



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**

# **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X TITAN 2000M PARA EL HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE RIOBAMBA.**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

## **BIOFÍSICO**

**AUTOR: MARLON SANTIAGO DELGADO BRITO**

**TUTOR: DR. RICHARD PACHACAMA**

Riobamba - Ecuador

2018

**© 2018, Marlon Santiago Delgado Brito**

Yo, Marlon Santiago Delgado Brito declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X TITAN-2000M PARA EL HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE RIOBAMBA, de responsabilidad del Sr. Marlon Santiago Delgado Brito ha sido minuciosamente revisado y quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Richard Pachacama.

**DIRECTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Biof. Teresa Altamirano N.

**MIEMBRO TRIBUNAL TRABAJO  
DE TITULACION**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTO.**

Quiero agradecer a Dios, por darme la fortaleza física y mental durante la elaboración de este proyecto, por cuidarme en mi vida y por guiarme en el camino adecuado para desarrollar mi potencial como profesional.

A mis padres mi sincero y especial agradecimiento porque gracias a su apoyo y consejos pude desarrollar mi vida universitaria con satisfacción, por cada una de las lecciones brindadas en los ocasiones adecuadas., gracias por brindarme su cariño y comprensión en momentos difíciles.

A mis hermanos gracias porque que han formado parte de mi vida y me han regalado su cariño siempre.

De manera particular a mi coordinador de trabajo de titulación Dr. Richard Pachacama y a mi asesora Msc. Teresa Altamirano que con sus conocimientos ayudaron a concluir mi proyecto.

Y quiero agradecer al área de Imagenología del Hospital General Provincial Docente Riobamba por permitirme desarrollar mi trabajo de titulación.

Muy agradecido con todos.

## **ABREVIATURAS**

**CSN:** Consejo de Seguridad Nuclear

**SCAN:** Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares

**ISO (siglas en inglés):** Organización Internacional de Estandarización

**KV:** Kilovoltaje

**KVP:** Kilovoltaje Pico

**mA:** Miliamperaje

**mAs:** Carga

**Gy:** Gray

**mGy:** mili Gray

**Sv:** Sievert

**mSv:** mili Sievert

**VCA:** voltios de corriente alterna

**HGPDR:** Hospital General Provincial Docente Riobamba

**CAE:** Control Automático de Exposición

**DFM:** Distancia entre centros

**IPEM:** Instituto de Física e Ingeniería en Medicina

**DO:** Densidades Ópticas

**UNE:** Acrónimo de Una Norma Española

**POE:** Personal Ocupacionalmente Expuesto

**hPA:** hectoPascuales

**°C:** Grados Centígrados

**Bq:** Bequerles

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xi
SUMMARY .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I.</b>	
1. MARCO TEÓRICO .....	8
1.1 Principio físico de funcionamiento. ....	8
1.2 Rayos X Titan 2000-M.....	9
1.3 Radiografía digital. ....	13
1.4 Sistema de reconstrucción de imágenes. ....	14
<b>CAPÍTULO II.</b>	
2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	18
2.1 Alcance .....	20
2.2 Responsabilidades .....	20
2.3 Protocolo para el sistema Titan 2000-M .....	21
2.4 Documentos generados .....	34
2.5 Control y evaluación .....	34
2.6 Historial de modificaciones .....	34
<b>CAPÍTULO III.</b>	
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	35
3.1 Pruebas mecánicas. ....	35
3.2 Pruebas eléctricas. ....	61
3.3 Pruebas dosimétricas. ....	65
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Estudios realizados en Enero y Febrero de 2017.....	12
<b>Tabla 1-2.</b> Historial de cambios en el Protocolo de control de calidad.....	34
<b>Tabla 1-3.</b> Kilovoltaje de referencia versus Kilovoltaje medido.....	48
<b>Tabla 2-3.</b> Kilovoltaje de referencia versus Kilovoltaje medido.....	50
<b>Tabla 3-3.</b> Tensión suministrada al sistema computacional y de radiodiagnóstico. ....	61
<b>Tabla 4-3.</b> Cuadro del estado de la instalación eléctrica en la unidad de radiografía. ....	63

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-3.</b> Porcentaje de error entre la mesa y el tubo de rayos X. ....	37
<b>Ecuación 2-3.</b> Porcentaje de falla en el campo de iluminación-radiación.....	41
<b>Ecuación 3-3.</b> Tasa de dosis en relación a la dosis acumulada y tiempo. ....	56
<b>Ecuación 4-3.</b> Error en la tensión medida. ....	61
<b>Ecuación 5-3.</b> Porcentaje de error en la tensión. ....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Brillo en radiología convencional versus radiología digital.....	14
<b>Figura 1-2.</b> Diagrama funcional del Hospital Provincial General Docente Riobamba.....	19
<b>Figura 1-3.</b> Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 1.....	45
<b>Figura 2-3.</b> Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 2.....	46
<b>Figura 3-3.</b> Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 3.....	46
<b>Figura 4-3.</b> Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 4.....	47
<b>Figura 5-3.</b> Trébol representativo en la zona controlada.....	75

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1-1.</b> PC, teclado y mouse del sistema TITAN 2000-M. ....	15
<b>Fotografía 2-1.</b> Impresora del sistema TITAN 2000-M.....	15
<b>Fotografía 1-3.</b> Mesa de diagnóstico del sistema rayos X. ....	35
<b>Fotografía 2-3.</b> Unidad TITAN 2000-M, con presencia de objetos extraños. ....	36
<b>Fotografía 3-3.</b> Prueba de centrado en el lado izquierdo mes de Mayo 2017.....	38
<b>Fotografía 4-3.</b> Prueba de centrado en el centro de la mesa mes de Noviembre 2017. ....	39
<b>Fotografía 5-3.</b> Prueba de centrado en el lado derecho mes de Mayo 2017. ....	40
<b>Fotografía 6-3.</b> Tamaño del campo de radiación mes de Junio 2017. ....	42
<b>Fotografía 7-3.</b> Tamaño del campo de radiación mes de Diciembre 2017. ....	43
<b>Fotografía 8-3.</b> Detector de iluminación. Iluminación ambiente e iluminación del sistema. ....	45
<b>Fotografía 9-3.</b> Detector de kilovoltaje, miliamperaje y carga ECC. ....	49
<b>Fotografía 10-3.</b> Medidas de kilovoltaje obtenidas por el detector.....	49
<b>Fotografía 11-3.</b> Detector de kilovoltaje. Reproducción del kilovoltaje a 1 metro. ....	51
<b>Fotografía 12-3.</b> Medidas por repetición de kilovoltaje variando los demás parámetros. ....	51
<b>Fotografía 13-3.</b> Placa de control del CAE Abril semana 1. ....	53
<b>Fotografía 14-3.</b> Placa de control del CAE Abril semana 2. ....	53
<b>Fotografía 15-3.</b> Placa de control del CAE Abril semana 3. ....	54
<b>Fotografía 16-3.</b> Placa de control del CAE Abril semana 4. ....	54
<b>Fotografía 17-3.</b> Valores específicos para la prueba de CAE.....	55
<b>Fotografía 18-3.</b> Tensión de 110 VCA medida con el multímetro en paralelo.....	61
<b>Fotografía 19-3.</b> Tensión de 110 VCA medida con el multímetro en paralelo.....	62
<b>Fotografía 20-3.</b> Instalación eléctrica del servicio de Imagen. ....	63
<b>Fotografía 21-3.</b> Instalación eléctrica de radiodiagnóstico en el área de Imagen. ....	64
<b>Fotografía 22-3.</b> Detector de radón medido en el área de Imagen. ....	72
<b>Fotografía 23-3.</b> Segunda medición de radón en Imagen después de 6 meses. ....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1-3.</b> Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Marzo 2017.....	57
<b>Gráfica 2-3.</b> Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Marzo 2017.....	57
<b>Gráfica 3-3.</b> Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Septiembre 2017.....	59
<b>Gráfica 4-3.</b> Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Septiembre 2017.....	59
<b>Gráfica 5-3.</b> Dosis acumulada en radiografía en Febrero 2017. ....	66
<b>Gráfica 6-3.</b> Dosis acumulada en tomografía en Febrero 2017. ....	66
<b>Gráfica 7-3.</b> Dosis acumulada en mamografía en Febrero 2017.....	67
<b>Gráfica 8-3.</b> Dosis acumulada en la sala de conferencia en Febrero 2017.....	67
<b>Gráfica 9-3.</b> Dosis acumulada en radiografía en Noviembre 2017.....	69
<b>Gráfica 10-3.</b> Dosis acumulada en tomografía en Noviembre 2017.....	69
<b>Gráfica 11-3.</b> Dosis acumulada en mamografía en Noviembre 2017.....	70
<b>Gráfica 12-3.</b> Dosis acumulada en sala de conferencia en Noviembre 2017.....	70

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo de titulación fue diseñar e implementar un protocolo de control de calidad para el equipo de rayos X en el área de Imagenología del Hospital General Provincial Docente Riobamba. Para ello se describió el principio físico de funcionamiento del equipo, la composición mecánica y eléctrica del mismo detallando la capacidad funcional, producción y restricciones de uso. La caracterización del protocolo se obtuvo basándose en el método deductivo con el cual se realizó las pruebas. Cada examen realizado al equipo fue controlado por un rango de tolerancia del 10% impuesto por el organismo regulador. Las pruebas implementadas en el equipo radiográfico aportan información técnica que ayuda a cumplir con los estándares de calidad fijados por la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares. Este protocolo presenta información del funcionamiento eléctrico y mecánico, con ello el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) evalúa el nivel de eficiencia del equipo, al mismo tiempo se controla la radiación existente en el área de Imagen, para esto se realizó análisis dosimétricos que evalúan el nivel existente de protección radiológica. Para obtener una mejor precisión aproximadamente 5% en la medición del Kilovoltaje se usó un miliamperaje entre 10 y 50 mA. El ajuste del Control Automático de Exposición proporcionó imágenes sobre una no uniformidad del campo de radiación. El voltaje de operación presenta un error aproximado de 8.4%. Mediante una ponderación de la tasa de dosis se demostró que el POE absorbe una dosis anual de 8.71 miliSievers. El área de Imagen deberá contar con un inspector de seguridad radiológica para evitar accidentes, mantener actualizado el protocolo y mantener la seguridad del POE.

**Palabras Clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS MÉDICAS>, <BIOFÍSICA>, <RADIOLOGÍA>, <CONTROL DE CALIDAD>, <DETECTOR DE RADIACIÓN>, <DOSIS ABSORBIDA>, <PROTECCION RADIOLOGICA>, <PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO (POE)>

## SUMMARY

The objective of this degree work was to design and implement a quality control protocol to the X-ray equipment in the area of Imaging from Hospital General Provincial Docente Riobamba. Therefore, the physical principle of the equipment's operation was described, as well as its mechanical and electrical composition detailing the functional capacity, production and use restrictions. The characterization of the protocol was obtained based on the deductive method with which the tests were carried out. A 10% tolerance range imposed by the regulatory body controlled each test performed on the equipment. The tests implemented in the radiographic equipment provide technical information that helps to fulfill with the quality standards set by the Undersecretary of Control and Nuclear Applications. This protocol presents information on the electrical and mechanical functioning, with this the Occupationally Exposed Personnel (OEP) evaluates the level of efficiency of the equipment, at the same time the existing radiation in the image area is controlled, hence this dosimetry analysis was carried out to evaluate the existing level of radiation protection. To obtain a better precision approximately 5% in the kilovoltage measurement a milliamperage between 10 and 50 mA was used. The adjustment of the Automatic Exposure Control provided images about non-uniformity of the radiation field. The operating voltage presents an error of approximately 8.4%. Through a weighting of the dose rate it was found that the OEP absorbs an annual dose of 8.71 milliSievers. The image area must have a radiological safety inspector to prevent accidents, keep the protocol updated and maintain the safety of the OEP.

**Key words:** <TECHNOLOGY AND MEDICAL SCIENCES>, <BIOPHYSICS>, <RADIOLOGY>, <QUALITY CONTROL>, <RADIATION DETECTOR>, <ABSORBED DOSE>, <RADIATION PROTECTION>, <OCCUPATIONALLY EXPOSED PERSONNEL (OEP)>.

## INTRODUCCIÓN

El proceso para capturar la imagen del cuerpo humano durante un diagnóstico consiste en una compleja labor en la que están implicados algunos procesos físicos, software del equipo para después ser analizados por distintos especialistas. Cada error que se produce durante la captura de la imagen es asociado a los factores antes mencionados entre estos tenemos un aumento en la dosis de radiación que recibe el paciente y esto se refleja en la calidad de la imagen obtenida por el equipo de Radiografía.

En la ciudad de Riobamba el Hospital Provincial General Docente Riobamba se encuentra ubicado en la Avenida Juan Félix Proaño y Chile. En la actualidad cuenta con 22 subespecialidades, en la cual se encuentra Imagenología donde se prestan los servicios de rayos X, Tomografía, Ecografía y Mamografía. Es indispensable contar con un “Protocolo para control de calidad del equipo de rayos X TITAN 2000M” puesto que es el sistema de radiodiagnóstico más utilizado en el servicio de Imagenología en consecuencia es la unidad que será mayormente vigilada y controlada. De esta manera el control del sistema podrá realizarse según las normas establecidas por el organismo regulador SCAN (Subsecretaría de Control de Aplicaciones Nucleares).

El control de la dosis impartida al paciente, conjuntamente con la calidad en exploraciones en radiodiagnóstico, constituye los primeros indicadores del estado general del sistema RX, a partir del cual se deciden realizar diferentes verificaciones a elementos concretos para corregir comportamientos erróneos del sistema.

El trabajo se considera como parte fundamental de la Protección Radiológica y los principales elementos a desarrollarse son: El control de calidad de los equipos y las condiciones de uso del equipo que inciden en la calidad de la imagen y protección del personal. No considera aspectos de niveles de exposición a pacientes, además se limita a instalaciones del mecanismo radiográfico médico.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El mecanismo de un equipo radiográfico se deteriora con el pasar del tiempo, lo cual ocasiona que su nivel de funcionamiento disminuya y afecte al entorno en el cual se encuentra, esto se debe a que durante un año el mecanismo del sistema es evaluado únicamente una sola vez. Además si la unidad de rayos X no está calibrada se producen efectos en el organismo que solo pueden ser detectados varios años después de su interacción con este equipo.

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué tipo de análisis ayudan a determinar el estado actual del equipo de Radiografía? ¿Existirá una forma de poder determinar el nivel de funcionalidad de un equipo que emplea radiación ionizante? ¿Cuáles son los rangos de radiación normales a los que se puede exponer un operador de un sistema radiográfico?

## ANTECEDENTES

Existe un Protocolo para el manejo del equipo de rayos X para una empresa Mexicana de servicios médicos “SERVIMED IPS S.A.”. La institución está basada en estándares de calidad ISO 9001. El protocolo fue diseñado para el control de calidad de un equipo de rayos X para odontología, Modelo DC – PMERX O05. La última versión de este protocolo consta de 25 páginas en las cuales se detallan el efecto de la radiación ionizante, los parámetros a considerar en el área de odontología, las partes del equipo, características específicas del sistema como el kV (Kilovoltaje), mA (miliamperaje) y mAs (carga) y las pruebas que se realizan para mantener la calidad en las radiografías que se obtienen de la unidad. (Prieto E., 2012, pp.1-25)

En la Universidad Don Bosco de El Salvador se realizó un Protocolo para el control de calidad en equipos de radiodiagnóstico estacionario con fluoroscopia, en este protocolo se detallan más de 70 pruebas recomendadas específicamente para equipos radiográficos con fluoroscopia, se presenta la instrumentación requerida para verificar los parámetros radiológicos en fluoroscopia y un reporte del control de calidad en radiología. Además se recomienda utilizar el Protocolo en instituciones médicas salvadoreñas. (Castillo Melgar, et al., 2005: pp.17-24)

En España se tiene un Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico para facilitar la identificación del estado actual en equipos que trabajen con energía ionizante el cual está enfocado en el control de calidad en diagnóstico por imagen, en los niveles requeridos para asegurar la garantía de calidad, en los indicadores de la dosis a pacientes que interactúan con el equipo de rayos X, las pruebas técnicas y parámetros específicos como la dosis acumulada de los encargados del manejo del sistema para el control de la calidad, la descripción del protocolo para conocer en qué clase de equipos se pueden utilizar y diseñaron una bitácora para registrar los datos obtenidos de diferentes equipos de radiodiagnóstico. (Alonso Díaz , et al., 2002: pp.33-37)

Los protocolos de calidad de un equipo de radiografía hoy día es un tema de máxima actualidad para los profesionales que utilicen radiaciones ionizantes, lo que explica su presencia habitual en las publicaciones científicas y profesionales. Siempre que el uso irregular de un sistema afecte la salud

de los operarios se tendrá que establecer un sistema protocolario para disminuir significativamente los riesgos estocásticos y no estocásticos.

El protocolo de calidad, también es conocido como plan de sondeo, y se forja como una guía flexible que intenta describir de la manera más adecuada el proceso de investigación que se tiene pensado ejecutar. En este protocolo se describe de manera consecutiva los elementos a revisar para que la calidad en la imagen obtenida por el equipo de rayos X fijo TITAN 2000M sea la mejor, además ayuda preservar la salud física tanto de los operarios como los usuarios de esta máquina para esto se controlarán los parámetros de dosis a los que están sometidos.

En el área de Imagenología se ha realizado dos protocolos para el control de calidad, uno para el equipo de Mamografía tipo MELODY y el siguiente para el sistema de Tomografía Computarizada Toshiba Activion TSX-031 A. Estos protocolos detallan las pruebas y características fundamentales para cada equipo. Se detalla los parámetros radiológicos internacionales y los rangos dosimétricos a considerarse tanto para operarios como para pacientes. (Bonilla García, 2011, pp.70-97) (Chávez Oleas, 2011, pp.81-112 )

## JUSTIFICACIÓN

En el país han desarrollado técnicas para asegurar la calidad en la radioterapia, en el área de Imagenología no existen parámetros y normas que permitan asegurar el control de la dosis suministrada y factores físicos que intervienen en el diagnóstico de imágenes. Esto se debe a la falta del personal especializado en el área. Este trabajo se realiza con la finalidad de proveer las pruebas necesarias para obtener la información necesaria del estado en que se encuentra el equipo de rayos X de este Hospital.

Este protocolo proporcionará informes técnicos acerca del estado presente en que se encuentra el equipo de rayos X, y así formar un criterio sobre las condiciones de funcionamiento del sistema en general. Un estudio rutinario de radiografía representa una dosis absorbida de 0.1 mSv bajo condiciones normales, pero si estos parámetros del sistema están alterados los daños pueden ser demasiado perjudiciales. Mientras que para un operario la dosis que puede absorber es de 1.6 mSv en dos meses aproximadamente. Estos datos indican que si los parámetros de funcionamiento del equipo están alterados los rangos se pueden superar con mucha facilidad. Por esto la importancia de implementar un Protocolo para prevenir cualquier desajuste del sistema.

Se desarrollará un protocolo en esta área dirigido a profesionales con experiencia y formación en Salud Pública, quienes pueden requerir del apoyo de expertos en la elaboración de o actualización de los protocolos de interés, y los conocimientos adquiridos en mi formación como biofísico.

Este trabajo se lo realizará como una medida preventiva, lo cual quiere decir que el resultado obtenido al efectuar este análisis diario, semanal o semestral determinará el grado de precisión con el que está operando el equipo, además con los datos recolectados se podrá determinar si la zona de trabajo para los operadores de la unidad es la más segura.

El Hospital Provincial General Riobamba cuenta con un equipo de rayos X fijo TITAN 2000M, el cual brinda servicios a todos las pacientes que acuden a este lugar, pero, a pesar de su tecnología este

debería contar con un Protocolo de Control de Calidad, el cual servirá para garantizar un correcto funcionamiento del sistema, además brindara las seguridades necesarias para el buen funcionamiento del mismo y la seguridad radiológica del personal involucrado en el manejo del equipo. Por esto se tiene que implementar un protocolo de control de calidad el cual se basa en controles rutinarios para certificar el buen funcionamiento este equipo del área. La implementación de este protocolo es una parte importante porque se podrá tener un registro de cómo se debe realizar estas pruebas radiométricas para preservar la salud tanto de operarios del equipo como a usuarios del mismo.

En este trabajo se evaluarán las dos características fundamentales: protección y funcionalidad. Para ello, se estudiarán y evaluaron una serie de pruebas reportadas nacional e internacionalmente. Las diferentes pruebas se clasificaron en dos grandes grupos: pruebas físicas y pruebas de funcionamiento; por otro lado, las pruebas que no son fundamentales para la evaluación de la calidad no están incluidas en el protocolo propuesto, puesto que también se consideran pruebas de control de rutina.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un protocolo de control de calidad para el Equipo de rayos X fijo TITAN 2000M del área de Imagenología del Hospital General Provincial Docente Riobamba.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las características del equipo de rayos X del Área de Imagenología del Hospital Provincial General Docente Riobamba.
- Determinar las pruebas que se aplicarán al equipo de rayos X fijo TITAN 2000M.
- Diseñar el protocolo de control de calidad y las hojas de registro de las pruebas diarias, mensuales y semestrales.
- Implementar el protocolo a través de las pruebas de Control de Calidad para el Equipo de rayos X fijo TITAN 2000M.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Principio físico de funcionamiento.

El sistema de radiodiagnóstico TITAN 2000-M posee dos transformadores de línea, el primero de ellos para suministrar el voltaje necesario para que el equipo funcione a 230 VAC y el segundo, es un transformador de alto voltaje con un máximo en producción de 130 kilovoltios pico, además esta unidad posee un circuito de rectificación de diodos y un regulador de corriente eléctrica para mantener constante el ingreso de energía al equipo.

El sistema radiográfico tiene un tubo de rayos X COMED (para producir fotones altamente energéticos) el cual consta de un ánodo y un cátodo estrictamente definidos, desde el cátodo los electrones son fuertemente atraídos por el ánodo positivo, estos electrones impactan en el ánodo a una velocidad extraordinaria y se producen los fotones de rayos X. Esta unidad posee un colimador que realiza la función de filtración.

La producción de fotones de rayos X depende de un factor primordial el miliamperaje, es decir, de la cantidad de electrones por segundo, mientras se ingrese una cantidad superior de miliamperaje la producción de rayos X será más grande. La velocidad con la que los electrones se mueven depende del kilovoltaje, por tanto a mayor kilovoltaje se obtiene una velocidad de movimiento en electrones superior.

La unidad de radiodiagnóstico TITAN-2000M utiliza un haz de rayos X el cual incide de forma directa sobre el paciente. La cantidad de radiación producida por el sistema es controlada mediante

un sistema de colimación. Los rayos X producidos por el equipo interactúan con el ser humano y posteriormente se produce dos etapas de conversión de energía.

Primero los fotones producidos por la unidad de radiodiagnóstico se transforman en una cantidad de luz. Esta cantidad de luz se modifica en forma de señal eléctrica la cual será captada mediante un sensor del propio del equipo. Esta señal eléctrica ingresa a un proceso de digitalización, donde la información obtenida es almacenada en la memoria del sistema. Posterior a esto la imagen tomada se la puede visualizar en la pantalla del sistema y finalmente se imprime la imagen mediante dos opciones: por el mismo sistema o una red de impresoras.

## **1.2 Rayos X Titan 2000-M.**

A continuación se describe la configuración estándar del sistema radiográfico TITAN 2000-M:

- Soporte del Tubo.

Es el sistema que expone a la radiación generada por la unidad de radiodiagnóstico TITAN 2000-M. Primero se obtiene la alta tensión en el generador, después en el tubo de rayos X se producen radiación electromagnética en forma de rayos X y se expone a través de un sistema de colimación. La base superior del soporte del tubo tiene un rango de movilización de 250 cm tanto a la izquierda como a la derecha. El soporte del tubo y por tanto el tubo de rayos X giran a  $\pm 135^{\circ}$ .

Consta de los siguientes componentes:

1. Polo Puesto
2. Soporte del tubo
3. Cable atado
4. Riel superior
5. Brazo del tubo
6. Tubo de rayos X

7. Riel inferior
8. Interruptor de parada de emergencia
9. Colimador
10. Panel de pantalla táctil del soporte del tubo

- Soporte Detector.

En este soporte está integrado un detector para detectar la imagen que se va a obtener. Se lo puede utilizar en dos posiciones en modo tabla (de manera horizontal) y en modo Stand (en modo vertical). La altura del soporte detector es variable oscila en un rango desde 35 cm hasta 180 cm.

- Generador.

Este sistema es utilizado para obtener alto voltaje a partir del que ingresa al sistema que es de 220 V. Este generador está conectado directamente con la tarjeta de interface RS-232, la cual controla a este sistema generador.

- Tarjeta de Interface.

Es la unidad encargada de producir energía ionizante (rayos X) por la entrada de señales al generador cuando una imagen de rayos X es capturada. Vincula a dos subunidades, los cables E/S digitales y el interruptor manual. Esta tarjeta transfiere información al generador lo cual sincroniza al sistema de la PC para recibir imágenes.

- PC Set.

Sirve para observar, evaluar y modificar la copia de la imagen escaneada por el equipo TITAN 2000-M. Entre los principales componentes se encuentra un monitor de 23" de alta resolución, un CPU de escritorio, un teclado, un mouse y el software XView, para la exploración y adquisición de imágenes.

- Mesa Móvil.

Es el lugar donde serán ubicados los pacientes que se realizan los estudios radiográficos. La mesa es móvil para facilitar la exploración, cuando el paciente está en la posición correcta las ruedas de la mesa se pueden bloquear para que no exista movimiento.

El equipo TITAN 2000-M engloba la producción de diferentes exámenes de radiodiagnóstico entre los cuales se destacan los siguientes por ser los estudios comúnmente más realizados:

**Radiografía abdominal:** el examen se realiza para descartar la presencia de cálculos renales, identificar problemas en el intestino como un posible bloqueo, determinar si existe la presencia de algún objeto ingerido, registrar la presencia de tumores o alguna anomalía presente. Dosis absorbida por el paciente: 1.0 mSv

**Radiografía de hueso:** el uso más común para este estudio es verificar si existe alguna fractura o algún hueso roto, enfermedades óseas que sean inflamatorias o de carácter degenerativo y otros tipos de anomalías relacionadas a la estructura ósea.

**Radiografía de tórax:** se realiza este estudio para comprobar si existe una lesión torácica o alteraciones en la región pulmonar como neumonía, tuberculosis entre otras. A nivel del corazón se lo realiza para verificar el tamaño y posición del corazón y las arterias. Dosis absorbida por el paciente: 0.02 mSv

**Radiografía de articulaciones:** Se verifica la correcta ubicación de la articulación, además se pueden localizar problemas generados por traumatismos como inflamación de la articulación o fisuras. Se detectará enfermedades como rodilla de corredor, artritis o alguna dislocación. Dosis absorbida por el paciente: 0.01 mSv

**Radiografía de columna lumbosacra:** Este examen radiográfico es usado para verificar el correcto posicionamiento de la columna, una disminución en la densidad de los huesos de la columna y enfermedades como la ciática. Dosis absorbida por el paciente: 1.5 mSv

**Nota:** Las mujeres que estén embarazadas o piensan que lo están no deben ser sometidas a ninguno de los estudios anteriormente mencionados, porque la exposición a la radiación alteraría directamente al embrión, feto o bebe creciente en el vientre materno.

### 1.2.1 Producción mensual de radiografías

La producción mensual de radiografías del Hospital General Provincial Docente Riobamba del mes de Enero, Febrero está detallada según los tipos de pacientes para radiodiagnóstico:

- Estudios de pacientes de Consulta Externa
- Estudios de pacientes Hospitalizados
- Estudios de pacientes por Emergencia (Prioritarios)

**Tabla 1-1.** Estudios realizados en Enero y Febrero de 2017.

<b>ESTUDIOS DE RAYOS X</b>		<b>ENERO</b>
CONSULTA EXTERNA	HOSPITALIZACION	EMERGENCIA
240	222	1056
<b># TOTAL DE ESTUDIOS DE ENERO</b>		<b>1518</b>
<b>ESTUDIOS DE RAYOS X</b>		<b>FEBRERO</b>
CONSULTA EXTERNA	HOSPITALIZACION	EMERGENCIA
221	271	838
<b># TOTAL DE ESTUDIOS DE FEBRERO</b>		<b>1330</b>

**Realizada por:** Marlon Delgado

### **1.3 Radiografía digital.**

#### ***1.3.1 Generalidades y definición***

La radiología digital es una extensa acumulación de sistemas en los que se destacan adquisición, tratamiento, procesado, y visualización de información radiodiagnóstica. Existe una similitud entre las imágenes radiológicas obtenidas por procesos convencionales y las obtenidas en radiología digital, lo que las diferencias son los métodos y parámetros usados en la generación de las mismas. Además la radiología digital tiene como característica principal mejorar la calidad de imagen, mediante un sistema de optimización de imagen. (Martino, 2006, p.34)

La radiología digital es superior a la radiología convencional porque las imágenes obtenidas en este sistema son gestionadas de manera didáctica y rápida, es decir, se pueden cambiar características como iluminación y contraste, por tanto la imagen puede ser visualizada y gestionada antes de ser transmitida a un archivo general para ser imprimida. Hay que tener en cuenta que la imagen obtenida en el proceso ha sido capturada por elementos y detectores de radiación, completamente distinta a la imagen obtenida en radiología convencional.

#### ***1.3.2 Calidad de la imagen digital***

Una imagen digital tiene factores en los que se basa para que la información radiológica sea de alta calidad, es decir, factores que alteran la calidad de la imagen entre los cuales destacamos los siguientes:

- Brillo
- Contraste
- Resolución
- Distorsión
- Índice de Exposición
- Ruido



**Figura 1-1.** Brillo en radiología convencional versus radiología digital.

**Fuente:** (Català Muñoz, s.f.)

### ***1.3.3 Postprocesado de la imagen digital***

El posprocesado de imagen es siguiente paso a seguir en el algoritmo creado en la toma y reconstrucción de imágenes y este proceso sistema está destinado a permitir:

- La correcta ubicación de la zona de estudio
- Verificar si se utilizó la técnica adecuada para la zona anatómica específica.
- Calibrar factores o parámetros de calidad como brillo y contraste.
- Cambiar la posición inicial de la imagen digital.
- Incluir en una placa radiográfica más de una imagen.

Cada una de las características anteriormente mencionadas permitirá mejorar la calidad de imagen, tanto en visualización como en caracterización de anomalías de alguna estructura anatómica interna del cuerpo humano.

### **1.4 Sistema de reconstrucción de imágenes.**

La información recogida en un examen radiográfico se almacena en forma de píxeles (unidad más pequeña que se encuentra en las imágenes hechas por mapas de bits), los píxeles presentan tres características esenciales:

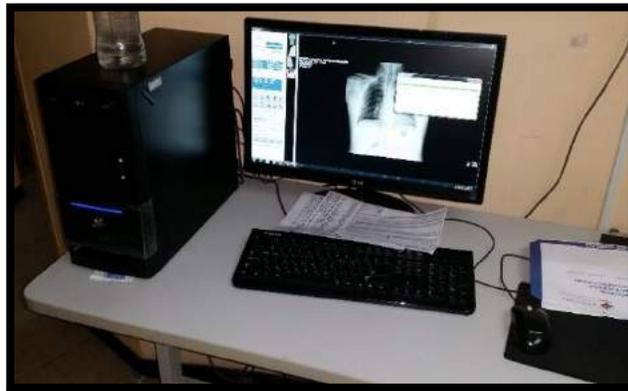
- Forma cuadrada
- Posición relativa al resto de píxeles

- Profundidad de color

**Nota:** Las imágenes vectoriales se forman utilizando vectores y son usadas comúnmente para evitar defectos en la imagen y pérdidas de información en imágenes compuestas por líneas o figuras planas.

La zona donde se procesa las imágenes es llamada también estación de visualización, la cual se destaca por tener un CPU de mayor potencia, es decir, la capacidad de memoria RAM es más grande por lo cual su costo será superior. Las partes de este sistema de reconstrucción de imágenes son:

- El monitor de alta resolución
- Periféricos (mouse, teclado, impresora de imágenes)
- Software de visualización y gestión de imágenes



**Fotografía 1-1.** PC, teclado y mouse del sistema TITAN 2000-M.

**Fuente:** HGPDR



**Fotografía 2-1.** Impresora del sistema TITAN 2000-M.

**Fuente:** HGPDR

La impresora es una parte esencial para el sistema de reconstrucción de imágenes digitales, porque es el lugar donde se obtiene una copia de la placa radiográfica como resultado del proceso de digitalización.

En el Hospital General Provincial Docente Riobamba utiliza la impresora FUJIFILM DRY-TIX Smart la cual se encuentra anexa al sistema de rayos X TITAN 2000-M. Esta impresora presenta las siguientes características:

- Alta Productividad: se puede imprimir hasta 80 radiografías en una hora.
- Dos charolas receptoras: para poder introducir 2 clases de películas radiográficas.
- Película medica seca: contribuye a obtener radiografías nítidas, el resultado final es similar al que se hace con un proceso húmedo.
- Sistema ECO-DRY: no perjudica a la salud de los operarios o al medio ambiente.
- Alta resolución y máxima densidad: es un sistema genial para exámenes de mastografía.
- Motor de procesamiento de imagen el cual genera imágenes de alta calidad: este sistema utiliza interpolación de la información de la imagen para generar alta calidad en la imagen.
- Control de calidad: el sistema permite realizar ajustes para mejorar la impresión de la placa.

## **CAPÍTULO II.**

### **2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Se ejecutará el proyecto mediante el apoyo del método científico específicamente empleando el método inductivo (priorizando la observación y experimentación con el sistema) para describir cualidades del protocolo.

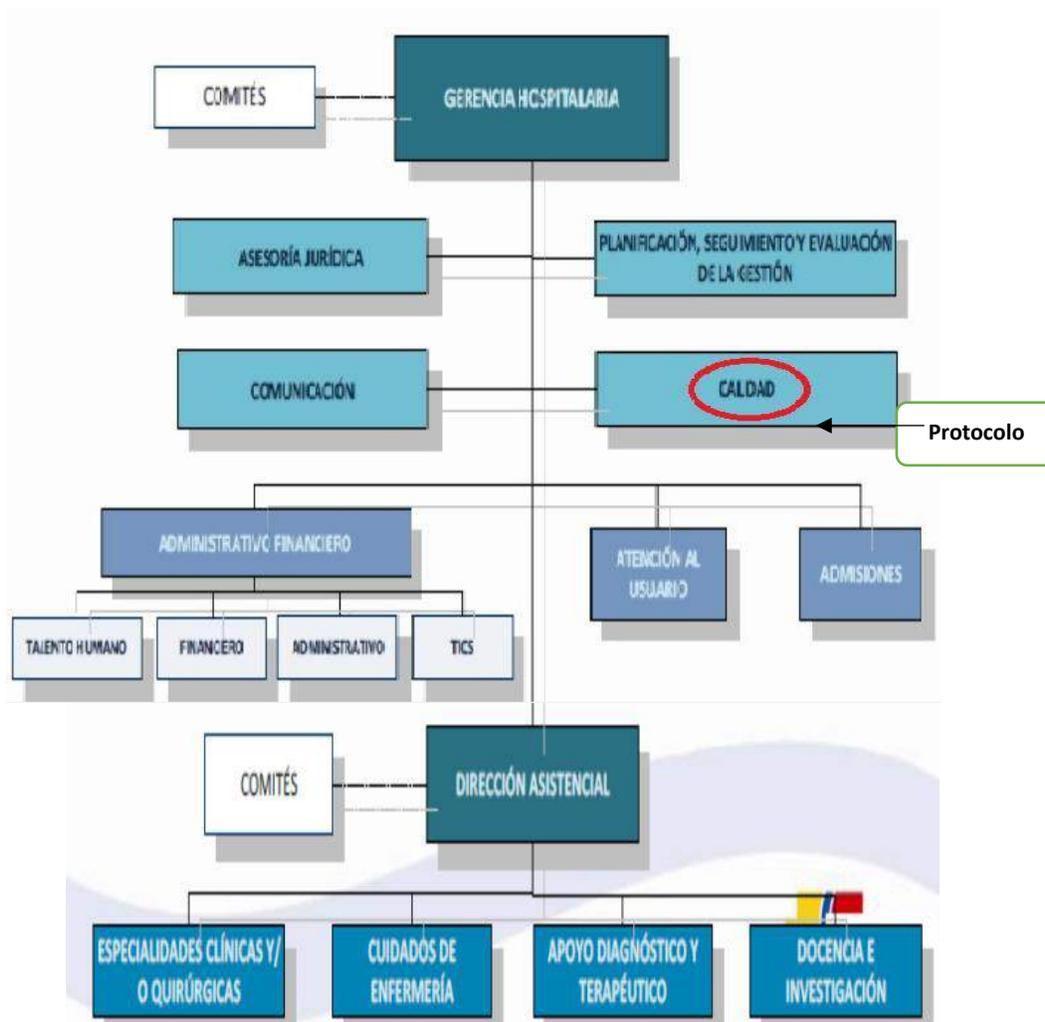
Este protocolo presenta información del funcionamiento eléctrico y mecánico, con ello se evalúa el nivel de eficiencia del sistema radiográfico, al mismo tiempo se controla la radiación existente en el área que es producida por los equipos, mediante pruebas y análisis dosimétricos que evalúan el nivel de protección radiológica que existe en el Hospital. Los parámetros evaluados como la eficiencia del sistema radiográfico conjuntamente con la protección tanto del personal como de los pacientes de la unidad estarán aseguradas y se cumplirán las condiciones impuestas por el organismo regulador.

Las pruebas del protocolo se han dividido en dos grupos: pruebas fundamentales y pruebas complementarias, para esto hay que tener en cuenta la protección radiológica del área de Imagenología como factor principal a considerar y las pruebas dosimétricas serían consideradas como las más importantes en cuanto al factor de radiación.

Para obtener el presente Protocolo de control de calidad para el equipo de radiodiagnóstico se realizó la revisión de una serie de Protocolos Internacionales, Manuales de control de calidad y diferentes Normas tanto nivel nacional como internacional. Entre los documentos más relevantes podemos mencionar: Protocolo de Calidad de equipos de radiografía (Guía técnica CCEM GT-07), Protocolo Español de Control de Calidad en radiodiagnóstico (SEFM-SEPR 2002 Revisión 1), Protocolo

Español de Control de Calidad en radiodiagnóstico (SEFM-SEPR 2002 Revisión 2011), Manual de Protección Radiológica en radiodiagnóstico de Miguel Alcaraz Baños y Presentación sobre Criterios de calidad en radiodiagnóstico (Programa de garantía de calidad – Control de calidad de equipamiento) de Pedro Ruiz Manzano.

Hay tres aspectos esenciales a evaluar en este Protocolo de control de calidad, el más importante es el correcto funcionamiento del sistema de radiodiagnóstico, después es la protección a la radiación tanto al personal que opera el equipo como para los pacientes y el último es la evaluación de la parte eléctrica y mecánica del sistema de radiodiagnóstico. Según los parámetros a tener en cuenta al final se evalúa el rendimiento de la unidad radiográfica en conjunto determinando su eficacia.



**Figura 1-2.** Diagrama funcional del Hospital Provincial General Docente Riobamba.

Fuente: HPGDR

El equipo de rayos X TITAN 2000-M actual está diseñado para detectar de una forma eficiente las patologías presentes en el organismo del ser humano, está compuesto por un tubo de rayos X de Tungsteno para obtener una mejor resolución de imágenes.

## **2.1 Alcance**

- Este Protocolo de Calidad se lo puede aplicar en equipos de rayos X existentes en el Hospital Provincial General Docente Riobamba, específicamente para unidades de rayos X TITAN disponibles en el hospital.

## **2.2 Responsabilidades**

- **Directora:** Proporciona el personal necesario para el mantenimiento e implementaciones para el equipo TITAN 2000-M.
- **Jefe de área:** Controla el correcto funcionamiento del equipo la unidad radiográfica.
- **Tecnólogos Médicos:** Encargados de realizar los exámenes con el equipo de rayos X TITAN 2000-M.
- **Doctoras Radiólogas:** Encargadas de informar cada uno de los estudios radiográficos.
- **Tesista:** Implementa el Protocolo de control de calidad para el sistema radiográfico.

A continuación se detallan las pruebas que se realizarán al equipo periódicamente para obtener un óptimo funcionamiento.

## 2.3 Protocolo para el sistema Titan 2000-M

### 2.3.1 Pruebas mecánicas

**Prueba 01. Inspección Física de la Instalación.** (Ministerio de Salud Pública, 1998, pp.6-9)

<b>Calificación</b>	Complementaria
<b>Tolerancias</b>	“Todos los movimientos y frenos del equipo deben funcionar correctamente, así como los controles e indicadores del panel de mando del equipo.” (Ministerio de Salud Pública, 1998, pp.6-9)
<b>Material</b>	La vista
<b>Frecuencia</b>	Diaria, antes del comienzo del trabajo.  <b>T. estimado:</b> 5 min. <b>Personal:</b> Técnico.
<b>Observaciones</b>	“Cualquier anomalía que se detecte debe ser informada y solucionada antes de comenzar el trabajo. En caso de que no pueda ser corregida, se solicitará apoyo del personal experto.” (Ministerio de Salud Pública, 1998, pp.6-9)

- Controlar el correcto funcionamiento de la mesa de comandos, es decir, kilovoltaje, miliamperaje y carga.
- Verificar si existe alguna alteración en la parte eléctrica o mecánica del sistema de rayos X.
- Comprobar que el movimiento del brazo sea normal.
- Detectar la presencia de objetos infecciosos en el área de rayos X y se los expulsa a los tachos contenedores de desechos.
- Revelar la presencia de líquidos en el área de rayos X y comunicar al personal de limpieza para dejar el lugar seguro.

**Prueba 02. Perpendicularidad de la mesa al tubo de rayos X.** (Ministerio de Salud Pública, 1998, pp.6-9)

<b>Calificación</b>	Complementaria
<b>Tolerancias</b>	Diferencia entre centros: <2% DFM
<b>Material</b>	Cinta adhesiva, cinta métrica o regla graduada.
<b>Frecuencia</b>	“Semestral, inicial, posterior a cambios realizados o reparación que afecte este parámetro.”
	<b>T. estimado:</b> 10 min. <b>Personal:</b> Técnico.
<b>Observaciones</b>	“El centro del campo luminoso debe permanecer en el mismo lugar, o la diferencia entre las marcas de los centros debe estar dentro del margen de tolerancia establecida.” (Ministerio de Salud Pública, 1998, pp.6-9)

- Situar el tubo de rayos X a 1 m de distancia sobre el centro de la mesa radiológica (DFM).
- Ajustar la posición de modo que el centro luminoso se encuentre cerca de la línea media de la mesa.
- Marcar sobre la mesa radiológica el centro del campo luminoso para este proceso se utiliza la cinta adhesiva.
- Desplazar el tubo arriba hasta el tope de la columna. Anote la distancia y marque sobre la cinta el desplazamiento del centro del campo luminoso.
- Medir la diferencia entre ambas marcas y determine el porcentaje con respecto a la DFM = 1m. Además describa hacia que cuadrante ocurre el corrimiento.
- Repetir los pasos del 1 al 5 en los extremos de la mesa.

**Prueba 03. Tamaño mínimo del campo.** (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

<b>Calificación</b>	Complementaria
<b>Tolerancias</b>	“A título indicativo: Longitud $\leq 5$ cm, anchura $\leq 5$ cm a 100 cm de la distancia foco-detector de imagen.” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)
<b>Material</b>	Regla
<b>Frecuencia</b>	Inicial, después de producirse algún cambio.  <b>T. estimado:</b> 5 min. <b>Personal:</b> Técnico.
<b>Observaciones</b>	“Puede llevarse a cabo mediante una doble exposición sobre un sistema de imagen, la primera con uno de los diafragmas completamente abierto y el perpendicular completamente cerrado, y la segunda, invirtiendo el estado de los diafragmas. Este parámetro asegura la posibilidad de reducir el campo al tamaño mínimo imprescindible compatible con las necesidades de la exploración.” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

- Medir con una cinta métrica o regla graduada exactamente la longitud máxima del campo del sistema radiográfico.
- Determinar la longitud mínima del campo.
- Realizar una exposición radiográfica en cada caso.
- Comparar las exposiciones realizadas para corroborar que el tamaño del campo se puede disminuir.
- Describir el correcto o inadecuado funcionamiento del tamaño del campo mínimo para distintas exploraciones.

**Prueba 04. Definición del campo luminoso.** (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

<b>Calificación</b>	Complementaria
<b>Tolerancias</b>	“Simetría: La diferencia entre las distancias desde el centro de la cruceta a cada uno de los bordes debe ser inferior a 1 cm (para una distancia al foco de 1 m), verificando ambas direcciones.” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)  Iluminación: por encima de la iluminación ambiente.
<b>Material</b>	Regla, luxómetro.
<b>Frecuencia</b>	Anual/Inicial, después de producirse algún cambio.  <b>T. estimado:</b> 20 min. <b>Personal:</b> Técnico.
<b>Antecedentes</b>	IPEM, 2005.
<b>Observaciones</b>	“La iluminación producida por el campo luminoso puede comprobarse visualmente dado que en definitiva lo que se pretende es verificar que el campo luminoso es claramente distinguible desde la posición del operador y con la luz ambiente habitual. En casos especiales, no suelen considerarse satisfactorios valores de iluminación inferiores a 50 lux, medidos en la posición del campo de entrada y con la luz ambiental apagada.” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

- Encender el campo luminoso producido por el sistema radiográfico.
- Comprobar que el campo luminoso generado por el sistema es mayor a la iluminación del ambiente.
- Determinar la distancia entre el campo luminoso y el generador del mismo.
- Medir mediante el uso de un fotómetro la cantidad de intensidad luminosa a diferentes distancias del generador luminoso.
- Establecer si el campo luminoso producido sea superior a 50 Lux, para determinar una correcta ubicación de los equipos.

**Prueba 05. Exactitud de la tensión.** (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

<b>Calificación</b>	Fundamental
<b>Tolerancias</b>	“Exactitud: Desviaciones con respecto al valor $< \pm 10 \%$ .” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)
<b>Material</b>	KiloVoltímetro, Multímetro.
<b>Frecuencia</b>	Anual/Inicial, después de producirse algún cambio. <b>T. estimado:</b> 10 min. <b>Personal:</b> Especialista.
<b>Antecedentes</b>	Hendee, 1985; Moores, 1987; Zamora, 2006; IPEM, 2005.
<b>Observaciones</b>	“Se recomienda medir en intervalos de 10 o 15 kV para una intensidad de corriente y un tiempo fijos y se deberá verificar la exactitud de un valor fijo de la tensión al variar la intensidad de corriente y/o la carga del tubo. En los equipos fluoroscópicos, este parámetro se deberá controlar tanto en grafía como en escopia.” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

- Encender el sistema de radiodiagnóstico.
- Fijar valores de intensidad y carga durante las mediciones, ejemplo valores fijos para un estudio de tórax.
- Poner el Kilovoltímetro en la zona del disparo de rayos X.
- El kilovoltaje del sistema inicia en 65 KVp, y se va aumentando de 20 en 20 KVp.
- Anotar los valores medidos con el Kilovoltímetro.
- Comparar los valores suministrados por el sistema con los valores obtenidos por el Kilovoltímetro.
- Determinar el porcentaje de error con el que funciona el equipo de radiodiagnóstico.

**Prueba 06. Repetición y reproducción de la tensión.** (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

<b>Calificación</b>	Fundamental
<b>Tolerancias</b>	Repetición: Coeficiente de variación < 5 %. (SEFM, et al., 2011: pp.43-50) Reproducción: Coeficiente de variación < 10 %. (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)
<b>Material</b>	Kilovoltímetro, Multímetro.
<b>Frecuencia</b>	Anual/Inicial, después de producirse algún cambio.  <b>T. estimado:</b> 60 min. <b>Personal:</b> Especialista.
<b>Antecedentes</b>	Hendee, 1985; Moores, 1987; Zamora, 2006; IPEM, 2005.
<b>Observaciones</b>	“La repetición se realizará, al menos, con 5 medidas. La reproducción se medirá para un valor fijo de la tensión y se variará la corriente y/o la carga. En los equipos fluoroscópicos, este parámetro se deberá controlar tanto en gráfica como en escopía.” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

- Encender el sistema de radiodiagnóstico.
- Mediante el uso del Kilovoltímetro evaluar la repetición de la tensión del equipo.
- Evaluar correctamente la repetición del voltaje suministrado por tanto realizar 5 medidas de la tensión.
- Justipreciar la reproducción de un valor fijo de kilovoltaje y cambiar valores de miliamperaje y carga.
- Realizar al menos 5 veces el mismo para verificar la correcta reproducción del voltaje.
- Determinar el estado de funcionamiento del sistema, es decir, el porcentaje de error para repetición y reproducción del kilovoltaje.

**Prueba 07. Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades.** (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

**Calificación** Fundamental

**Tolerancias** “Ajuste del CAE: 1,1-1,5 DO, con la tensión media de uso en la sala (80 kV para sistemas no dedicados exclusivamente a tórax y 120 kV para los dedicados sólo a tórax) y un espesor equivalente al abdomen de un adulto (20 cm de agua o de PMMA).” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

Repetibilidad: Coeficiente de variación < 10 % tanto para el intervalo de densidades ópticas como de exposiciones.

**Material** Espesor equivalente paciente, película, chasis y máscaras de plomo.

**Frecuencia** Anual/Inicial, después de producirse algún cambio.

**T. estimado:** 15 min.                    **Personal:** Especialista.

**Antecedentes** Moores, 1987; IPEM, 2005.

**Observaciones** “La medida de la repetibilidad se realizará con la cámara central.” (SEFM, et al., 2011: pp.43-50)

- Colocar un espesor que sea igual al espesor de un paciente aproximadamente 20 cm.
- Ajustar el sistema radiográfico a 80 Kvp, el miliamperaje y la carga que sean comunes para un estudio de tórax.
- Colocar el chasis para realizar el disparo de rayos X.
- Colocar el CAE (Control Automático de Exposición) en un valor entre 1.1 y 1.5 DO (Densidades Ópticas).
- Verificar el grado de ennegrecimiento de la placa radiográfica a la densidad seleccionada en el sistema.

**Prueba 08. Detección y medida de la radiación de fuga.** (Alonso Díaz , et al., 2002: pp.33-37)

<b>Calificación</b>	Fundamental
<b>Tolerancias</b>	“Menor a 1 mGy en 1 h a 1 m del foco, a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora, y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm <sup>2</sup> .” (Alonso Díaz , et al., 2002: pp.33-37)
<b>Material</b>	Detector de Tasa de dosis de lectura directa. DOSE RAE.  PRM-1200.
<b>Frecuencia</b>	Inicial, después de producirse algún cambio.  <b>T. estimado:</b> 30 min. <b>Personal:</b> Experto.
<b>Antecedentes</b>	UNE, 1975.
<b>Observaciones</b>	“Se considera complementario en el contexto del control de calidad si bien es esencial en protección radiológica.” (Alonso Díaz , et al., 2002: pp.33-37)

- Colocar el detector de tasa de dosis en la parte lateral del tubo de rayos X, se mantiene unido al tubo de rayos X mediante cinta adhesiva.
- Mantener el detector aproximadamente un minuto.
- Obtener un valor en un minuto y se anota para un posterior cálculo.
- Posicionar el detector de tasa de dosis y se lo deja por una hora.
- Anotar el valor obtenido para después compararlo con el valor obtenido en un minuto.
- Colocar el detector de forma paralela al tubo de rayos X a la misma altura del tubo de rayos X.
- Conservar en esa posición el detector durante un minuto.
- Determinar la cantidad de radiación a un metro de distancia y comparar con la tolerancia permitida.

### 2.3.2 Pruebas eléctricas

#### Prueba 09. Evaluación de la tensión suministrada al equipo.

<b>Calificación</b>	Fundamental
<b>Tolerancias</b>	“Voltaje de ingreso al equipo entre 200 a 240 voltios de corriente alterna. Variación de aproximadamente el 10 % para el intervalo de voltaje de ingreso.”
<b>Material</b>	Multímetro, específicamente voltímetro.
<b>Frecuencia</b>	Bimensual/Inicial, después de producirse algún cambio. <b>T. estimado:</b> 10 min. <b>Personal:</b> Técnico.
<b>Antecedentes</b>	IPEM, 2005.
<b>Observaciones</b>	“La medida del voltaje no debe variar en el porcentaje establecido 10% para evitar daños en el equipo. Realizar por lo menos 3 veces la medida en intervalos de 2 minutos para aumentar la precisión.”

- Encender el multímetro, y fijar en la escala para medir el voltaje de corriente alterna.
- Fijar la escala del multímetro en la escala de 200 a 700 VAC.
- Conectar el multímetro de forma paralela a los cables de alimentación que ingresan al equipo.
- Realizar 3 medidas en un día.
- Relacionar las medidas obtenidas y calcular el porcentaje de precisión de la tensión que ingresa al sistema.
- Obtener el porcentaje de error de la tensión suministrada.

## Prueba 10. Inspección visual de la instalación eléctrica.

<b>Calificación</b>	Fundamental
<b>Tolerancias</b>	Cables de alimentación en estado funcional.  Valoración de la seguridad eléctrica >90%.  Chispas o cortocircuitos <1%.
<b>Material</b>	La vista.
<b>Frecuencia</b>	Diaria/Inicial, después de producirse algún cambio.  <b>T. estimado:</b> 3 min. <b>Personal:</b> Técnico.
<b>Antecedentes</b>	IPEM, 2005.
<b>Observaciones</b>	La seguridad eléctrica es un aspecto que se revisa todos los días para evitar alteraciones eléctricas.  Realizar exhaustivas revisiones en sectores donde estén conectados equipos con gran necesidad eléctrica.

- Controlar el correcto funcionamiento de los cables de alimentación de ingreso al sistema de radiación.
- Verificar visualmente si existen alteraciones en la parte eléctrica, se busca cortocircuitos o la interacción de fluidos con la corriente eléctrica.
- Comprobar la funcionalidad de la tensión de ingreso del sistema radiográfico.
- Detectar la presencia de objetos que interactúen con la corriente.
- Anotar cada alteración encontrada y detallar la posible recomendación para eliminarla.

### 2.3.3 Pruebas dosimétricas

#### Prueba 11. Evaluación de la tasa de dosis del servicio de Imagenología.

<b>Calificación</b>	Fundamental
<b>Tolerancias</b>	Según la norma del organismo regulador no se debe superar los 20 mSv/año para Trabajador Ocupacionalmente Expuesto.  En zona controlada > 6 mSv/año.  En zona vigilada < 6 mSv/año.
<b>Material</b>	Detector de tasa de dosis (DOSE RAE), Contador de partículas (RADEX ONE).
<b>Frecuencia</b>	Semestral/Inicial, después de producirse algún cambio.  <b>T. estimado:</b> 24 - 48 horas. <b>Personal:</b> Especialista.
<b>Antecedentes</b>	
<b>Observaciones</b>	La medida de la tasa de dosis se puede comparar relacionando la tasa de dosis medida en una hora, en un día y en una semana.

- Colocar el detector DOSE RAE detrás vidrio de plomo del equipo de rayos X para medir la tasa de dosis en este sector.
- Almacenar la información obtenida por aproximadamente una hora.
- Ubicar el detector RADEX ONE en la camilla del sistema de radiodiagnóstico y se recolecta la cantidad de radiación en un disparo.
- Instalar el detector RADEX ONE detrás del vidrio de plomo y recolectar la información de una hora.
- Situar el detector RADEX ONE en una sala contigua a la sala de rayos X durante 24 horas y se obtiene la radiación de fondo del área. Realizar cálculos de los datos obtenidos para verificar que no se superan los límites de radiación impuestos por el organismo regulador.

## **Prueba 12. Medición del Radón en el servicio de Imagen.**

<b>Calificación</b>	Complementaria
<b>Tolerancias</b>	Según la norma del organismo regulador. El límite de radón es de 100 Bequerels por metro cúbico. (Berenguer Subils, 2009, p.6)
<b>Material</b>	Detector de Radón: <b>RADON CANARY, SN2100502188.</b>
<b>Frecuencia</b>	Semestral/Inicial, después de producirse algún cambio. <b>T. estimado:</b> 72 horas. <b>Personal:</b> Especialista.
<b>Antecedentes</b>	
<b>Observaciones</b>	Se considera complementaria porque complementa la prueba anterior del cálculo de la tasa de dosis.  La medida del radón es esencial porque es un gas que causa contaminación mediante inhalación.
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar el detector de radón en la sala a examinar.</li><li>• Fijar al detector por 24 horas para que este se calibre y arroje la información adecuada.</li><li>• Obtener y comparar los datos con la norma establecida por el organismo regulador para radón.</li><li>• Anotar el valor y corroborar con la norma, si supera la normativa deben ser inmediatas las recomendaciones para evitar contaminación.</li><li>• Verificar el error de cálculo del equipo, para descartar errores en de medición, realizar más de una medida.</li></ul>

### **Prueba 13. Evaluación de la dosimetría del área.**

<b>Calificación</b>	Complementaria
<b>Tolerancias</b>	Según la norma del organismo regulador no se debe superar los 6 mSv/año para zona vigilada.  Según la norma para una zona controlada la tasa de dosis es $>$ a 6 mSv/año bajo estándares internacionales.
<b>Material</b>	Detector de tasa de dosis de lectura directa (RADEX ONE).
<b>Frecuencia</b>	Anual/Inicial, después de producirse algún cambio.  <b>T. estimado:</b> 30 minutos. <b>Personal:</b> Especialista.
<b>Antecedentes</b>	
<b>Observaciones</b>	Se considera complementaria porque sirve de referencia para los operarios.  Pero en protección radiológica es fundamental para poder poner las medidas de protección necesarias para cada caso.

- Evaluar las fuentes de radiación ionizante que están en el área de Imagenología.
- Calcular con el detector de lectura directa la tasa de dosis en alrededor de dos horas en cada zona de operación.
- Según los datos obtenidos de la radiación ambiental determinar si el área pertenece a una zona controlada  $>$  6 mSv/año o a una zona vigilada  $<$  6 mSv/año.
- Corroborar que la protección radiológica del área sea la adecuada a la zona de trabajo.
- Anotar recomendaciones para mejorar la protección de los operarios.

## 2.4 Documentos generados

- Evaluación de la parte eléctrica del equipo de rayos X TITAN 2000-M
- Evaluación de la parte mecánica del equipo de rayos X TITAN 2000-M
- Evaluación de la parte dosimétrica del equipo de rayos X TITAN 2000-M

## 2.5 Control y evaluación

Este protocolo se debe ejecutarlo aproximadamente cada 6 meses además se realizara una evaluación anual en busca de mejoras para el mismo siendo responsabilidad del Oficial de Protección Radiológica proveniente de una Institución Externa que trabaje junto con el Hospital Provincial General Docente Riobamba.

Mantenimiento Mecánico: Designado (Área de Mantenimiento del HPGDR)

Oficial de Protección Radiológica: Designado (Institución Externa)

Supervisado por: MSc. Néstor Hidalgo

## 2.6 Historial de modificaciones

**Tabla 1-2.** Historial de cambios en el Protocolo de control de calidad.

Revisión	Fecha de modificación	Descripción de la modificación
17/03/2017	24/04/2017	Estructura básica del Protocolo
03/05/2017	11/06/2017	Actualización de responsabilidades y Objetivos del Protocolo
28/07/2017	05/10/2017	Detalles sobre documentos generados del Protocolo

**Realizada por:** Marlon Delgado

## CAPÍTULO III.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Pruebas mecánicas.

##### INSPECCIÓN FÍSICA DE LA INSTALACIÓN.

La instalación de la unidad de radiodiagnóstico fue evaluada durante un periodo de 15 días, las características a inspeccionar son el funcionamiento mecánico del brazo del equipo, el estado de la mesa de radiodiagnóstico y el nivel de deterioro en los cables de alimentación.

El movimiento del brazo mecánico se evaluó directamente de forma manual para ello en cada dirección se desplazó el brazo mecánico mediante los controles automáticos del equipo. La inspección de la mesa de radiodiagnóstico detalló información del buen estado de la misma y no se encontró alguna variación en esta. En la sala de radiografía se buscó la presencia de objetos extraños o líquidos que provoquen accidentes al personal. En la hoja de registro que se ha desarrollado para esta prueba cada parámetro será evaluado como bueno, regular o malo y además se detallan todas las anomalías encontradas en cada sector de diagnóstico. Las alteraciones que perjudiquen la integridad del sistema o del personal serán notificadas directamente al responsable del área.



**Fotografía 1-3.** Mesa de diagnóstico del sistema rayos X.



**HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE RIOBAMBA**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X TITAN 2000-M**

<b>Nombre de la Prueba</b>			<b>VERIFICACIÓN DEL BRAZO DEL EQUIPO DE RAYOS X</b>
<b>ESTADO</b>			<b>INDICACIONES:</b>
MALO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	BUENO <input checked="" type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimiento normal del brazo mediante control automático y control digital.</li> </ul>
<b>Nombre de la Prueba</b>			<b>INSPECCIÓN FÍSICA DE LA MESA DE RADIODIAGNÓSTICO</b>
<b>ESTADO</b>			<b>INDICACIONES:</b>
MALO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input checked="" type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesa de radiodiagnóstico con objetos extraños, específicamente unas bata usada de un paciente y suero fisiológico.</li> </ul>
<b>Nombre de la Prueba</b>			<b>COMPROBACIÓN FÍSICA DE LA SALA DE RADIOGRAFÍA</b>
<b>ESTADO</b>			<b>INDICACIONES:</b>
MALO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input checked="" type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El personal de limpieza olvido en la habitación de rayos X alcohol antiséptico.</li> </ul>
<b>Nombre de la Prueba</b>			<b>CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS CABLES DE ALIMENTACIÓN</b>
<b>ESTADO</b>			<b>INDICACIONES:</b>
MALO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	BUENO <input checked="" type="checkbox"/>	Sin ningún aspecto de alteraciones.

Según esta prueba, el cableado del sistema y el brazo del equipo no presento problemas en el periodo de prueba mientras las anomalías ya están nombradas.



**Fotografía 2-3.** Unidad TITAN 2000-M, con presencia de objetos extraños.

<b>FECHA:</b> 2017 /05 /03	<b>RESPONSABLE:</b> Lester Aguirre
-------------------------------	---------------------------------------

## PERPENDICULARIDAD DE LA MESA AL TUBO DE RAYOS X.

Esta prueba se realizó en el mes de Mayo y Noviembre, evalúa el error del sistema mecánico del tubo de rayos X a dos alturas diferentes, la primera distancia se encuentra a 70 centímetros de la mesa radiográfica, y se ubica el área de haz de iluminación mientras tanto la segunda distancia está ubicada a un metro con otra área de iluminación, lo siguiente es determinar la distancia entre el centro de la primera y la segunda distancia.

En el registro de la prueba se detalló el lugar de la prueba porque este control se puede realizar tanto en los extremos como en el centro de la mesa radiográfica, en la parte final se describe el recorrido, hacia que cuadrante se desplaza el centro del haz luminoso y se determina el error entre el centro del haz de iluminación entre dos distancias distintas.

	<b>HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE RIOBAMBA</b>	
	<b>RIOBAMBA – ECUADOR</b>	
CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X TITAN 2000-M		
<b>Lugar de la Prueba</b>		<b>CENTRO DE LA MESA RADIOGRÁFICA</b>
<b>ESTADO</b>		<b>OBSERVACIONES:</b> Recorrido: 1 cm al cuadrante inferior derecho.
IZQUIERDA <input type="checkbox"/>	CENTRO <input checked="" type="checkbox"/>	

- Haz de iluminación: 20 cm x 20 cm = 400 cm<sup>2</sup>
- Distancia final: 1 metro
- Distancia inicial: 0.7 metros

**Ecuación 1-3.** Porcentaje de error entre la mesa y el tubo de rayos X.

$$\% \text{ de error} = \frac{\text{distancia recorrida} \times 100}{\text{distancia inicial}} = \frac{1 \text{ cm} \times 100}{70 \text{ cm}} = 1.43\%$$

**Realizada por:** Marlon Delgado

El porcentaje de error entre el centro haz de iluminación a 1 metro de distancia y el centro de iluminación a 0.7 metros es de 1.43%.



**Fotografía 3-3.** Prueba de centrado en el lado izquierdo mes de Mayo 2017.

Lugar de la Prueba		EXTREMO IZQUIERDO DE LA MESA RADIOGRÁFICA	
ESTADO			OBSERVACIONES:
IZQUIERDA <input checked="" type="checkbox"/>	CENTRO <input type="checkbox"/>	DERECHA <input type="checkbox"/>	Recorrido: 2 cm al cuadrante inferior derecho.

- Haz de iluminación: 20 cm x 20 cm = 400 cm<sup>2</sup>
- Distancia final: 1 metro
- Distancia inicial: 0.7 metros

Usando la ecuación 3.1 deducimos el error a continuación:

$$\% \text{ de error} = \frac{\text{distancia recorrida} \times 100}{\text{distancia inicial}} = \frac{2 \text{ cm} \times 100}{70 \text{ cm}} = 2.86\%$$

El porcentaje de error entre el centro haz de iluminación a 1 metro de distancia y el centro de iluminación a 0.7 metros es de 2.86%. Siendo el sector con el error más considerable de esta prueba mecánica.

Según las características de centrado, el error más grande se encuentra en el lado izquierdo de la mesa.



**Fotografía 4-3.** Prueba de centrado en el centro de la mesa mes de Noviembre 2017.

Lugar de la Prueba		EXTREMO DERECHO DE LA MESA RADIOGRÁFICA	
ESTADO			OBSERVACIONES:
IZQUIERDA <input type="checkbox"/>	CENTRO <input type="checkbox"/>	DERECHA <input checked="" type="checkbox"/>	Recorrido: 0.5 cm al cuadrante inferior derecho.

- Haz de iluminación: 20 cm x 20 cm = 400 cm<sup>2</sup>
- Distancia final: 1 metro
- Distancia inicial: 0.7 metros

Usando la ecuación 3.1 tenemos que:

$$\% \text{ de error} = \frac{\text{distancia recorrida} \times 100}{\text{distancia inicial}} = \frac{0.5 \text{ cm} \times 100}{70 \text{ cm}} = 0.71\%$$

El porcentaje de error entre el centro haz de iluminación a 1 metro de distancia y el centro de iluminación a 0.7 metros es de 0.71%. Indicativo que en la parte con menor tendencia de error en cuanto al centrado del haz de iluminación.



**Fotografía 5-3.** Prueba de centrado en el lado derecho mes de Mayo 2017.

**Fuente:** HGPDR

<b>FECHA:</b> 2017 /05 /17 – 2017 /11 /02	<b>RESPONSABLE:</b> Mireya Escobar
--	---------------------------------------

## TAMAÑO MÍNIMO DEL CAMPO.

El tamaño mínimo del campo se evaluó en el mes de Junio y Diciembre, la meta de este test es analizar que tanto el tamaño máximo de radiación como el tamaño mínimo se encuentren totalmente alineados con el campo de iluminación producido por el sistema de radiación.

En esta prueba se ubicó objetos en los extremos del campo de iluminación sin llegar al final de los bordes y mediante un disparo radiográfico se comprobó si existe una correcta alineación entre el campo de radiación y el de iluminación.

Después se realizó una comparación entre los campos de radiación para verificar en que campo existe error, a continuación, se detalla la información encontrada en cada radiografía.

Este examen pronosticó la mala alineación entre los haces de iluminación y radiación del sistema, a continuación, se anotó el error máximo encontrado al momento de realizar el test de evaluación y se describió que campo es más propenso a generar errores cuando se realice una radiografía.

**Ecuación 2-3.** Porcentaje de falla en el campo de iluminación-radiación.

$$\% \text{ de falla} = \frac{\text{área del campo mínimo}}{\text{área de desviación}}$$

**Realizado por:** Marlon Delgado

*Primer test:*

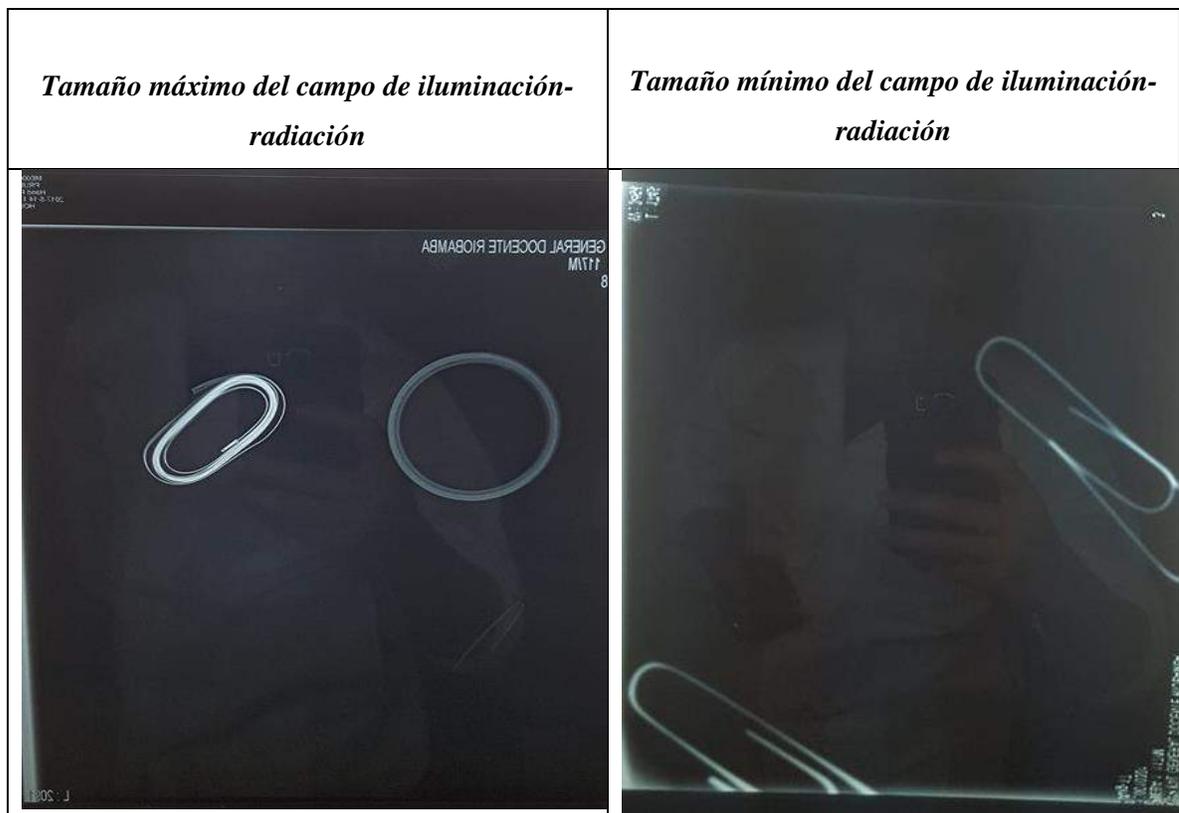
$$\% \text{ de falla} = \frac{\text{área del campo mínimo}}{\text{área de desviación}} = \frac{18 \text{ cm}^2}{2 \text{ cm}^2}$$

$$\% \text{ de falla} = 9$$

*Segundo test:*

$$\% \text{ de falla} = \frac{\text{área del campo mínimo}}{\text{área de desviación}} = \frac{16 \text{ cm}^2}{1.5 \text{ cm}^2}$$

$$\% \text{ de falla} = 10.6$$



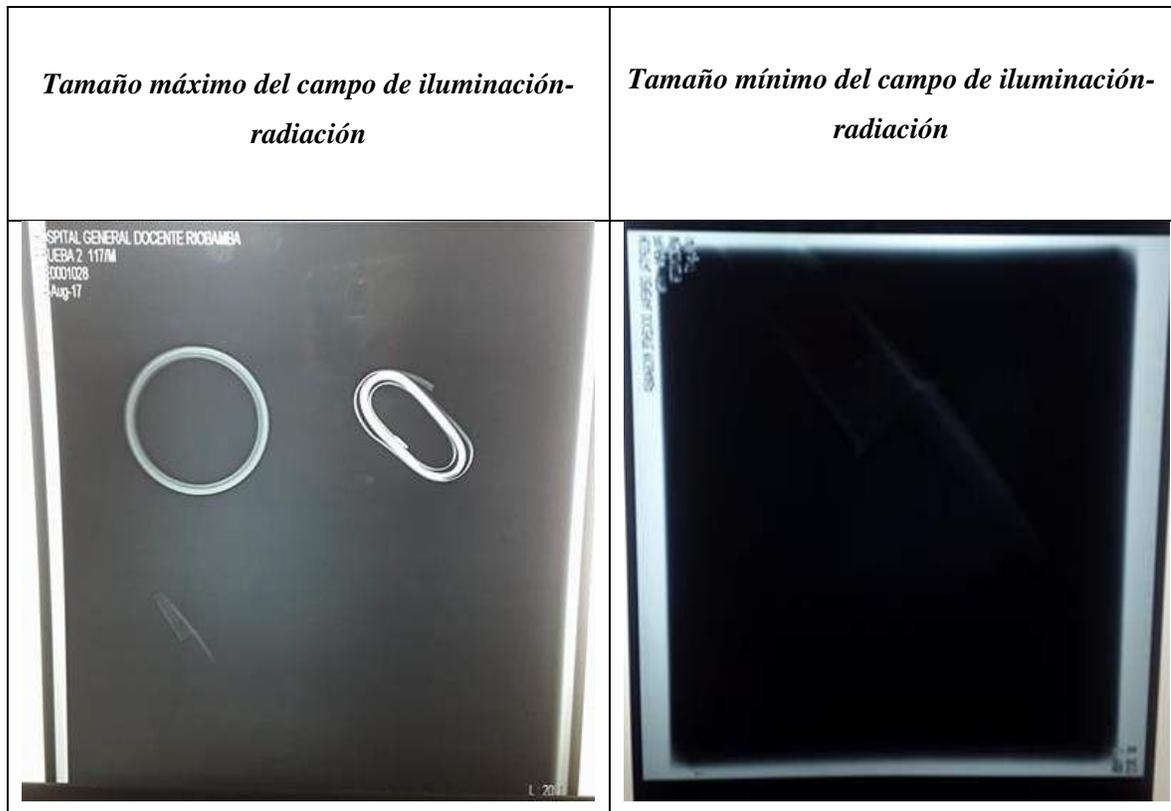
**Fotografía 6-3.** Tamaño del campo de radiación mes de Junio 2017.

En la fotografía 6-3 la parte del tamaño máximo observamos que no hay ningún problema entre el campo máximo de iluminación y el campo de radiación, porque todos los objetos se pueden ver en la radiografía.

En la fotografía 6-3 en el tamaño mínimo se observa que existe un rango de error en la parte inferior y superior derecha de la imagen aproximadamente 2 cm, por tanto según la tolerancia se encuentra en el rango de funcionamiento normal.

Como el tamaño del campo mínimo es de aproximadamente 18 cm<sup>2</sup> el error es del 9 %, por lo que se encuentra dentro del rango funcional, por esta falla a veces se repite el estudio.

FECHA: 2017 /06 /26	RESPONSABLE: Néstor Hidalgo
------------------------	--------------------------------



**Fotografía 7-3.** Tamaño del campo de radiación mes de Diciembre 2017.

La fotografía 7-3 la parte del tamaño máximo observamos que no hay problema entre el campo máximo de iluminación y el campo de radiación, porque los objetos se aprecian de manera adecuada.

En la fotografía 7-3 el tamaño mínimo existe un rango de error en la parte superior y superior de la imagen aproximadamente 1.5 cm, por tanto según la tolerancia el error es normal.

Como el tamaño del campo mínimo es de aproximadamente 16 cm<sup>2</sup> el error es del 10.6 %, se encuentra dentro del rango funcional y a veces se repite el estudio por el error mencionado.

FECHA:  2017 /12 /26	RESPONSABLE:  Néstor Hidalgo
----------------------------	------------------------------------

## DEFINICIÓN DEL CAMPO LUMINOSO.

La definición del campo luminoso fue estudiada y analizada durante el mes de Julio, para encontrar una variedad en los resultados las mediciones fueron realizadas en horario de la mañana y tarde, pero las características fundamentales en la esta prueba siempre fueron positivas por lo cual se comprobó que la definición del campo luminoso del sistema se encuentra en óptimas condiciones.

Para obtener los resultados de este test se utilizó un programa de computadora denominado COBRA 4, en el cual se pueden reflejar características como presión que será medida en hectoPascales, la temperatura en grados centígrados, la humedad es valorada en porcentaje, la intensidad luminosa se describe en Lux y la altura a nivel del mar está dada en metros.

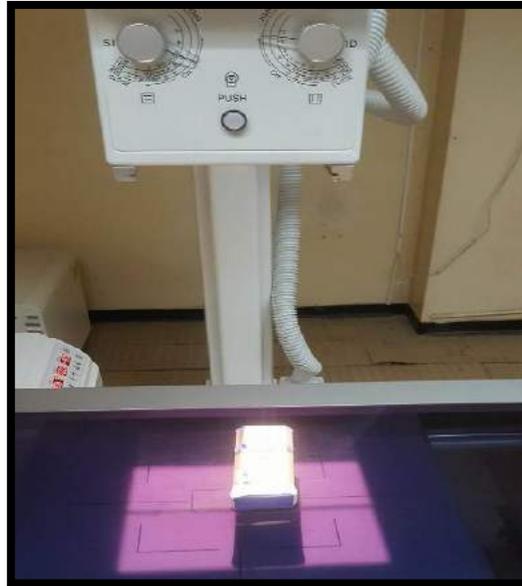
La zona a evaluar es el centro de la camilla por lo que la gran mayoría de los estudios a realizarse son ejecutados aquí. Los parámetros a anotar en esta prueba son la iluminación del medio ambiente, la iluminación producida por el sistema, la distancia entre el sistema de radiodiagnóstico y el detector, además se determina si el campo luminoso es el adecuado.



**HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE RIOBAMBA**

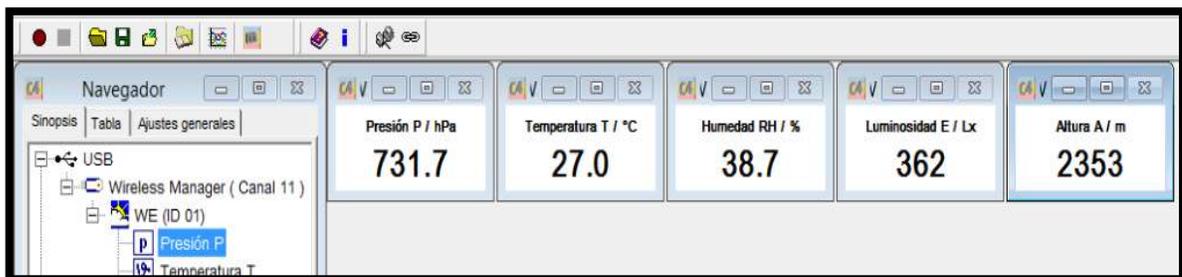
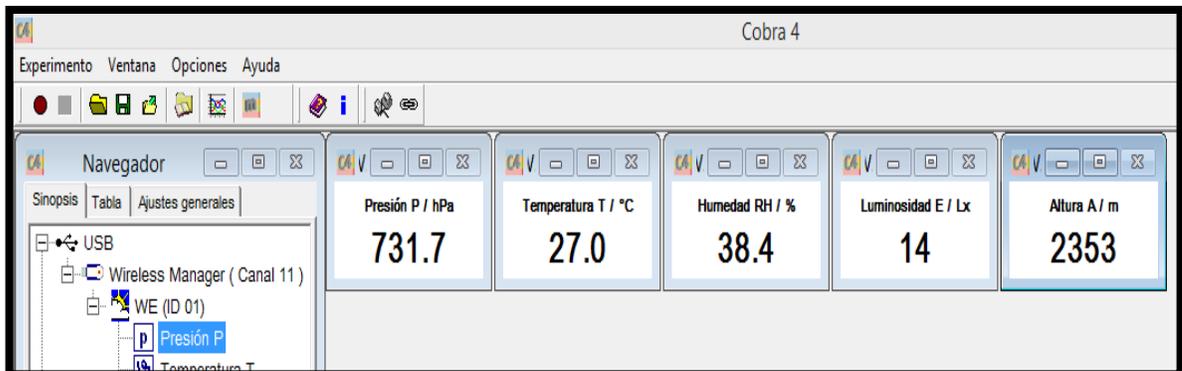
**RIOBAMBA - ECUADOR**

UBICACIÓN DEL SISTEMA		CENTRO DE LA MESA RADIOGRÁFICA	
ZONA		OBSERVACIONES:	
IZQUIERDA <input type="checkbox"/>	CENTRO <input checked="" type="checkbox"/>	DERECHA <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"><li>Iluminación promedio ambiente: 15.8 Lux</li><li>Iluminación promedio del sistema: 263.5 Lux</li><li>Distancia entre la iluminación y el sistema: 70 cm</li><li>Campo luminoso superior a 50 LUX: <b>SI</b></li></ul>

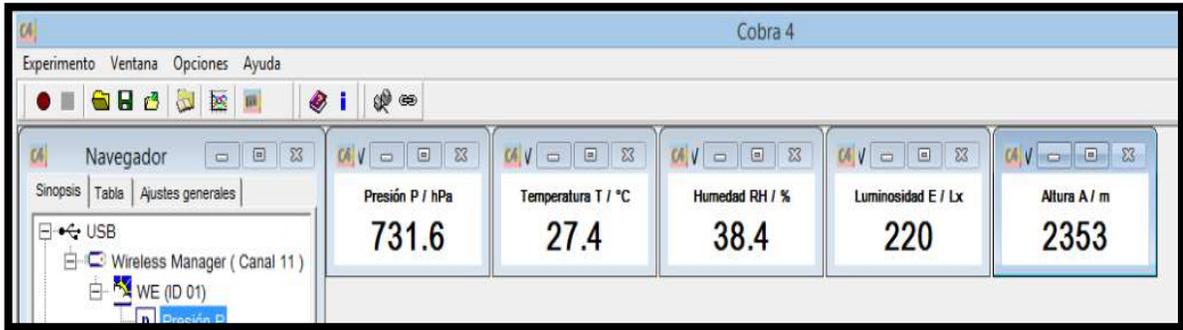
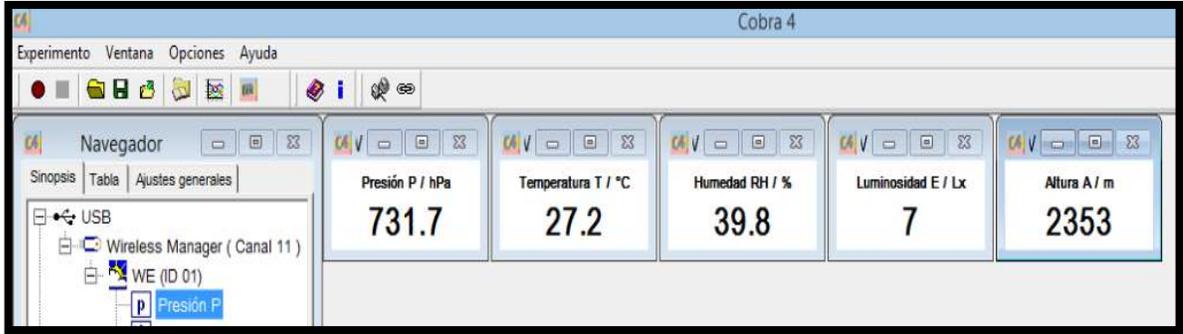


**Fotografía 8-3.** Detector de iluminación. Iluminación ambiente e iluminación del sistema.

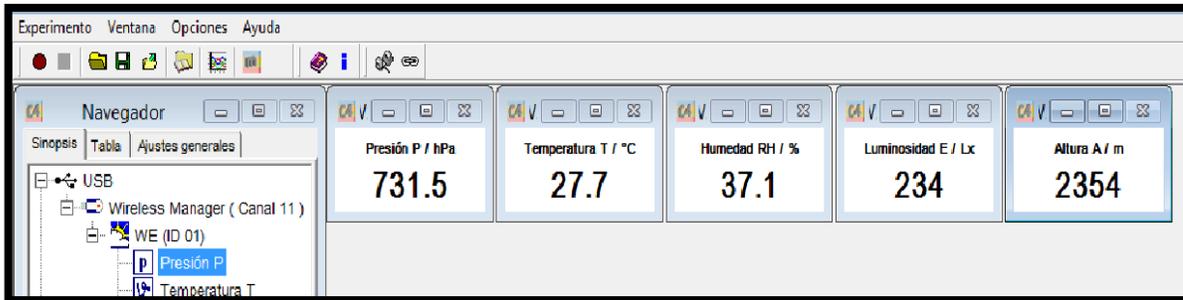
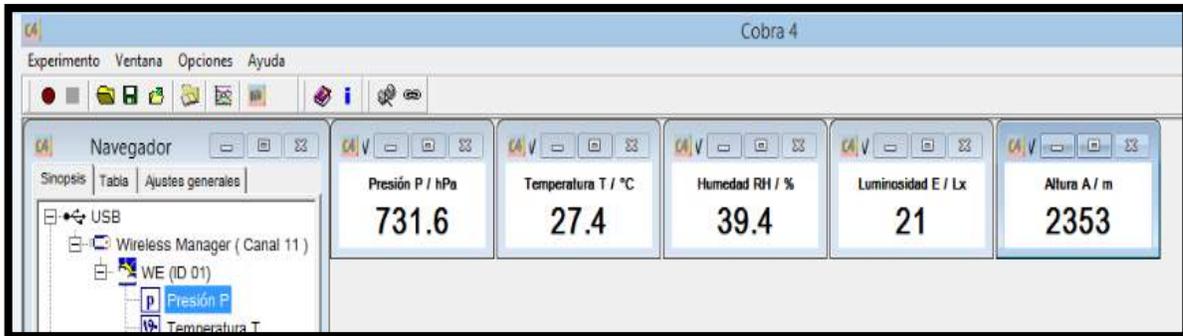
Verificamos la media entre la luminosidad ambiente es mucho menor a la luminosidad producida por el sistema de radiación lo cual es un indicativo que esta parte del equipo se encuentra en adecuado funcionamiento.



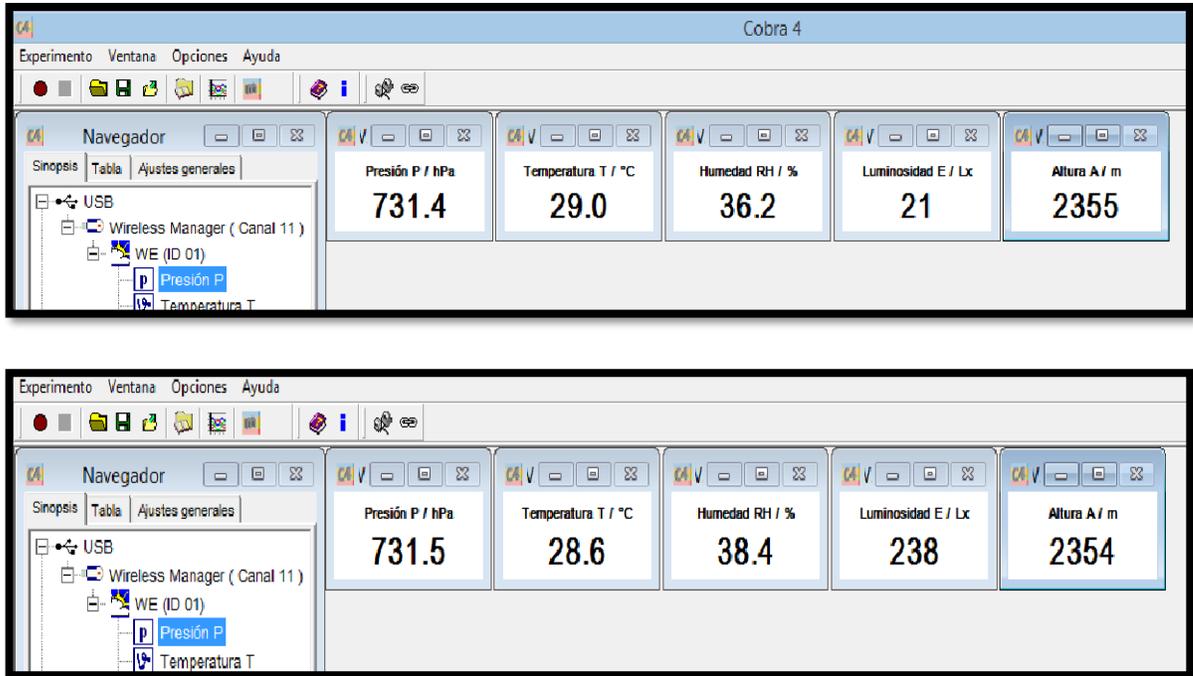
**Figura 1-3.** Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 1.



**Figura 2-3.** Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 2.



**Figura 3-3.** Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 3.



**Figura 4-3.** Cobra 4. Iluminación ambiente y del sistema Julio 2017 semana 4.

**Realizado por:** Marlon Delgado

Las medidas de los distintos parámetros están descritas a continuación.

- Desde la figura 1-3 hasta la 4-3 indican características de las mediciones, estas son la presión en hectoPascales, la temperatura en centígrados, la humedad porcentaje, la luminosidad en Lux y la altura está dada metros.
- Un indicativo fundamental para aprobar que la intensidad de iluminación del sistema es superior a los 50 Lux es la media obtenida de 263.5 Lux en las cuatro semanas de medición, bastante superior al límite de trabajo.
- Esta prueba indicó que la iluminación para esta unidad es la adecuada, por tanto en cuanto a la iluminación no existe ninguna anomalía que perjudique la calidad del sistema.

FECHA: 2017 /07 /03 – 2017 /07 /28	RESPONSABLE: Dayana Cárdenas
---------------------------------------	---------------------------------

## EXACTITUD DE LA TENSIÓN.

La exactitud de la tensión en la unidad de rayos X fue revisada durante un periodo de 24 horas, en este tiempo se llevó una pequeña bitácora englobando principalmente los tres parámetros a considerar: Kilovoltaje, miliamperaje y carga de la unidad.

En esta prueba tenemos un valor de referencia que es proporcionado por el sistema de radiodiagnóstico mientras que el Kilovoltaje medido es proporcionado por el detector kVp/mAs meter en la de escala READY FAST en la cual es esencial usar un miliamperaje entre 10 mA y 50 mA para obtener una mayor precisión de las medidas proporcionadas por el equipo. Siempre antes de realizar un test sobre kilovoltaje se hace un disparo de prueba para corroborar el normal funcionamiento del Kilovoltímetro.

**Tabla 1-3.** Kilovoltaje de referencia versus Kilovoltaje medido.

<i>Parámetro De Referencia En Kilovoltios</i>	<i>Parámetro Medido En Kilovoltios</i>
60 kVp	62.1 kVp
65 kVp	64.9 kVp
80 kVp	78.8 kVp
100 kVp	98.1 kVp
120 kVp	116.8 kVp

**Realizada por:** Marlon Delgado

La tabla 1-3 indica la relación entre el kilovoltaje establecido por el equipo y el medido por el sistema detector, por lo tanto se demuestra que no existe un error superior al 10%, y trabajo bajo la tolerancia permitida.

FECHA: 2017 /07/14	RESPONSABLE: Elva Guzmán
-----------------------	-----------------------------



**Fotografía 9-3.** Detector de kilovoltaje, miliamperaje y carga ECC.

A continuación se detallan los datos obtenidos en un día de prueba, además se detallan los porcentajes de error del conjunto de mediciones.

- Los parámetros como el miliamperaje y la carga que se usó en esta prueba son los valores comunes para un examen convencional de tórax, es decir, miliamperaje de 50 mA y la carga de 5 mAs.
- La tabla 1-3 representa la máxima variación del kilovoltaje es de 3.2 kilovoltios, lo que representa un error de 2.7%. El rango de funcionamiento es aceptable.
- El equipo de radiación tiene un error de pérdida de kilovoltaje a medida que se aumenta el kilovoltaje del sistema.



**Fotografía 10-3.** Medidas de kilovoltaje obtenidas por el detector.

**Realizado por:** Marlon Delgado

## REPETICIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LA TENSIÓN.

Esta prueba al igual que la anterior fue evaluada por un periodo de 24 horas, mediante el uso del Kilovoltímetro kVp/mAs meter, en esta prueba se mantiene constante el kilovoltaje y se varían los otros parámetros es decir varía la carga y el miliamperaje del equipo.

Al igual que en el test anterior se puso en la escala READY FAST, mientras tanto el miliamperaje opera dentro del rango de 10 a 50 mA, a continuación encontramos las características más relevantes del test.

**Tabla 2-3.** Kilovoltaje de referencia versus Kilovoltaje medido.

<i>Miliamperaje</i>	<i>Miliamperaje/Seg (Carga)</i>	<i>Kilovoltaje De Referencia</i>	<i>Kilovoltaje Medido</i>
10 mA	1 mAs	80 kVp	84,2 kVp
20 mA	2 mAs	80 kVp	80,6 kVp
32 mA	3,2 mAs	80 kVp	79,4 kVp
40 mA	4 mAs	80 kVp	78,4 kVp
50 mA	5 mAs	80 kVp	78,5 kVp

**Realizada por:** Marlon Delgado

- La tabla referenciada 2-3 indica que el equipo posee un error en la reproducción del kilovoltaje medido, en este caso no se puede decir que el error producido no es lineal.
- El miliamperaje fue determinado entre 10 y 50 mA porque este es el rango en el cual el detector de kilovoltaje tiene una mayor precisión.
- La carga del sistema fue determinada de manera lineal, es decir es la carga que venía predeterminada para dicho miliamperaje.

En este caso el porcentaje de error en la reproducción del kilovoltaje es de 5 % por lo cual se encuentra del rango normal de operación.



**Fotografía 11-3.** Detector de kilovoltaje. Reproducción del kilovoltaje a 1 metro.

Igual que en la prueba anterior se colocó el detector de kilovoltaje a un metro del tubo de rayos X.



**Fotografía 12-3.** Medidas por repetición de kilovoltaje variando los demás parámetros.

**Realizado por:** Marlon Delgado

FECHA: 2017 /08/04	RESPONSABLE: Mireya Escobar
-----------------------	--------------------------------

## **AJUSTE DEL CAE PARA LA POSICIÓN CENTRAL DEL SELECTOR DE DENSIDADES.**

Esta prueba fue realizada en Abril, las características como el espesor del fantoma, el kilovoltaje usado, el valor del CAE (Control Automático de Exposición) deben ser los valores de un rango ya establecido.

Para corroborar que el grado de ennegrecimiento de una placa radiográfica sea normal, la escala de grises en la placa tiene que ser la misma porque el fantoma tiene la misma densidad en todo su cuerpo. Características relevantes del test realizado.

- La densidad óptica es de 1.25 y la placa tiene un grado de ennegrecimiento normal, es decir, se puede ver la diferencia existente en la escala de grises, pero una parte de la placa de la radiografía es más oscura que el resto.
- Para esta prueba se utilizó un fantoma propio del hospital con un espesor aprox. de 20 cm., en el extremo sureste de la placa radiográfica se aprecia la zona más oscura de la imagen.
- Por tanto, el error está en que la imagen radiográfica debería ser uniforme y en esta prueba se refleja la diferencia en la escala de grises.

	<b>HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE RIOBAMBA</b>	
	<b>RIOBAMBA - ECUADOR</b>	
<b>CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X TITAN 2000-M</b>		
<b>NOMBRE DE LA PRUEBA</b>	<b>CONDICIONES DE LA PRUEBA</b>	
<b>CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>INDICACIONES:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Espesor del fantoma: Aprox. 20 cm</li><li>▪ Kilovoltaje producido: 80 kVp</li><li>▪ Valor del CAE: Entre 1.1 y 1.5 Densidades Ópticas</li><li>▪ El grado de ennegrecimiento es el correcto: <b>SI</b></li></ul>	



**Fotografía 13-3.** Placa de control del CAE Abril semana 1.



**Fotografía 14-3.** Placa de control del CAE Abril semana 2.

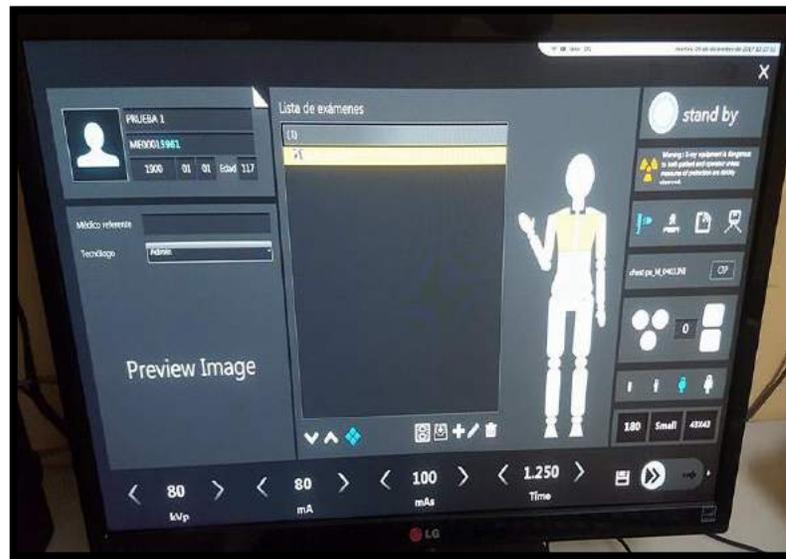


**Fotografía 15-3.** Placa de control del CAE Abril semana 3.



**Fotografía 16-3.** Placa de control del CAE Abril semana 4.

Las figuras 13-3, 14-3, 15-3, 16-3 indican claramente que hay una zona donde la radiación no es homogénea, es decir en una parte de la imagen hay una cantidad de radiación más abundante, lo cual se verá reflejado en la calidad de imagen, pero no es un problema que no se puede corregir porque las imágenes se pueden modificar de manera digital.



**Fotografía 17-3.** Valores específicos para la prueba de CAE.

**Realizado por:** Marlon Delgado

FECHA: 2017/ 04/ 03 -2017/ 04/ 28	RESPONSABLE: Luis Espinoza
--------------------------------------	-------------------------------

## DETECCIÓN Y MEDIDA DE LA RADIACIÓN DE FUGA.

La radiación de fuga se evaluó en el mes de Marzo y Septiembre, para este examen se ubicó el detector de radiación RADEX ONE a un metro de distancia del tubo de rayos X. Posteriormente se ubicó el detector RADEX ONE en la parte anterior del vidrio plomado durante el periodo de una hora para obtener como resultado la dosis absorbida por el personal.

El programa computacional indica la dosis ambiental, la dosis acumulada y las cuentas por minuto, estos resultados se muestran en forma de una tabla y en forma de una gráfica con puntos característicos cada vez que hay un disparo de rayos X.

Las gráficas 1-3 y 2-3 indican tres factores a ser considerados, la línea verde demuestra la tasa de dosis ambiental, la línea amarilla demuestra la dosis acumulada en un intervalo de tiempo y la línea azul enseña las cuentas por minuto que se producen en un tiempo determinado.

En el primer caso la tasa de dosis es de 2 uSv/minuto mientras que la dosis absorbida.

Según la tabla de conversión (Andisco, et al., 2014: pp.116) 1 Sv = 1 Gy por que el factor de ponderación es de 1 en este caso porque se está utilizando radiación gamma, por lo tanto; 1 mSv  $\approx$  1 mGy.

Las gráficas 1-3 y 2-3 en esta prueba indican puntos característicos que aparecen cada vez que hay un disparo de rayos X, por lo cual la tasa de dosis ambiental se mantiene constante hasta que sea despedida una gran cantidad de energía.

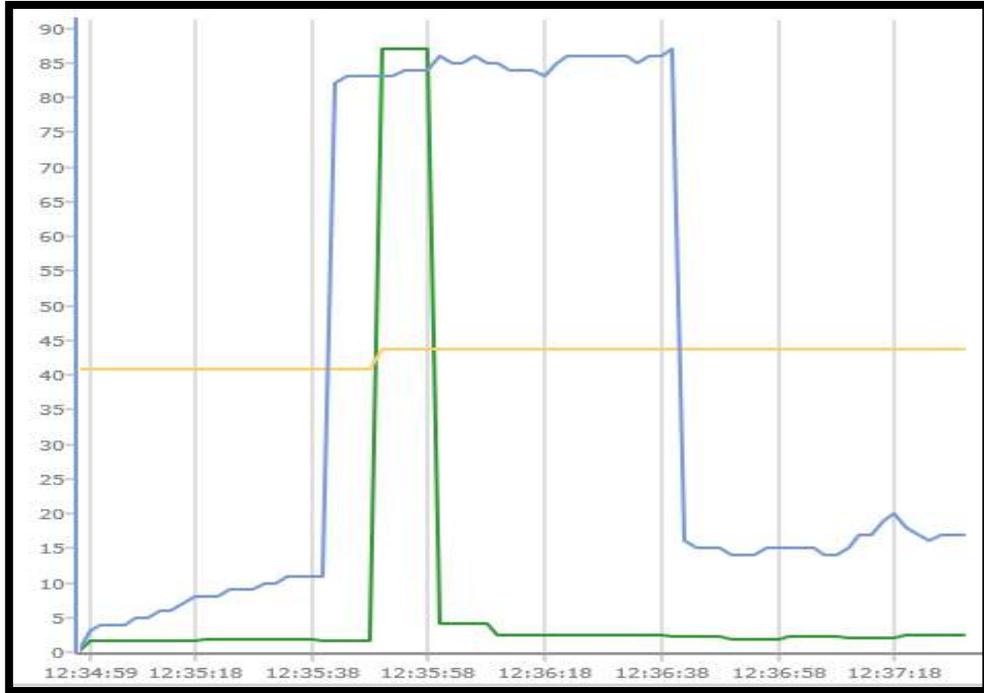
**Ecuación 3-3.** Tasa de dosis en relación a la dosis acumulada y tiempo.

$$D' = \frac{D}{t}$$

**Realizada por:** Marlon Delgado

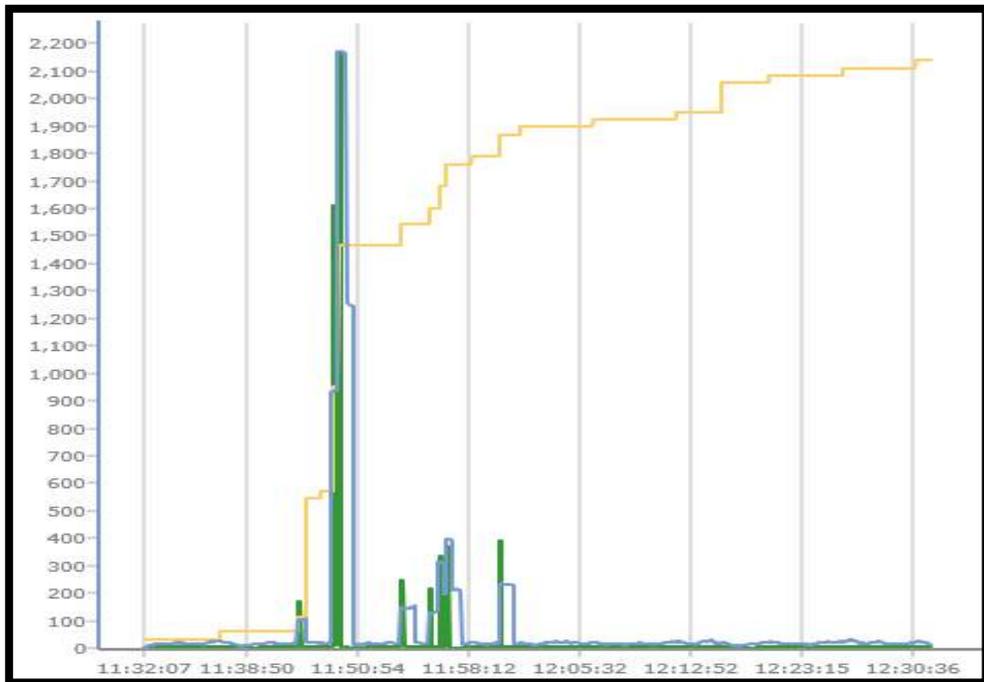
Donde  $D'$  es la tasa de dosis,  $D$  es la dosis acumulada y  $t$  es el intervalo de tiempo de exposición.

FECHA: 2017 /03 /02 – 2017 /09 /12	RESPONSABLE: Néstor Hidalgo
---------------------------------------	--------------------------------



**Gráfica 1-3.** Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Marzo 2017.

Realizado por: Marlon Delgado



**Gráfica 2-3.** Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Marzo 2017.

Realizado por: Marlon Delgado

Para las primeras gráfica 1-3 y 2-3 realizamos la siguiente deducción:

La norma indica que la radiación en 24 horas no puede sobrepasar 24 mGy. A continuación se detallan los detalles de los cálculos:

$$Tasa\ de\ dosis = 2 \frac{\mu Sv}{min}$$

Según la ecuación 3-3 podemos obtener la dosis absorbida en 1 hora es:

$$D' = \frac{D}{t}$$

Dónde: D' = la tasa de dosis, D = dosis absorbida, t = tiempo de exposición.

Despejamos para obtener la dosis absorbida:

$$D = D' \times t$$

$$D = 2 \frac{\mu Sv}{min} \times 60\ min = 120\ \mu Sv$$

El factor resultante lo multiplicamos por el número de horas 24 y tenemos:

$$120\ \mu Sv \times 24 = 2880\ \mu Sv = 2.88\ mSv$$

Según la conversión cuando la fuente de energía es gamma 1 mSv = 1mGy, por tanto se multiplica por un factor de 1.

$$\mathbf{2.88\ mSv = 2.88\ mGy}$$

- El resultado indica 2.88 mGy en un periodo de 24 horas, este valor se encuentra dentro del rango permitido, ya que si recordamos el límite es de 24 mGy.

Aplicamos la misma para la primera gráfica y realizamos la siguiente deducción:

$$Tasa\ de\ dosis = 78 \frac{\mu Sv}{h}$$

Utilizamos la misma fórmula anterior para obtener la dosis acumulada:

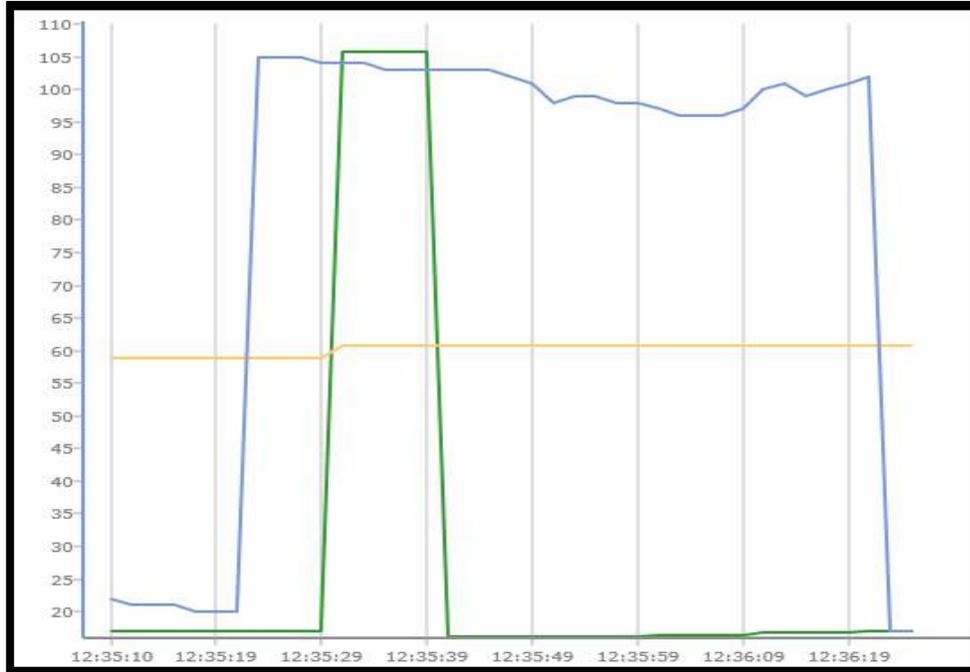
$$D = D' \times t = 78 \frac{\mu Sv}{h} \times 24\ h$$

$$D = 1872\ \mu Sv = 1.87\ mSv$$

Y mediante el mismo factor de ponderación para energía gamma obtenemos que:

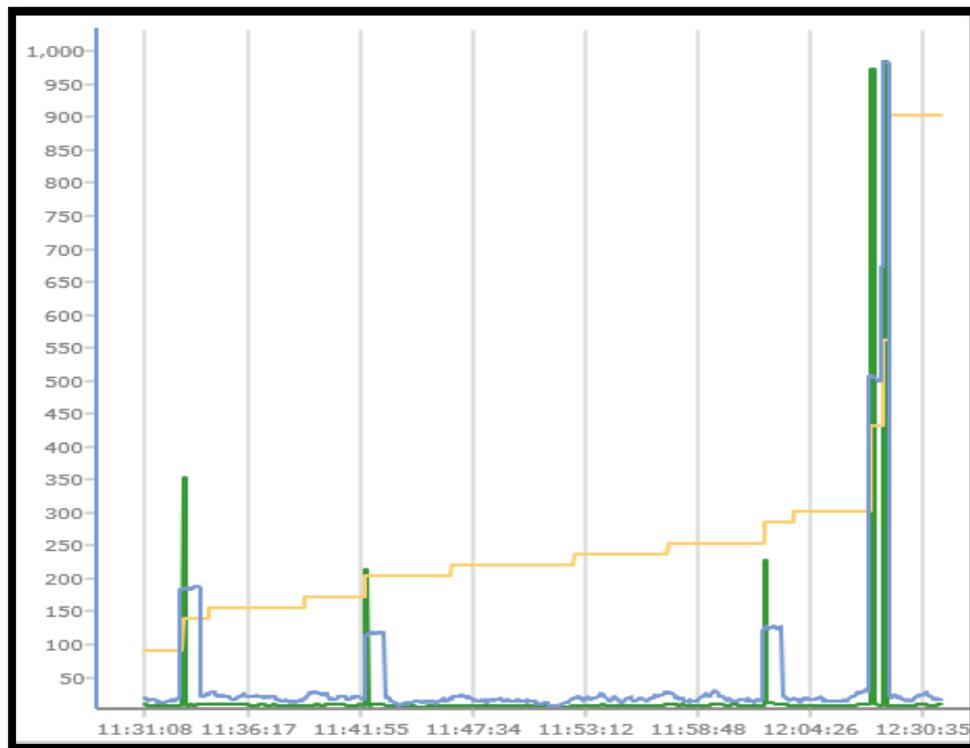
$$\mathbf{1.87\ mSv = 1.87\ mGy}$$

- El resultado en este caso es de 1.87 mGy en 24 horas, este valor es normal.



**Gráfica 3-3.** Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Septiembre 2017.

**Realizado por:** Marlon Delgado



**Gráfica 4-3.** Tasa de la dosis obtenida por RADEX ONE Septiembre 2017.

**Realizado por:** Marlon Delgado

Para las gráficas 3-3 y 4-3 efectuamos el siguiente cálculo:

La norma indica que la radiación en 24 horas no puede sobrepasar 24 mGy. A continuación se detallan los detalles de los cálculos:

$$Tasa\ de\ dosis = 2.5 \frac{uSv}{min}$$

La fórmula para obtener la dosis absorbida en 1 hora es:

$$D' = \frac{D}{t}$$

Dónde: D' = la tasa de dosis, D = dosis absorbida, t = tiempo de exposición.

Despejamos para obtener la dosis absorbida:

$$D = D' \times t$$

$$D = 2.5 \frac{uSv}{min} \times 60\ min = 150\ uSv$$

El factor resultante lo multiplicamos por el número de horas 24 y tenemos:

$$150\ uSv \times 24 = 3600\ uSv = 3.60\ mSv$$

Según la conversión cuando la fuente de energía es gamma 1 mSv = 1mGy, por tanto se multiplica por un factor de 1.

$$\mathbf{3.60\ mSv = 3.60\ mGy}$$

- El resultado indica 3.60 mGy en un periodo de 24 horas, este valor se encuentra dentro del rango permitido, recordando que el límite es de 24 mGy.

Aplicamos la misma para la primera gráfica y realizamos la siguiente deducción:

$$Tasa\ de\ dosis = 56 \frac{uSv}{h}$$

Utilizamos la misma fórmula anterior para obtener la dosis acumulada:

$$D = D' \times t = 56 \frac{uSv}{h} \times 24\ h$$

$$D = 1344\ uSv = 1.34\ mSv$$

Y mediante el mismo factor de ponderación para energía gamma obtenemos que:

$$\mathbf{1.34\ mSv = 1.34\ mGy}$$

- El resultado en este caso es de 1.87 mGy en 24 horas, este valor es normal.

### 3.2 Pruebas eléctricas.

#### EVALUACIÓN DE LA TENSIÓN SUMINISTRADA AL EQUIPO.

**Tabla 3-1.** Tensión suministrada al sistema computacional y de radiodiagnóstico.

<i>Tensión de referencia</i>	<i>Tensión medida</i>	<i>% de error</i>
110 VCA	120.1 VCA	8.41
230 VCA	220 VCA	4.35

**Realizada por:** Marlon Delgado

**Ecuación 4-3.** Error en la tensión medida.

$$e = \frac{\text{tensión de referencia} \times 100}{\text{tensión medida}}$$

$$e = \frac{110 \times 100}{120.1} = 91.59$$

A continuación obtenemos el porcentaje de error de la tensión del sistema:

**Ecuación 5-3.** Porcentaje de error en la tensión.

$$\% \text{ de error} = 100 - \text{error de la tensión}$$

$$\% \text{ de error} = 100 - 91.59 = 8.41\%$$

**Realizada por:** Marlon Delgado

- El resultado en este caso está bajo la tolerancia permitida que es del 10%.



**Fotografía 18-3.** Tensión de 110 VCA medida con el multímetro en paralelo.

**Realizada por:** Marlon Delgado

Usando la ecuación 3-4 obtenemos el error en el voltaje de ingreso de la unidad radiográfica:

**Ecuación 3-4.** Error en la tensión medida.

$$e = \frac{\text{tensión de referencia} \times 100}{\text{tensión medida}}$$
$$e = \frac{220 \times 100}{230} = 95.65$$

A continuación obtenemos el porcentaje de error de la tensión del sistema:

**Ecuación 3-5.** Porcentaje de error en la tensión.

$$\% \text{ de error} = 100 - \text{error de la tensión}$$

$$\% \text{ de error} = 100 - 95.65 = 4.35\%$$

- El índice calculado indica directamente que está bajo la tolerancia permitida.



**Fotografía 19-3.** Tensión de 110 VCA medida con el multímetro en paralelo.

**Realizado por:** Marlon Delgado

FECHA: 2017 /10/18	RESPONSABLE: Elva Guzmán
-----------------------	-----------------------------

## EVALUACIÓN VISUAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

**Tabla 4-3.** Cuadro del estado de la instalación eléctrica en la unidad de radiografía.

<b>Instalación por revisar</b>	<b>Personal designado</b>	<b>Periodo del mantenimiento</b>	<b>Descripción de la prueba</b>
<b>Conexión a tierra</b>	Personal Técnico eléctrico	Cada 12 meses	Comprobación del correcto funcionamiento de la zona conectada a tierra
<b>Tomacorrientes de 110 V y 220 V</b>	Personal Técnico eléctrico	Cada 12 meses	Verificación del voltaje suministrado en paralelo
<b>Breakers y reguladores de voltaje</b>	Personal Técnico eléctrico	Cada 12 meses	Comprobación que no exista breakers o reguladores estropeados

*Tabla para el control de la instalación eléctrica.*



**Fotografía 20-3.** Instalación eléctrica del servicio de Imagen.

La inspección visual de la instalación eléctrica se realizó durante el mes de Septiembre en los cuales los principales puntos a verificar son: conexión a tierra, tomacorrientes de 110 y 220 VCA y los breakers y reguladores de voltaje disponibles del área.

La prueba demostró que no existen alteraciones ni cortocircuitos en la instalación eléctrica del sistema radiográfico, pero existe un considerable deterioro en el cableado eléctrico, esto se debe a la cantidad de años que lleva esta instalación, por lo que se recomienda el mantenimiento del sistema eléctrico. Cada punto de control fue revisado por el técnico especializado.



**Fotografía 21-3.** Instalación eléctrica de radiodiagnóstico en el área de Imagen.

**Realizado por:** Marlon Delgado

FECHA: 2017 /09/18	RESPONSABLE: Víctor Orozco
-----------------------	-------------------------------

### 3.3 Pruebas dosimétricas.

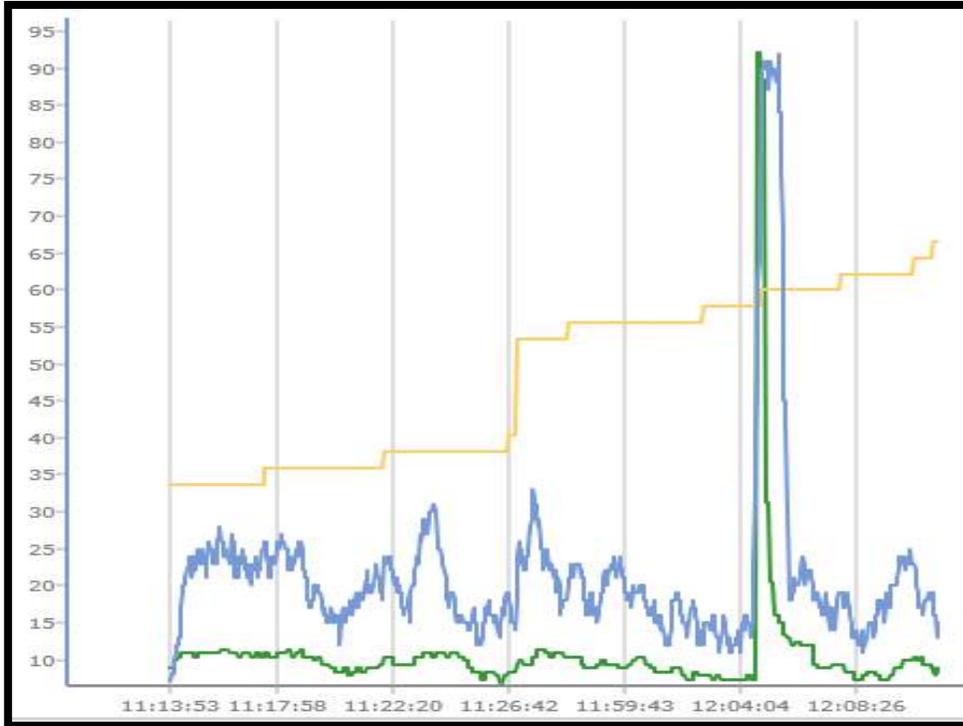
#### EVALUACIÓN DE LA TASA DE DOSIS DEL SERVICIO DE IMAGEN.

Esta prueba es fundamental para conservar la integridad del Personal Ocupacionalmente expuesto del área de Imagenología por lo cual se realizó la prueba en el mes de Febrero y Noviembre, para obtener los datos usamos el detector RADEX ONE y lo ubicamos en cada sector donde el operario realiza su trabajo es decir en la parte de rayos X, mamografía, en la parte de Tomografía y en la sala de conferencias en total el operario pasa 8 horas diarias en estas áreas de trabajo, por lo cual obtenemos una cantidad de dosis acumulada en cada sector.

A continuación se detalla la dosis acumulada en cada zona de trabajo y se indica la cantidad de dosis acumulada final.

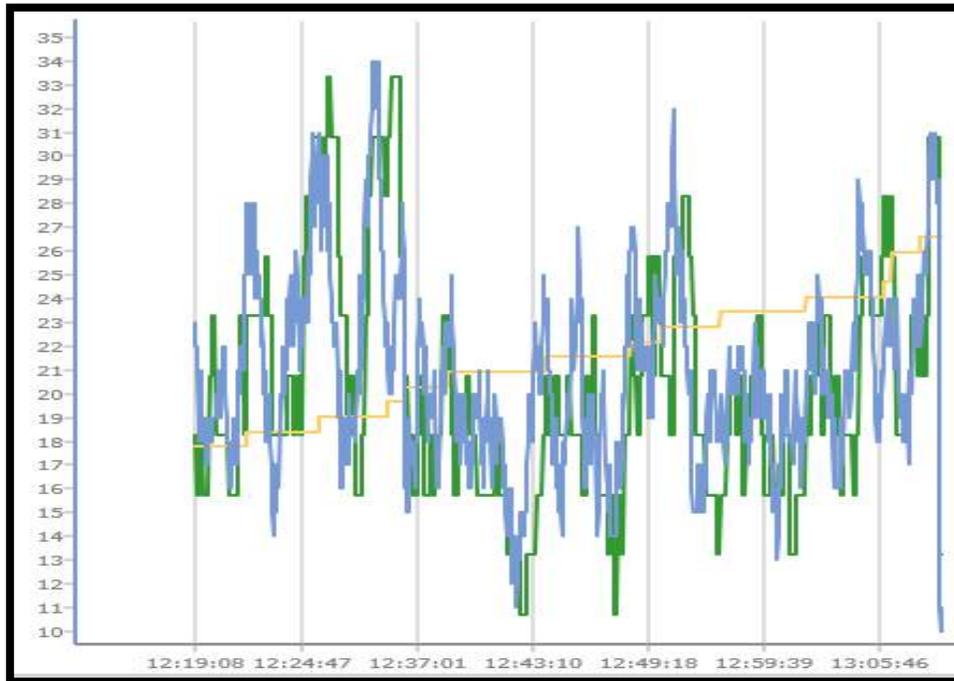
- Las gráficas 5-3 hasta la 8-3 nos indica la tasa de dosis acumulada del personal en el área de Mamografía, Radiografía, Sala de conferencia y Tomografía.
- La tasa de dosis en Mamografía es de 3 uSv/hora.
- La tasa de dosis en la sala de conferencia es de 0.5 uSv/hora.
- La tasa de dosis en Radiografía es de 3 uSv/hora.
- La tasa de dosis en Tomografía es de 8 uSv/hora.
- Las gráficas 9-3 hasta la 12-3 indican la acumulación de dosis en el segundo periodo del test, es decir, en el mes de Noviembre.
- Para la dosis acumulada del personal se tienen que realizar los cálculos según las fórmulas establecidas por el organismo regulador internacional, los resultados son una interpolación de los datos obtenidos y los datos finales acumulados por el personal del área.
- Finalmente el POE labora durante 220 días entonces la dosis acumulada durante este período de tiempo es de 6969 uSv/año aproximadamente 6.97 mSv/año. El valor se compara con la norma establecida por la SCAN artículo 1.

FECHA: 2017 /02 /06 - 2017 /11 /07	RESPONSABLE: Néstor Hidalgo
---------------------------------------	--------------------------------



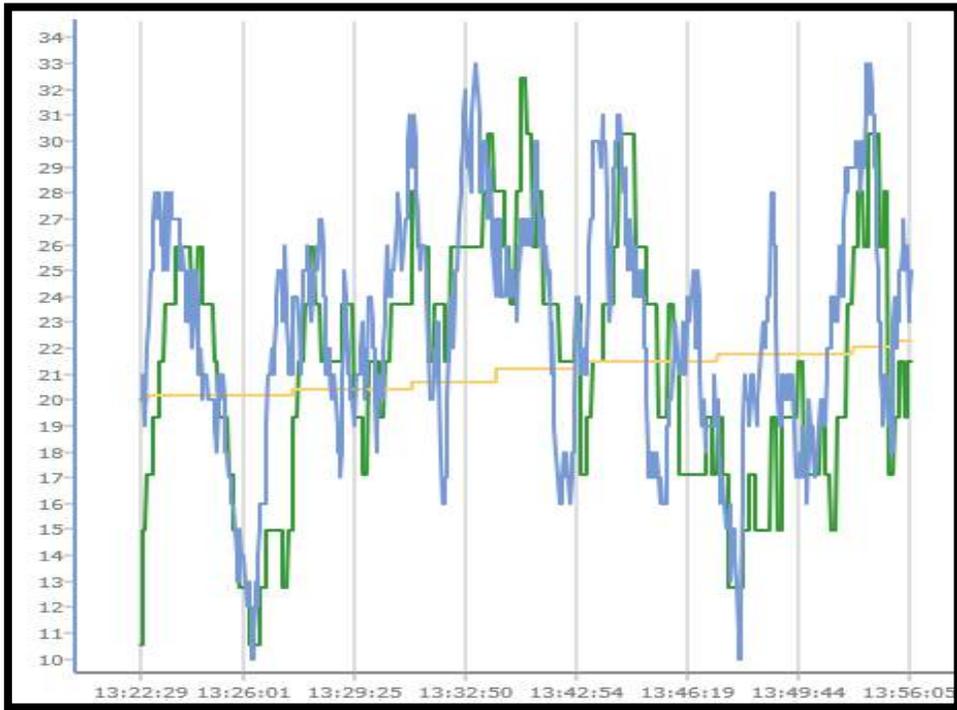
**Gráfica 5-3.** Dosis acumulada en radiografía en Febrero 2017.

Realizado por: Marlon Delgado



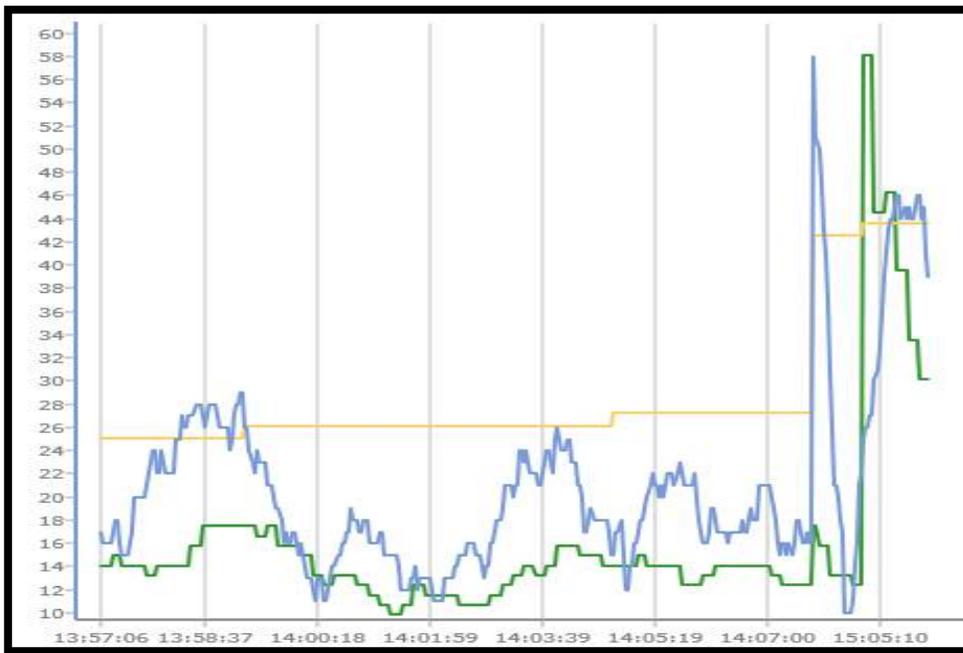
**Gráfica 6-3.** Dosis acumulada en tomografía en Febrero 2017.

Realizado por: Marlon Delgado



**Gráfica 7-3.** Dosis acumulada en mamografía en Febrero 2017.

Realizado por: Marlon Delgado



**Gráfica 8-3.** Dosis acumulada en la sala de conferencia en Febrero 2017.

Realizado por: Marlon Delgado

La norma de la SCAN artículo 1, literal A establece que no se puede superar los 1.6 mSv al mes, para esto, necesitamos obtener la dosis acumulada en el área de Imagenología para esto tenemos:

$$Tasa\ de\ dosis\ mamografía = 3 \frac{uSv}{h}$$

$$Tasa\ de\ dosis\ radiografía = 3 \frac{uSv}{h}$$

$$Tasa\ de\ dosis\ sala\ de\ conferencia = 0.5 \frac{uSv}{h}$$

$$Tasa\ de\ dosis\ tomografía = 8 \frac{uSv}{h}$$

Primero sumamos las tasas de dosis parciales y obtenemos:

$$Tasa\ de\ dosis\ Total = 3 \frac{uSv}{h} + 3 \frac{uSv}{h} + 0.5 \frac{uSv}{h} + 8 \frac{uSv}{h}$$

$$Tasa\ de\ dosis\ Total = 14.5 \frac{uSv}{4\ h} = 3.6 \frac{uSv}{h}$$

Despejando la ecuación 3-3 podemos calcular la dosis acumulada en un día:

$$D = D' \times t$$

$$D = 3.6 \frac{uSv}{h} \times 8\ h$$

$$D = 28.8\ uSv$$

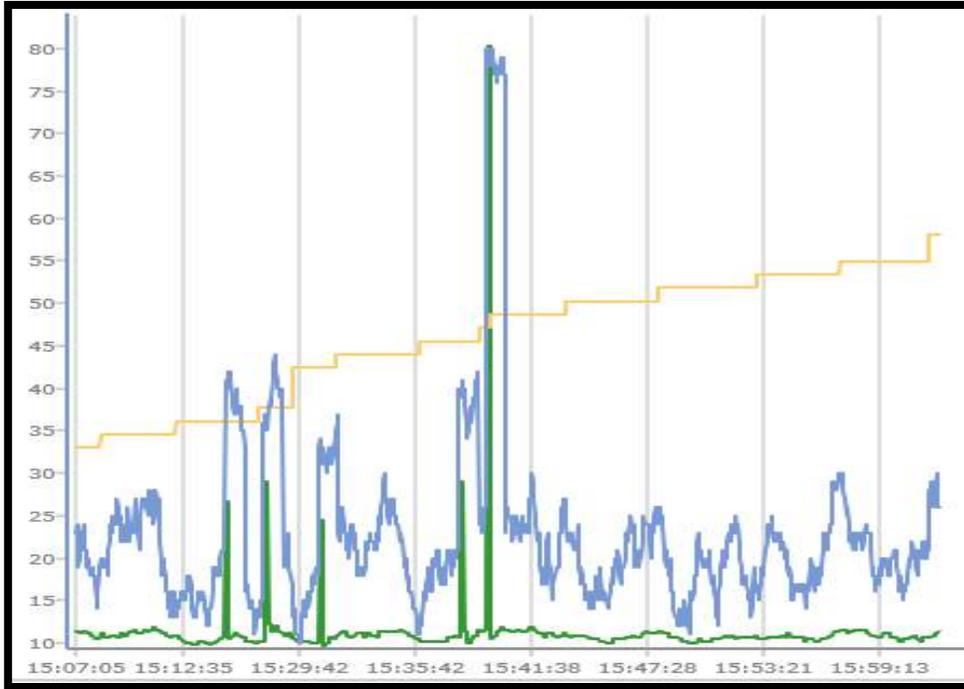
Por último calculamos la dosis acumulada en un mes:

$$D = D' \times t$$

$$D = 28.8 \frac{uSv}{día} \times 22\ días$$

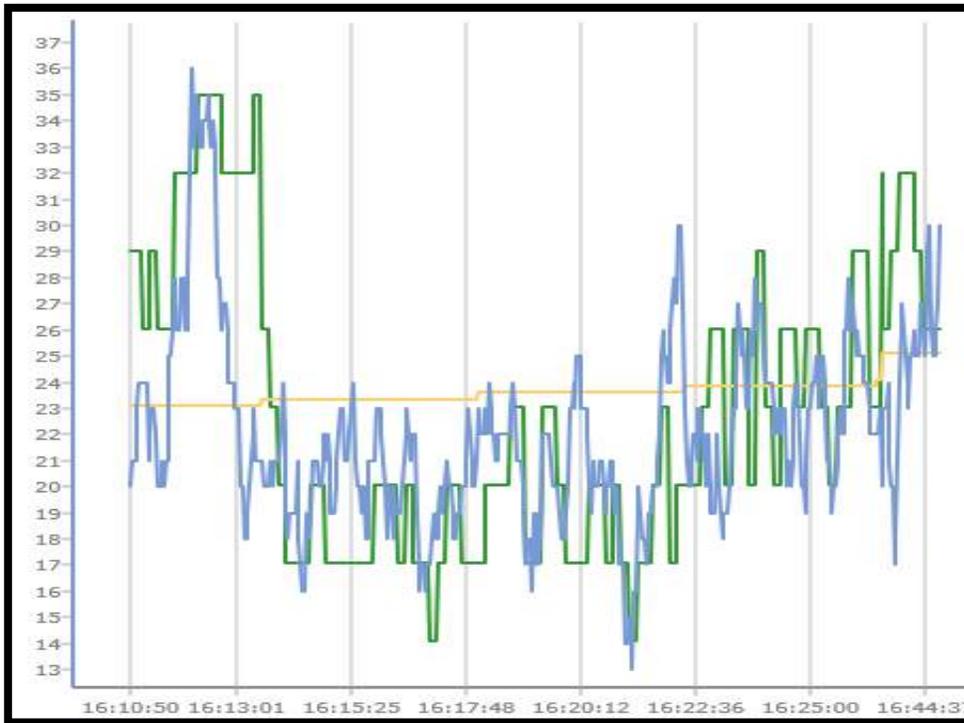
$$D = 633\ uSv = 0.633\ mSv$$

La dosis acumulada en un mes es de 0.633 mSv; por tanto se encuentra dentro del límite impuesto por el organismo regulador.



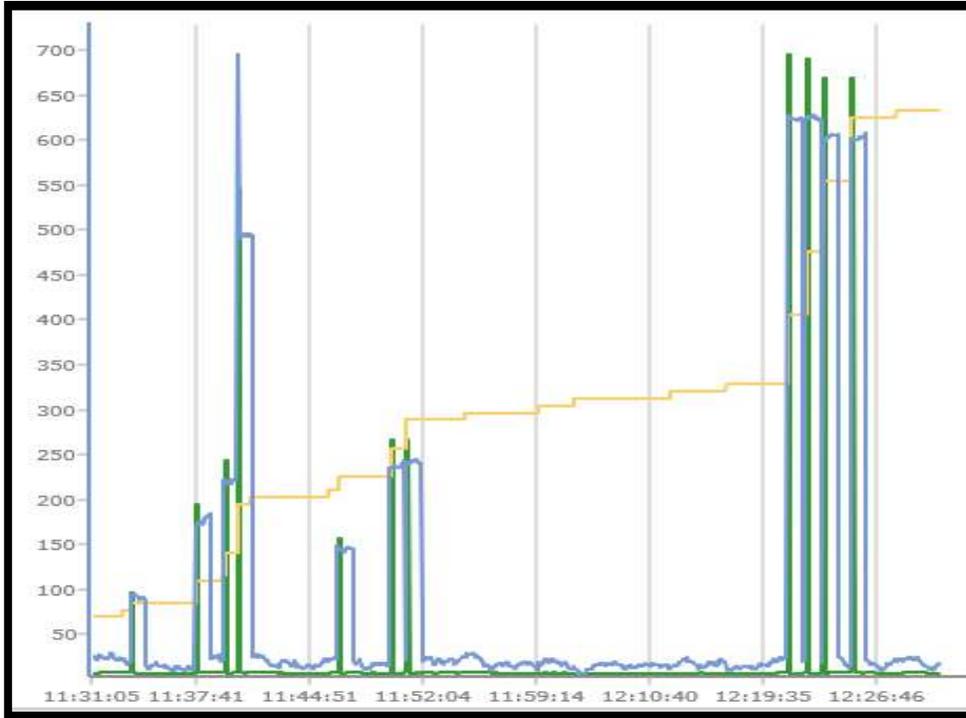
**Gráfica 9-3.** Dosis acumulada en radiografía en Noviembre 2017.

**Realizado por:** Marlon Delgado



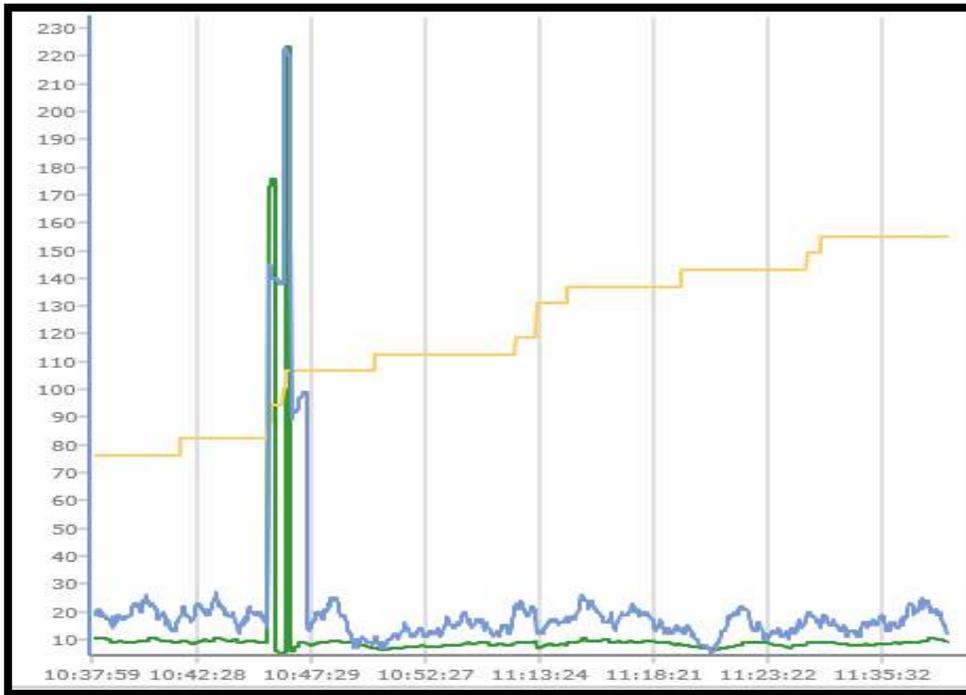
**Gráfica 10-3.** Dosis acumulada en tomografía en Noviembre 2017.

**Realizado por:** Marlon Delgado



**Gráfica 11-3.** Dosis acumulada en mamografía en Noviembre 2017.

**Realizado por:** Marlon Delgado



**Gráfica 12-3.** Dosis acumulada en sala de conferencia en Noviembre 2017.

**Realizado por:** Marlon Delgado

Al igual que en Febrero la norma establece que no se puede superar los 1.6 mSv al mes, para ello, vamos a calcular la dosis acumulada en el área de Imagenología para esto tenemos:

$$\text{Tasa de dosis mamografía} = 6 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$$

$$\text{Tasa de dosis radiografía} = 4 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$$

$$\text{Tasa de dosis sala de conferencia} = 1 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$$

$$\text{Tasa de dosis tomografía} = 7 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$$

Primero sumamos las tasas de dosis parciales y obtenemos:

$$\text{Tasa de dosis Total} = 6 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} + 4 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} + 1 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} + 7 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$$

$$\text{Tasa de dosis Total} = 18 \frac{\mu\text{Sv}}{4 \text{ h}} = 4.5 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$$

La tasa de dosis total permite calcular la dosis acumulada en un día:

$$D = D' \times t$$

$$D = 4.5 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \times 8 \text{ h}$$

$$\mathbf{D = 36 \mu\text{Sv}}$$

Finalmente se calcula la dosis acumulada en un mes depejando la ecuación 3.3:

$$D = D' \times t$$

$$D = 36 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{día}} \times 22 \text{ días}$$

$$\mathbf{D = 792 \mu\text{Sv} = 0.792 \text{ mSv}}$$

La dosis acumulada en un mes es de 0.792 mSv; por tanto se encuentra dentro del límite impuesto por el organismo regulador.

## MEDICIÓN DEL RADÓN EN EL SERVICIO DE IMAGENOLOGÍA.

La prueba de la acumulación de radón en el servicio de Imagenología se hizo durante 3 días cada 6 meses, el equipo utilizado es un detector de radón marca CANARY el cual necesita un tiempo de calibración de aproximadamente 24 horas.



**Fotografía 22-3.** Detector de radón medido en el área de Imagen.

**Realizado por:** Marlon Delgado

Descripción y análisis de la fotografía 22-3 que arrojo el equipo detector de radón.

- El límite de radón es de 100 Bequerels por metro cúbico. (Berenguer Subils, MJ, s.f.)
- La EPA en la década de los 80 específicamente en 1986 puso como límite 150 Bq/m<sup>3</sup> esto para la zona de los Estados Unidos, este valor será utilizado para establecimientos cerrados, las mediciones en estas zonas se realizan durante días, semanas o meses. (CSN , 1992)
- Mediante la bibliografía antes mencionada observamos en la imagen 22-3 que el máximo punto al que llega la radiación producida por el radón es de 10 Bequerels por metro cúbico, lo cual indica que no existe peligro potencial de radón para el personal del área.



**Fotografía 23-3.** Segunda medición de radón en Imagen después de 6 meses.

**Realizado por:** Marlon Delgado

- Igual que en la fotografía anterior el límite de radón es de  $100 \frac{Bq}{m^3}$ . (Berenguer Subils, MJ, s.f.)
- La figura 23-3 indica  $25 \frac{Bq}{m^3}$  lo cual refleja directamente que el valor está muy por debajo del límite fijado, señal que el área de Imagen se encuentra ventilada de una manera adecuada y que no existe la presencia excesiva de radón.
- Mediante la bibliografía antes mencionada observamos en las imágenes 22-3 y 23-3 que el máximo punto al que llega la radiación producida por el radón es de 11 Bequerels por metro cúbico, lo cual es un claro indicativo que en el área de Imagenología del HGPDR existe una correcta ventilación que impide la acumulación del gas radón en esta zona.

FECHA: 2017 /03/10 - 2017/09/11	RESPONSABLE: Lester Aguirre
------------------------------------	--------------------------------

## EVALUACIÓN DE LA DOSIMETRÍA DEL ÁREA.

Esta prueba está ligada directamente con el test número 11 del Protocolo, mediante la dosimetría anteriormente calculada podemos obtener la dosis acumulada, para esto tenemos la tasa de dosis en el mes de Febrero:

$$\text{Tasa de dosis } 1^{\text{era}} = 0.633 \frac{\text{mSv}}{\text{mes}}$$

$$t = \text{tiempo de trabajo} = 11 \text{ meses}$$

Con este valor podemos calcular la dosis acumulada en un año usando la ecuación 3-1:

$$D = D' \times t$$

$$D = 0.633 \frac{\text{mSv}}{\text{mes}} \times 11 \text{ meses}$$

$$\mathbf{D = 6.96 \text{ mSv}}$$

Zona controlada. Zona en la que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para cristalino, piel y extremidades. Se señala con un trébol verde sobre fondo blanco. (Pascual Bénes & Gadea Carrera, 2000, p.8)

- El área de Imagenología del HGPDR se encuentra en una zona controlada, esto quiere decir que el personal que maneja los equipos de radiodiagnóstico en esta parte del hospital absorbe una dosis anual de 6.96 mSv al año.

La segunda dosis acumulada se obtendrá con la tasa de dosis medida 9 meses posteriores al primer cálculo es decir en el mes de Noviembre, para esto tenemos:

$$\text{Tasa de dosis } 2^{\text{da}} = 0.792 \frac{\text{mSv}}{\text{mes}}$$

$$t = \text{tiempo de trabajo} = 11 \text{ meses}$$

Con este valor podemos calcular la dosis acumulada en un año:

$$D = D' \times t$$

$$D = 0.792 \frac{mSv}{mes} \times 11 \text{ meses}$$

$$D = 8.71 \text{ mSv}$$

- El POE están en la clase B, es decir reciben una dosis anual menor a 6 mSv, de esta área cuenta con dosímetros personales, pero además de este aditamento deben contar con un detector acústico para posibles fugas inesperadas de energía ionizante.
- El personal que maneja los equipos de radiodiagnóstico en esta parte del hospital absorbe una dosis anual de 8.71 mSv al año que al igual que el análisis anterior se encuentra en una zona controlada. El personal del área se realiza estudios clínicos cromosomáticos para prevenir efectos probabilísticos como el cáncer.



**Figura 5-3.** Trébol representativo en la zona controlada.

**Tomado de:** (Pascual Bénes & Gadea Carrera, 2000, p.8)

FECHA: 2017 /02 /10 – 2017 /11 /11	RESPONSABLE: Dayana Cárdenas
---------------------------------------	---------------------------------

## CONCLUSIONES

- Las características mecánicas y eléctricas de la unidad de radiodiagnóstico no han sido alteradas por lo tanto no existe riesgo radiológico.
- Las pruebas esenciales establecidas en la creación de este Protocolo son la perpendicularidad del tubo de rayos X, detección y medida de la radiación, reproducción de la tensión del sistema y evaluación de la protección radiológica.
- Se elaboró un Protocolo basado en documentación para el Control de Calidad, principalmente el Protocolo Español de radiodiagnóstico y así conservar el funcionamiento del sistema en perfecto estado.
- Se implementó el Protocolo para el control de calidad, y las pruebas realizadas en el sistema de radiodiagnóstico demostraron que el funcionamiento del equipo radiográfico TITAN 2000-M es bueno, porque el sistema trabaja con un margen de error aceptable para su actividad.

## **RECOMENDACIONES**

- Adquirir los detectores, equipos y material faltante necesario para realizar el control rutinario de calidad para así mantener la integridad del personal ocupacionalmente expuesto.
- El personal de esta institución pública se deberá capacitar constantemente sobre riesgos laborales al trabajar con radiación que tengan relación con la seguridad en radiodiagnóstico.
- Aplicar el Protocolo de control de calidad una o dos veces al año para mantener un equilibrio constante entre el funcionamiento adecuado de la unidad radiográfica y la seguridad del personal.
- El área de Imagenología debe contar con un inspector de seguridad radiológica, encargado de mantener la seguridad física y radiológica del personal y así evitar accidentes o fallas durante el procedimiento de los sistemas radiológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

**Alcaraz Baños, M.** *Tema 10: Protección Radiológica en Radiodiagnóstico.* [En línea]. Miguel Alcaraz, s.f.. [Consulta: 15 mayo 2017]. Disponible en: <https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?id=temas&cache=cache&media=t10.pdf>.

**Alonso Díaz , M. y otros.** *Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico.* [En línea]. 2ª ed. Isla de Saipán - Madrid - España: Senda Editorial, S. A.. 2002, pp.33-37. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible en: <https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/2958/Protocolo%20espanol-version%201.pdf>

**Andisco, D., Blanco, S. y Buzzi, A. E.** *Dosimetry in Radiology. Revista Argentina de Radiología.* [En línea], 2014, (Argentina) 78 (2) pp. 114-117. [Consulta: 20 junio 2017]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rard.2014.06.010>

**Bego, A. y Mina Gles, X.** *Características del espectro de emisión de los Rayos X.* [blog] [En línea]. Bego Ana, 2016 [Consulta: 05 julio 2017]. Disponible en: <http://direccioninstrumentacionii.blogspot.com/2016/03/tubo-de-rayos-x-caracteristicas-del.html>

**Berenguer Subils, M. J.** *NTP 440: Radón en ambientes interiores.* [En línea]. España: María José Berenguer, 2009, p.6. [Consulta: 06 noviembre 2017]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_440.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_440.pdf)

**Bonilla García, A. N.** *Elaboración de un Protocolo de control de calidad para el Mamógrafo Digital tipo Melody del departamento de Imagenología del Hospital Provincial General Docente Riobamba.* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,

Ciencias, Escuela de Física y Matemática. (Riobamba - Ecuador). 2011. pp.70-97. [Consulta: 06 marzo 2017]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1282/1/86T00002.pdf>

**Cara Imbroda , M.** *Proteccion radiologica en el ambito medico. Revista Electrónica de portalesmedicos.com.* [En línea]. Marcos Cara: 2009. [Consulta: 16 mayo 2017]. Disponible en: <https://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/1715/4/Proteccion-radiologica-en-el-ambito-medico>

**Castillo Melgar, R. A., Cea Sánchez, C. E. & Díaz Mejía, J. F.** *Protocolos de Control de calidad en equipos de Radiodiagnóstico estacionario con Fluoroscopia.* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad Don Bosco, Facultad de Ingeniería, Escuela de Biomédica. (San Salvador - El Salvador) pp.17-24. 2005. [Consulta: 22 agosto 2017]. Disponible en: [http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/568/1/035436\\_tesis.pdf](http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/568/1/035436_tesis.pdf)

**Català Muñoz, A.** *Radiología: Conceptos y aplicaciones.* [En línea]. Barcelona: Ana Català, s.f. [Consulta: 10 abril 2017]. Disponible en: [http://seguretatdelspacients.gencat.cat/web/.content/Enllac/Enllac\\_documento/Arxius\\_documents/DOC\\_Jornades\\_SP/DOC\\_XI\\_Jornada\\_SP/03\\_radiologia\\_digital\\_CR\\_DR.pdf](http://seguretatdelspacients.gencat.cat/web/.content/Enllac/Enllac_documento/Arxius_documents/DOC_Jornades_SP/DOC_XI_Jornada_SP/03_radiologia_digital_CR_DR.pdf)

**Chávez Oleas, N. A.** *Elaboración de un Protocolo de control de calidad para el Tomógrafo Computarizado Toshiba Activision TSX-031A del área de Imagenología del Hospital Provincial General Docente Riobamba.* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Escuela de Física y Matemática. (Riobamba - Ecuador). 2011. pp.81-112. [Consulta: 08 marzo 2017]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1283/1/86T00003.pdf>

**Consejo de Seguridad Nuclear. CSN.** *Dosis de Radiación.* [en línea]. Madrid: CSN, 1992. [Consulta: 20 julio 2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1992/11/14/pdfs/A38581-38584.pdf>

**Ecuador. Ministerio de Salud Pública.** *Control de Calidad de Equipos de Radiografía. Guía Técnica CCEEM GT-07.* [En línea]. Ecuador: CCEEM, 1998, pp.6-9. [Consulta: 03 julio 2017]. Disponible en: <http://www.eqmed.sld.cu/Documents/Documentos%20regulatorios/Guias/gt7.pdf>

**Manteca Álvarez, K.** *Caracterización radiológica de las rocas ornamentales de castilla y león.* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad de Salamanca. Facultad de Ciencias. Ingeniería Geológica. Riobamba (Salamanca - España). (2011). pp.35-40. [Consulta: 04 diciembre 2017]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10366/108906>

**Martínez Telles, A.** *La Mecánica cuántica.* [Blog]. Armando Téllez, 11 agosto, 2009. [Consulta: 05 junio 2017]. Disponible en: <http://la-mecanica-cuantica.blogspot.com/2009/08/la-espectroscopia-de-rayos-x.html>

**Martino, A. P.** *Radiología: De la Imagen Convencional a la Digital.* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad Nacional de Gral. San Martín. Escuela de Ciencia y Tecnología. (San Martín - Argentina). 2006, p.34. [Consulta: 22 marzo 2017]. Disponible en: [http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.1999-2006-%20Alumnos%20P.F.I/\(RX\)%20MARTINO%20ANALIA.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.1999-2006-%20Alumnos%20P.F.I/(RX)%20MARTINO%20ANALIA.pdf)

**Pascual Bénes, A. y Gadea Carrera, E.** *NTP: 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección.* [En línea]. España: Pascual Adoración, 2005. [Consulta: 16 octubre 2017]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_614.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf)

**Prieto E., M. L.** *Protocolo para el manejo del Equipo de Rayos X. 3ª ed.* [En línea]. México D. F. - México: SERVIMED IPS S.A.. 2012, pp.1-25. [Consulta: 03 abril 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/111231678/Manejo-Del-Equipo-de-Rayos-x>

**Sociedad Española de Física Médica y Sociedad Española de Protección Radiológica. SEFM y SEPR.** *Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico.* [En línea]. 2ª ed. Isla de Saipán - Madrid - España: Senda Editorial, S. A.. 2002, pp. 33-37. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible en: <https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/2958/Protocolo%20espanol-version%201.pdf>

**Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica & Sociedad Española de Radiodiagnóstico Médico. SEFM, SEPR & SERM.** *Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico.* [En línea]. 3ª ed. Madrid - España: Senda Editorial, S.A.. 2011, pp.43-50. [Consulta: 15 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.latinsafe.org/espanol/wp-content/themes/latinsafe/educacion/guias-clinicas/protocolo-espanol-de-calidad-en-radiodiagnostico.pdf>

**Vidal Perona, J. González Marhuenda, P. Ferrús Blasco, O.** *P5-Espectro de Rayos X. Vniversitat de València. Departamento de Física Teórica.* Valencia: Omar Ferrús, 2010. [Consulta: 30 marzo 2017]. Disponible en: [http://www.uv.es/inecfis/QPhVL/p5/p5\\_intro.html](http://www.uv.es/inecfis/QPhVL/p5/p5_intro.html)

## ANEXOS

ANEXO A. Detector de luz, luxómetro PHYWE.



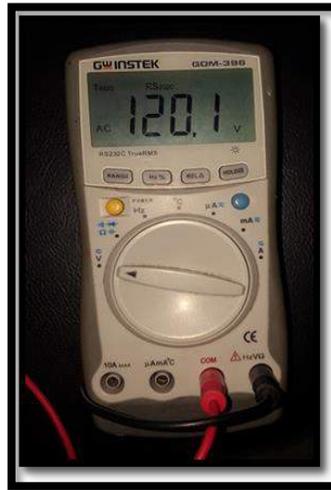
ANEXO B. Kilovoltímetro, kvp/mas meter model 820.



ANEXO C. Detector de radiación, RADEX ONE.



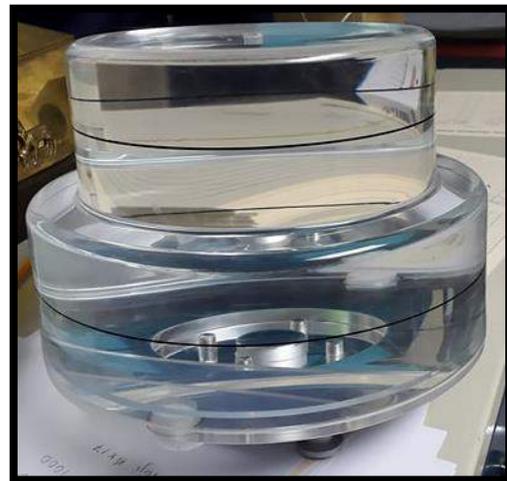
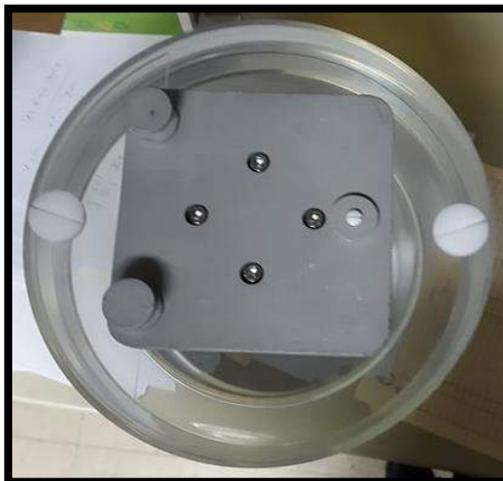
**ANEXO D.** Multímetro digital model GWINSTEK.



**ANEXO E.** Detector de radón, CANARY.



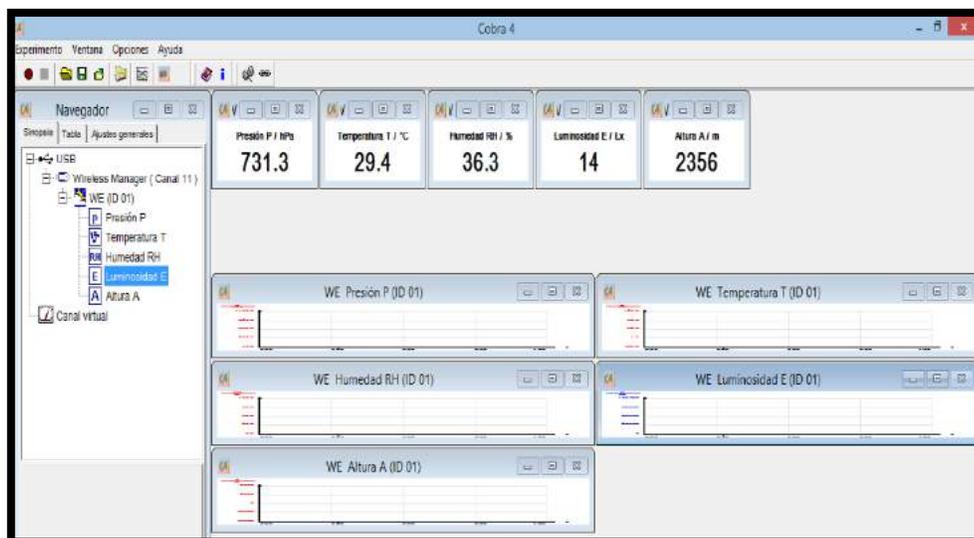
**ANEXO F.** Fantomas similares al espesor de un paciente.



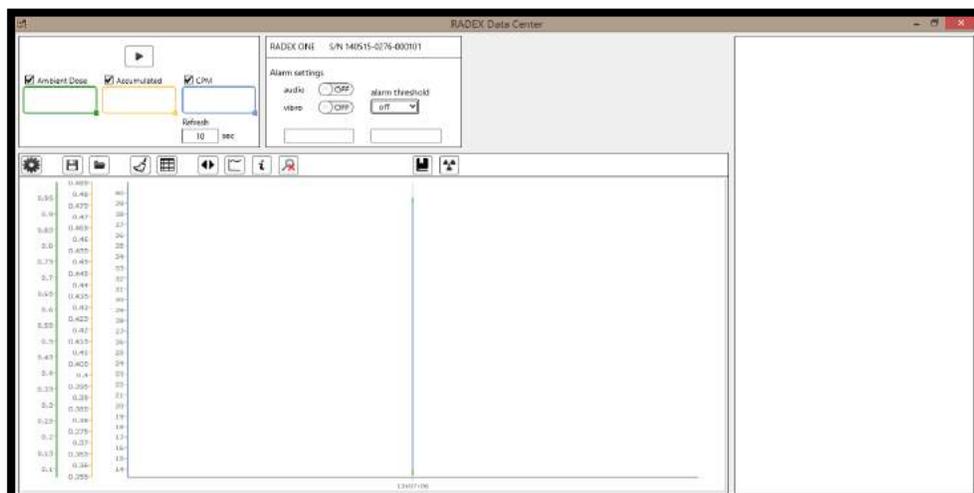
## ANEXO G. Equipos modificados en el área.

HOSPITAL PROVINCIAL GENERAL DOCENTE RIOBAMBA Ministerio de Salud Pública AREA ELÉCTRICA			
SERVICIO:	Imagenología		
EQUIPO:	Arreglo de luminaria		
MARCA:			
Modelo:			
SERIE:			
M. PREVENTIVO:		M. CORRECTIVO:	x
EQUIPO FUNCIONANDO	SI:		NO:
TÉCNICO:	Tec. Carlos Guadalupe		
FECHA:	01/03/2017	N. Orden	336
JIMMY DELGADO M. ANALISTA DE MANTENIMIENTO			

## ANEXO H. Programa COBRA 4.



## ANEXO I. Programa RADEX Data Center.



**ANEXO J.** Certificados de fábrica de los equipos.

# Certificado de calibración / medición

OT N° FM-102 10941  
N° de páginas del certificado: 8

<b>Objeto</b>	Calibrador multifunción
<b>Fabricante / Marca</b>	Lightmeter
<b>Modelo / Número de serie</b>	5100B / 4570011
<b>Determinaciones requeridas</b>	Calibración

**Fecha de calibración / medición** 15 de agosto de 2007

**Solicitante** EDAC S.R.L.  
Coronel Lynch 2684  
(1654) San Justo



Jorge Cioffi



DR. FERNANDO GARCIA  
INGENIERO EN METROLOGIA  
INSTRUMENTACIÓN Y METROLOGÍA

BUREAU VERITAS  
Certification



## Certificación Certification

Concedida a / Awarded to

### P & B INSTRUMENTS TÉCNICAS DE MEDIDA Y CONTROL, S.L.

C/ JACINT VERDAGUER 32, 08272, SANT FRUITÓS DE BAGES, BARCELONA

AVENIDA 5, Nº 3, 08130, SANTA PERPETUA DE MOGUDA, BARCELONA

**Bureau Veritas certifica que el Sistema de Gestión ha sido auditado y encontrado  
conforme con los requisitos de la norma:**

Bureau Veritas certify that the Management System has been audited and found to be in accordance with the  
requirements of standard:

**NORMA / STANDARD**

## ISO 9001:2008

**El Sistema de Gestión se aplica a:**

kVp meter/mA

**CALIBRACIÓN EN LABORATORIO PERMANENTE Y CALIBRACIONES IN SITU DE  
EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDIDA Y ENSAYOS.**

**CALIBRATION IN PERMANENT LABORATORIES AND IN SITU CALIBRATION OF INSPECTION, TEST AND  
MEASURING EQUIPMENTS.**

**Número del certificado**  
Certificate Number

ES041673-1

Director General / General Manager  
Bureau Veritas Certification, S.A.

**Aprobación original :**  
Original approval date :

19/10/1999

**Certificado en vigor:**  
Effective date:

02/06/2012

**Caducidad del certificado:**  
Certificate expiration date:

01/06/2015

**Este certificado está sujeto a los términos y condiciones generales y particulares de los servicios de certificación**  
This certificate is valid, subject to the general and specific terms and conditions of certification services

Managing Office / Oficina Central: Bureau Veritas Certification, S.A.  
Issuing Office / Oficina emisora : Bureau Veritas Certification, S.A.  
C/ Valparaiso Primera 22-24, Edificio Cacia, Pol. Ind. La Oranja, 28108 Alcobendas Madrid

**ENAC**  
CERTIFICACIÓN  
Nº 0400-SC001