes para garantizar una integración eficiente con los sistemas PACS y RIS.</p>

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se concluye que una instalación adecuada de los equipos de rayos X en clínicas y hospitales de Lima incide directamente en la calidad y eficiencia del servicio de diagnóstico por imágenes en 2025. Para ello, es fundamental seguir una planificación detallada desde la evaluación de prerequisites hasta la entrega formal del equipo, garantizando el cumplimiento de normativas técnicas y de seguridad. La empresa Tecnología Electromédica S.A.C. establece protocolos específicos que permiten optimizar este proceso, minimizando riesgos y asegurando la operatividad del equipo.

Se determina que el mantenimiento de los equipos de rayos X debe incluir dos modalidades: preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo es esencial para garantizar la continuidad del servicio y cumplir con la normativa del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), mientras que el mantenimiento correctivo permite abordar fallas inesperadas que puedan afectar la precisión del diagnóstico. La implementación de ambos tipos de mantenimiento contribuye a la reducción de fallos técnicos, prolongando la vida útil del equipo y optimizando la calidad de las imágenes obtenidas.

Se concluye que la aplicación de protocolos de soporte técnico en los equipos de rayos X es esencial para garantizar la continuidad operativa y la calidad del diagnóstico por imágenes. Estos protocolos comprenden medidas de seguridad, diagnóstico de fallas, ejecución de mantenimiento, pruebas finales de funcionamiento y elaboración de reportes técnicos. Un soporte técnico eficiente reduce el tiempo de inactividad de los equipos y optimiza su rendimiento, beneficiando tanto a los operadores como a los pacientes.

Se identifica que los principales desafíos en la instalación, mantenimiento y soporte técnico de los equipos de rayos X en Lima incluyen la falta de infraestructura adecuada, la necesidad de capacitación del personal y la gestión eficiente de los tiempos de mantenimiento. Para superar estas barreras, se proponen estrategias como mejoras en la planificación de instalación, optimización de los programas de mantenimiento y la implementación de capacitaciones especializadas para el personal a cargo del equipo.

Finalmente, se concluye que el cumplimiento de los protocolos establecidos para la instalación, mantenimiento y soporte técnico de los equipos de rayos X tiene un impacto significativo en la eficiencia y calidad del diagnóstico por imágenes en clínicas y hospitales de Lima en 2025. Asimismo, estas acciones garantizan la seguridad del personal encargado del manejo del equipo, asegurando un entorno de trabajo confiable y alineado con las normativas vigentes.

Recomendaciones

Se recomienda al área de ventas establecer un programa estructurado de visitas y asesorías para orientar a los clientes sobre el acondicionamiento adecuado del ambiente donde se instalarán los equipos de rayos X. Esto permitirá que los espacios cumplan con los requisitos exigidos por el IPEN para la obtención de la licencia de operación, reduciendo posibles retrasos en la instalación.

Se sugiere al área de ingeniería organizar capacitaciones gratuitas de manera mensual para los operadores de los equipos de rayos X pertenecientes a la clientela de la empresa. Esto permitirá que el personal nuevo o con menos experiencia reciba una formación adecuada sobre el uso y manejo de los equipos, evitando errores operativos y mejorando la eficiencia en su utilización.

Se recomienda al área de ingeniería incluir en los contratos de adquisición de equipos una cláusula que establezca la obligatoriedad del mantenimiento preventivo. Esto contribuirá a reducir fallas en los equipos, prolongar su vida útil y evitar interrupciones en el servicio de diagnóstico por imágenes.

Se sugiere al área de ventas diseñar planes de renovación progresiva para reemplazar equipos de rayos X antiguos en hospitales y clínicas. La permanencia de tecnología obsoleta dificulta la obtención de repuestos originales y, en muchos casos, los componentes disponibles en el mercado son de segundo uso, lo que puede comprometer el funcionamiento adecuado del equipo a largo plazo.

Se recomienda al área de ingeniería exigir la instalación de generadores y sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) en hospitales y clínicas para prevenir daños en los equipos de rayos X ante cortes o fluctuaciones en el suministro eléctrico. Esto garantizará un funcionamiento estable y evitará desperfectos causados por variaciones de voltaje.

Finalmente, se sugiere a la jefatura promover capacitaciones periódicas para el equipo de ingeniería, asegurando que los especialistas de la empresa estén al tanto de las nuevas tecnologías y mejoras implementadas en los equipos de rayos X. Esto permitirá brindar un servicio más eficiente, optimizar los procesos de instalación y mantenimiento, y fortalecer la calidad del soporte técnico ofrecido a los clientes.

REFERENCIAS

- Andrews, J., Dark, J., & West, J. (2015). *A+ Guide to It Technical Support: Ninth Edition*. United States of America: Cengage Learning.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6ª ed.). Editorial Episteme.
- Atau Mollo, D. (2020). *Conocimiento y percepción de riesgo sobre los estudios por imágenes en usuarios del servicio de radiología oral del Hospital Cayetano Heredia, Lima – 2018* [Tesis de especialidad]. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Bados, L. & Miura, P. (2010). *Estudio de un equipo de Rayos x para diagnóstico médico de última generación*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional - UNI.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación en ciencias de la salud*. Editorial Médica Panamericana.
- Benjamín, W. (2006). *Ingeniería Industrial de Niebel*. Lima: 1ra Edición.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (3ª ed.). Pearson Educación.
- Blanco, A., & Villalpando, M. (2012). *Investigación científica: Métodos y aplicaciones*. Editorial Trillas.
- Calva Sánchez, R. J., Jimenez Buri, K. F., Herrera Sarango, S. C., & Núñez Cabrera, C. M. (2023). Avances tecnológicos y científicos en radiología. *Revista Científica de la Asociación de Médicos del Hospital Universitario de Caracas*, 7(2), 457–465.
[https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.457-465](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.457-465)

- Fernández-Ríos, M., & Sánchez, J. C. (1997). *Eficacia organizacional: concepto, desarrollo y evaluación*. Ediciones Díaz de Santos.
- Fuentesalba Muñoz, C., Rodríguez Casas, A. M., Espinoza Leyton, A., & Hidalgo Rivas, A. (2024). Exposición a rayos X del operador de equipos radiográficos portátiles de mano en odontología con distintas angulaciones verticales. *Avances en Odontoestomatología*, 40(3).
- Fuentesalba, J., et al. (2024). Radiobiología y daños biológicos inducidos por rayos X. *Journal of Radiological Sciences*, 28(2), 112–125.
- García, F. & Tisza, J. (2009). *Estudio de los equipos de Rayos X y tomografía de uso médico y el uso de tecnología de inversiones en la generación de Rayos X*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional - UNI.
- García, I. (2016). *Anatomía de sistemas: Su análisis y su apoyo*. Madrid, España: Díaz Santos.
- George Quintero, R. S., Gámez Toirac, Y., Matos Laffita, D., González Rodríguez, I., Labori Ruiz, R., & Guevara Silveira, S. A. (2021). Eficacia, efectividad, eficiencia y equidad en relación con la calidad en los servicios de salud. *Infodir*, (35). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-35212021000200013
- Giraldo Luján, C. R. (2021). *Índice de exposición en radiografías de tórax - Institución privada de salud en Lima; 2019* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Hinojosa, J. (2020). *Montaje y Técnicas de Alineación*. Scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/512034053/Montaje-y-Tecnicas-de-Alineacion>

- International Atomic Energy Agency. (2018). Radiological protection of patients in medical exposure (Safety Report No. XYZ). IAEA.
- Inostroza Peres, A. (2008). *La ingeniería electrónica en los equipos de rayos X hospitalarios* [Tesis de grado]. Universidad Ricardo Palma.
<https://hdl.handle.net/20.500.14138/78>
- International Atomic Energy Agency. (2018). Radiological protection of patients in medical exposure. IAEA.
- Johnson, C., Smith, D. and Brown, K. (2020) The Impact of Online Pedagogical Feedback on Student Motivation and Performance in Mathematics. *Journal of Educational Research*, 25, 456-470.
- Loyola, P. & Hamilton, E. (2012). *Implementación de una sala radiológica con equipo de rayos X digital*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional - UNI.
- Machado Acuña, F., Salas Blanco, R., & Rivero Pons, B. (2023). Consideraciones teóricas sobre la radiografía digital como medio diagnóstico. *MEDISAN*, 27(4), e4256. Recuperado de <https://medisan.sld.cu/index.php/san/article/view/4256>
- Marichi-Rodríguez, F. J., Serrano-Bello, J., Ortiz-Magdaleno, M., & Vázquez-Vázquez, F. C. (2024). Seguridad y protección radiológica con el uso de rayos X portátiles: Revisión de literatura. *Revista Odontológica Mexicana Órgano Oficial de la Facultad de Odontología UNAM*, 28(1). <https://doi.org/10.22201/fo.1870199xp.2024.28.1.89973>
- Méndez, C. (2011). *Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación* (5ª ed.). Editorial Limusa.
- Menendez, S. (2016). *Gestión de redes telemáticas*. Madrid, España: Editorial Elearning.
- Ñaupas, M., Fernández, M., & Rojas, J. (2014). *Técnicas y métodos de investigación en salud*. Editorial San Marcos.

- Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Guía de gestión e incorporación de tecnología: Radiología de propósitos generales*. Editorial Ciencias Médicas.
- Organización Panamericana de la Salud. (2009). Recomendaciones para la protección radiológica en instalaciones de rayos X. OPS.
- Pyrczak, F. (2014). Evaluación de la investigación en ciencias sociales y de la salud. Routledge.
- Ramírez Cotrina, C. A. (2023). *Revista Peruana de Radiología*, 22:5-6.
- Ramírez, C. (2021). Integración de estrategias de mantenimiento en equipos médicos. *Revista de Tecnología Médica*, 8(2), 76–88.
- Salinas, J., & Cárdenas, R. (2009). Metodología de la investigación científica y social. Editorial Alfaomega.
- Stephens, M. (2010). Productivity and Reliability - Based Maintenance Management. Prensa de La Universidad de Purdue, Indiana, EEUU.
- Tamayo y Tamayo, M. (1999). El proceso de la investigación científica. Limusa.
- Terán, D. (2014). Administración Estratégica de la función informática. Alfaomega Grupo Editor.
- Toala Rodríguez, L. A. (2018). *Diseño de un plan de soporte técnico para el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos computacionales de la sala de cómputo #14 de la carrera de Ingeniería en Computación y Redes* [Tesis de grado]. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Tudon, A., Zuñiga, M., Lerma, M., & Méndez, L. (2019). Implementation of the RCM methodology in pleating machine. *Journal of Quantitative and Statistical Analysis Vol 6 N°8*,

13-16.

-Valdés Rojas, C., Guerra Pérez, L. R., Alfonso Marín, Y., Vergel Llerena, R., López Betharte, T., & Luna Alfonso, A. J. (septiembre de 2024). *Equipo de Rayos X convencional y sus averías más frecuentes*. CENCOMED (Actas del Congreso), educienciapdc12024.

-World Health Organization. (2019). *Guidelines on accreditation of radiology services*. Geneva, Switzerland: WHO Press.

ANEXOS

Anexo 1. Calibración de generador de alta frecuencia



Anexo 2. Realización del test de colimación para el control de calidad



Anexo 3. Capacitación al personal sobre el manejo del equipo de rayos X

