

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA

TÍTULO DEL TRABAJO:

**ESTUDIO GENERALIZADO DEL SERVICIO DE
RADIOLOGÍA E IMAGEN EN EL HOSPITAL REGIONAL LIC.
ADOLFO LÓPEZ MATEOS**

**INFORME TÉCNICO DE LA OPCIÓN CURRICULAR EN LA MODALIDAD DE:
ESTANCIA INDUSTRIAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO BIOMÉDICO**

PRESENTA:

SÁNCHEZ SÁNCHEZ VERÓNICA MARISOL

DIRECTOR INTERNO: M. C. RIGOBERTO GARIBAY SÁNCHEZ

DIRECTOR EXTERNO: ING. ARQ. LUIS ADRIAN GÓMEZ GARIBAY

México, D. F. 24 de Noviembre del 2010



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

México., D. F., a 18 de noviembre de 2010.
Of. No. SA-UPIBI-1206/10

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA



SÁNCHEZ SÁNCHEZ VERÓNICA MARISOL
8º SEMESTRE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA BIOMÉDICA
Presente.

Comunico a usted, que como resultado de la evaluación del Comité de Proyecto Terminal, con esta fecha queda registrado su proyecto terminal en la modalidad de **“ESTANCIA INDUSTRIAL”** denominada **“ESTUDIO GENERALIZADO DEL SERVICIO DE RADIOLOGÍA E IMAGEN EN EL HOSPITAL REGIONAL LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS”** bajo la dirección interna del M en C. Rigoberto Garibay Sánchez y la dirección externa del Ing. Arq. Luis Adrian Gómez Garibay.

De cumplir con las condiciones que abajo se indican, será acreditada la opción curricular de titulación. Asimismo me permito recordarle que el trabajo experimental deberá concluir en el octavo semestre y entregar el informe técnico final, de conformidad con los lineamientos que para tal fin establezca el Comité mencionado.

CONDICIONES

1. Permanecer en la misma opción y actividad en el Proyecto Terminal I, II, III.
2. Obtener una calificación igual o superior a 8.0 en Proyecto Terminal I, Proyecto Terminal II y Proyecto Terminal III.
3. Cumplir con el 90% de asistencia a las actividades asignadas.
4. Cumplir con los demás requisitos que se fijan en el programa de estudios de la asignatura.

ATENTAMENTE.
“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”

ING. YESICA MA. DOMÍNGUEZ GALÍCIA.
SUBDIRECTORA ACADÉMICA.



INSTITUTO POLITECNICO
NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL
INTERDISCIPLINARIA DE
BIOTECNOLOGIA
SUBDIRECCION ACADEMICA

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A mis padres quienes siempre han estado en los momentos más importantes de mi vida y quienes me han brindado su apoyo incondicional en cada una de las etapas y decisiones tomadas en mi vida. Gracias por confiar en mi y darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

A mi abuela y a mis tías por estar conmigo en todos los momentos importantes, por siempre cuidarme y estar a mi lado desde mi nacimiento

A mis hermanas por compartir la vida, por apoyarme, por su paciencia y por aguantarme en todo momento.

A Yip por aparecer en mi vida, por todas las experiencias vividas, por estar en los momentos buenos, malos y peores, por el apoyo y la compañía a lo largo de esta etapa. Gracias

A todos mis amigos, que a lo largo de la carrera fui encontrando y que por azares del destino nos unió. No los olvidare.

CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIONES	5
1. INTRODUCCIÓN	7
Hospital Regional “Lic. Adolfo López Mateos”	7
1.1. CAPACIDAD INSTALADA	8
1.2. DATOS GENERALES DEL HOSPITAL.....	8
1.3. MISIÓN DEL HOSPITAL	9
1.4. VISIÓN DEL HOSPITAL.....	9
1.5. FILOSOFÍA DEL HOSPITAL.....	10
1.6. POLÍTICA GENERAL DEL HOSPITAL	10
1.7. OBJETIVO GENERAL DEL HOSPITAL.....	10
1.8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL HOSPITAL	11
1.9. RECURSOS Y SERVICIOS	11
1.10. ORGANIGRAMA	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
3.1. INTRODUCCIÓN A LOS RAYOS X	16
3.1.1. ESPECTRO DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	16
3.1.2. PRODUCCIÓN DE RAYOS X	17
3.1.3. TUBO DE RAYOS X	18
3.1.4. EL CÁTODO DE UN TUBO DE RAYOS X.....	20
3.1.5. CARACTERÍSTICAS DEL HAZ DE RADIACIÓN PRODUCIDOS POR LOS TUBOS DE RAYOS X	22
4. METODOLOGÍA	26

4.1.	CRONOGRAMA	27
5.	RESULTADOS.....	28
5.1.	LEVANTAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS DE RAYOS X... 28	
5.1.1.	EQUIPO DE LA SALA 1 DE RADIOLOGÍA.....	29
5.1.2.	EQUIPO DE LA SALA 2 DE RADIOLOGÍA.....	30
5.1.3.	EQUIPO DE LA SALA 3 DE RADIOLOGÍA.....	31
5.1.4.	EQUIPO DE LA SALA 4 DE RADIOLOGÍA.....	32
5.1.5.	EQUIPO UBICADO EN LA SALA 5 DE RADIOLOGÍA.....	32
5.1.6.	EQUIPO UBICADO EN LA SALA 6 DE RADIOLOGÍA.....	33
5.1.7.	SALA DE MASTOGRAFÍA EN RADIOLOGÍA	34
5.1.8.	SALA DE TOMOGRAFÍA 1.....	35
5.1.9.	SALA DE TOMOGRAFÍA 2.....	36
5.1.10.	SALA DE MEDICINA NUCLEAR.....	37
5.1.11.	EQUIPO DE RAYOS X PORTÁTIL.....	38
5.2.	ESTADÍSTICAS SOBRE LAS FALLAS Y MANTENIMIENTOS.....	40
5.2.1.	PRINCIPALES FALLAS POR EQUIPO	44
5.2.2.	REPORTES DE FALLAS.....	46
5.3.	SEGURIDAD RADIOLÓGICA.....	49
5.3.1.	NOM-157-SSA1-1996	49
5.3.2.	NOM-229-SSA1-2002	49
6.	CONCLUSIONES	53
7.	SUGERENCIAS PARA ESTANCIAS FUTURAS	53
8.	ACTIVIDADES EXTRAS	53
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	54

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de ubicación del Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos" (VPIKE.COM).....	9
Ilustración 2. Fotografía panorámica del Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos" de 1970	13
Ilustración 3. El espectro electromagnético se extiende desde las ondas radioeléctricas hasta la radiación gamma	17
Ilustración 4. Esquema del tubo de rayos X: 1. Circuito de baja tensión; 2. Situación del ánodo; 3. Filamento del cátodo; 4. Lado del cátodo; 5. Ánodo.....	19
Ilustración 5. Tubo de ánodo giratorio	20
Ilustración 6. Tubo de ánodo fijo	20
Ilustración 7. Zócalo del ánodo giratorio	21
Ilustración 8. Filamento en el ánodo fijo.....	21
Ilustración 9. Mapa conceptual: interacción de la radiación con la materia.....	25
Ilustración 10. Plano de ubicación del servicio de Radiología.....	28
Ilustración 11. Ubicación de la sala 1 de radiología.....	29
Ilustración 12. Mesa Prono de Esterotaxia ubicada en la sala 1	30
Ilustración 13. Ubicación de la sala 2 de radiología.....	30
Ilustración 14. Equipo de Rayos X Fijo ubicado en la sala 2 y su consola de control ...	31
Ilustración 15. Ubicación de la sala 3 de radiología.....	31
Ilustración 16. Equipo de Rayos X Fijo ubicado en la sala 2 y su panel de control.....	31
Ilustración 17. Ubicación de la sala 4 de radiología.....	32
Ilustración 18. Equipo de Rayos X Fijo ubicado en la sala 4 y su panel de control.....	32
Ilustración 19. Ubicación de la sala 5 de radiología.....	33
Ilustración 20. Equipo de rayos x fijo ubicado en la sala 5 de radiología	33
Ilustración 21. Ubicación de la sala 6 de radiología.....	33
Ilustración 22. Equipo ubicado en la sala 6 de radiología.....	34

Ilustración 23. Ubicación de la sala de mastografía	34
Ilustración 24. Equipo de mastografía y panel de control	34
Ilustración 25. Ubicación de la sala 1 de tomografía	35
Ilustración 26. Equipo en la sala de tomografía 1	35
Ilustración 27. Ubicación de la sala 2 de tomografía	36
Ilustración 28. Equipo en la sala de tomografía 2	36
Ilustración 29. Ubicación de la sala de Medicina Nuclear	37
Ilustración 30. Equipo ubicado en la sala de Medicina Nuclear	37
Ilustración 31. Equipo de rayos X portátil.....	38
Ilustración 32. Gráfica de mantenimientos preventivos y correctivos en el 2009.....	41
Ilustración 33. Gráfica de mantenimientos preventivos y correctivos en el 2010.....	43
Ilustración 34. Formato de las bitácoras	48
Ilustración 35. Datos que se deben llenar en las bitácoras	48



1. INTRODUCCIÓN

Hospital Regional “Lic. Adolfo López Mateos”

Inaugurado el 17 de noviembre de 1970, este hospital inició sus operaciones el 1 de marzo de 1971; conjuntando los servicios de básicos en el mes de julio de ese mismo año.

La capacidad instalada era de 279 camas censables con la posibilidad de ser aumentadas a 332, para atender a una población derechohabiente de 173,000 personas.

A partir de 1986 la Dirección General del Instituto estableció el Proyecto Piloto para Capacitación y Desarrollo Organizacional, contemplándose en este programa la desconcentración administrativa y presupuestal aún sin marco normativo.

En el mismo año se decidió convertirlo en Hospital Regional de Tercer nivel, siendo Polo de Desarrollo en Recursos Humanos y Equipo para diversas especialidades en las que se destacaron:

- Cirugía laparoscópica
- Cirugía maxilofacial
- Terapia intensiva
- Biología de la reproducción
- Geriatría
- Oftalmología
- Neurocirugía
- Cirugía pediátrica
- Quirófanos
- Banco de sangre
- Farmacia
- Áreas administrativas

En 1991 este Proyecto de Desarrollo Organizacional obtuvo el segundo lugar en el 9o Congreso Mundial y Simposio Internacional de Garantía y Calidad de la atención a la Salud, con las ponencias: “Calidad de la Atención Médica en Pediatría” y “Desarrollo Organizacional por Subsistemas”

En 1993 termina el Proyecto Piloto y en Julio de 1996, se reinicia como unidad desconcentrada, conforme a los lineamientos y normas del Instituto.

1.1. CAPACIDAD INSTALADA

En la actualidad en Hospital cuenta con 424 camas en operación, de las cuales 304 son censables, distribuidas de la siguiente forma:

CENSABLES		NO CENSABLES	
• Medicina Interna	99	• Urgencias	30
• Cirugía	88	• Labor de parto	7
• Gineco-Obstetricia	34	• UCIN	18
• Pediatría	83	• Recuperación	20
		• Terapia Intermedia	5
		• UCA	3
		• Cunero fisiológico	30

1.2. DATOS GENERALES DEL HOSPITAL

- **NOMBRE DE LA UNIDAD:** H.R. “Lic. Adolfo López Mateos”. ISSSTE
- **UBICACIÓN:** Av. Universidad # 1321 col. Florida, del. Álvaro Obregón C.P. 01030, México, D.F.
- **VÍAS PRINCIPALES:** Río Churubusco y Avenida Universidad
- **TELÉFONO:** 53-22-23-00
- **TIPO DE HOSPITAL:** Tercer nivel de atención
- **POBLACIÓN:** Derechohabientes del ISSSTE

1.5. FILOSOFÍA DEL HOSPITAL

Es una Institución creada para servir y dar bienestar social a los trabajadores al servicio del Estado proporcionando atención medica y quirúrgica a los clientes aplicando reglas del país en el renglón de la buena atención y calidez de acuerdo a las necesidades y problemas a través de proporcionar un trato cálido y con profundo respeto al cliente.

- Tener presente que “se atienden personas no enfermedades”.
- Ser éticos y responsables.
- Trabajar siempre como un equipo multidisciplinario.
- El compromiso con nuestra institución y nuestro diario acontecer.

1.6. POLÍTICA GENERAL DEL HOSPITAL

Impulsar la protección de todos los mexicanos brindando atención y prestación oportuna, eficaz, equitativa y humanitaria que coadyuven efectivamente al mejoramiento de sus conocimientos de bienestar social, con la participación de sus comunidades y de los tres niveles de gobierno como medio eficaz para asegurar los recursos necesarios y dar prioridad a la atención del cliente pensionado, jubilado y discapacitado.

1.7. OBJETIVO GENERAL DEL HOSPITAL

Que cada trabajador realice con plena convicción y compromiso personal de hacerlo bien, uniendo esfuerzos con el equipo multidisciplinario de salud para alcanzar la total satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes y trabajadores.

1.8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL HOSPITAL

Garantizar el derecho generalizado del cliente en servicios de salud, debidamente estructurados por niveles, en énfasis en la atención oportuna de alta calidad profesional y humanitaria.

Proteger la seguridad física y mental de los trabajadores en el ámbito laboral, reduciendo la incidencia de riesgos así como otorgar, adecuadamente las prestaciones a los trabajadores en los casos en que se produzcan enfermedades profesionales o de trabajo.

1.9.RECURSOS Y SERVICIOS

El Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos" se caracteriza por tener la mayoría de los Servicios Médicos y Especialidades con las que se deben de contar para cubrir toda una Región, los Servicios Médicos de esta Institución se dividen en 5 Coordinaciones y estas mismas con sus especialidades.

• MEDICINA INTERNA

- ❖ Cardiología
- ❖ Clínica V.I.H.
- ❖ Dermatología
- ❖ Endoscopia
- ❖ Gastro
- ❖ Geriatría
- ❖ Psiquiatría
- ❖ Medicina Interna
- ❖ Neurología
- ❖ Hematología
- ❖ Inhaloterapia
- ❖ Alergia
- ❖ Endocrinología
- ❖ Electro
- ❖ Nefrología
- ❖ Reumatología
- ❖ Trasplantes
- ❖ Oncología Médica

• GINECO-OBSTETRICIA

- Clínica Menopausia
- Clínica Adolescencia
- Perinatología
- Planificación Familiar

- Urgencias Toco
- Biología de la reproducción
- Neoplasias
- Colposcopia
- Clínica de Distopias

- **PEDIATRÍA**

- Terapia pediátrica
- Cirugía Pediátrica
- Urgencias Pediátrica
- Hospitalización
- Neonatología

- **CIRUGÍA**

- ✓ Cirugía General
- ✓ Cirugía reconstructiva
- ✓ Cirugía ambulatoria
- ✓ Oftalmología
- ✓ Ortopedia
- ✓ Urología
- ✓ Otorrino
- ✓ Oncología quirúrgica
- ✓ Angiología
- ✓ Proctología
- ✓ Quirófanos
- ✓ Neumología
- ✓ Dental
- ✓ Maxilofacial
- ✓ Apoyo Nutricional
- ✓ Neurocirugía

- **SERVICIOS AUXILIARES Y DE DIAGNOSTICO**

- Banco de Sangre
- Laboratorio clínico
- Medicina Física
- Medicina Nuclear
- Nutrición
- Patología
- Rayos "X"

- **OTROS**

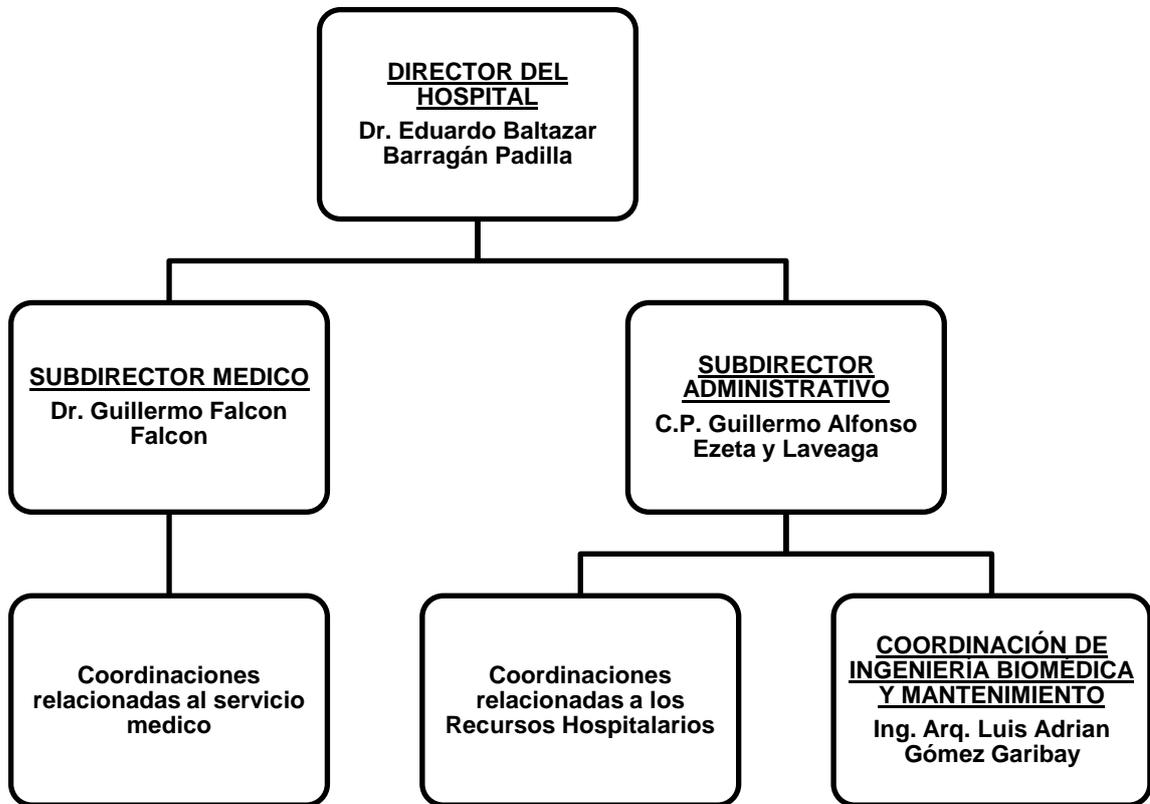
- Enfermería
- Cuidados intensivos
- Urgencias
- Enlace Hospitalario
- Epidemiología
- Asistencia de la dirección

(Mateos)



**Ilustración 2. Fotografía panorámica del Hospital Regional “Lic. Adolfo López Mateos”
de 1970**

1.10. ORGANIGRAMA



La Coordinación de Ingeniería Biomédica y Mantenimiento se encuentra a cargo del Ing. Arq. Luis Adrian Gómez Garibay. Esta coordinación tiene dos subdivisiones una de ella es la Residencia de Mantenimiento la cual está a cargo del C. Ignacio Hernández Palacios y la otra división es la de Equipo Medico a cargo del C.P. Fernando Emiliano Caballero González.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio del Servicio de Rayos X del Hospital Regional “Lic. Adolfo López Mateos” y examinar desde varios puntos de vista el cumplimiento de las normas y directrices que según los diferentes organismos nacionales e internacionales, públicos y privados, vinculados de alguna forma al tema, han establecido a este respecto. Asimismo, el propósito de este estudio es que en base al mismo se tomen acciones correctivas y se implemente la mejora continua en los procesos.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar las fallas más comunes de los equipos de radiología
- Examinar el cumplimiento de las normas y las directrices que estén vinculadas al servicio de radiología
- Aportar soluciones que aumenten la efectividad y mejora del servicio de radiología

3. JUSTIFICACIÓN

La mayoría de los hospitales gastan mayor cantidad de dinero en los departamentos de radiología que en algún otro, razón por la cual este departamento debe atender con calidad al paciente manejando óptimamente sus recursos. El ISSSTE ocupa el segundo lugar en población derechohabiente a instituciones del gobierno, además de que se ha incrementado la tasa de estudios de radiodiagnóstico en esta institución de seguridad social.

En el caso del Hospital Regional “Lic. Adolfo López Mateos”, el Servicio de Rayos X otorga sus servicios para la mayoría de la población derechohabiente que ingresa; esto conlleva a que se debe evaluar la calidad del servicio periódicamente ya que con frecuencia se ven afectados los procesos involucrados en este servicio. En muchos casos el diagnóstico de un paciente depende de la cantidad de información que el médico tratante pueda obtener de las placas radiológicas. Al fallar el Servicio de Radiología se hace un mal estudio médico del paciente, provocando un mal tratamiento o la no detección de ciertas anomalías (especialmente, cáncer de mamas). Se debe garantizar un buen funcionamiento de la sección de Servicio de Radiología. Si el Servicio de Radiología no cumple regularmente con sus obligaciones, los pacientes tienen que esperar por su diagnóstico y esto prolonga el malestar del paciente y retarda su tratamiento y recuperación.

3.1. INTRODUCCIÓN A LOS RAYOS X

3.1.1. ESPECTRO DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

El conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas conocidas constituyen un espectro continuo que se extiende desde las ondas radioeléctricas hasta la radiación gamma y que se pueden ordenar de mayor a menor frecuencia, o por su longitud de onda

o por su energía. Esta clasificación del conjunto de todas las ondas electromagnéticas se conocen con el nombre de *Espectro de la Radiación Electromagnética*.

Las longitudes de onda se miden en km, m o cm para las ondas utilizadas en radiocomunicaciones. Se miden en décimas o centésimas de milímetro para los rayos infrarrojos; en diezmilésimas de milímetro para las ondas luminosas, y en unidades sucesivamente menores para los rayos UV, X y gamma. Las zonas de separación entre ellas suponen cierto margen de solapamiento, ya que su delimitación no es clara y nítida.

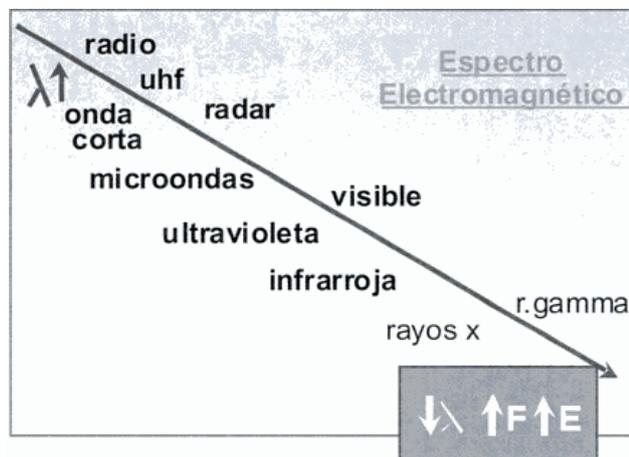


Ilustración 3. El espectro electromagnético se extiende desde las ondas radioeléctricas hasta la radiación gamma

3.1.2. PRODUCCIÓN DE RAYOS X

Un haz de rayos X se obtiene frenando un haz de electrones que se han acelerado, contra un blanco metálico de Wolframio en radiología convencional o de Molibdeno en mamografía (actualmente también Rodio/Paladio en mamografía). En cualquier aparato de rayos X existe un cátodo emisor de electrones y un ánodo o anticátodo conectado a un potencial fuertemente positivo respecto al cátodo, que atrae los electrones y que a la vez sirve de blanco contra el que éstos chocan. Los electrones son acelerados

aplicándoseles una diferencia de potencial eléctrica (entre 25kVp y 150 kVp en radiodiagnóstico), adquiriendo una energía máxima igual a la diferencia de potencial aplicada, expresada en kV.

Los electrones acelerados van a ir perdiendo energía cinética conforme van produciéndose colisiones inelásticas y radiactivas con los átomos de W y Mb del ánodo. Para las energías típicas utilizadas en radiodiagnóstico, las mayores pérdidas de energía se deben a ionizaciones que quedan depositadas en el ánodo, provocando la producción de calor (99% de la energía utilizada se convierte en calor); solo una pequeña cantidad (1%) de la energía de esos electrones acelerados se emite en forma de radiación electromagnética: rayos X.

Los rayos X pueden originarse a través de un mecanismo de producción doble que frecuentemente actúan de forma simultánea: la radiación de frenado y la radiación característica.

3.1.3. TUBO DE RAYOS X

El tubo de rayos X es el lugar en donde se generan los rayos X, en base a un procedimiento mediante el cual se aceleran unos electrones en primer lugar, para después frenarlos bruscamente. De esta forma se obtiene los fotones que constituyen la radiación ionizante utilizada en radiodiagnóstico. Para ello, dicho tubo consta de un filamento metálico (cátodo) que, al ponerse incandescente, produce una nube de electrones a su alrededor – efecto termoiónico-. Estos electrones son acelerados mediante una elevada diferencia de potencial (kV), y se les lleva a chocar contra el ánodo en donde son frenados liberando su energía cinética como fotones que constituyen los rayos X utilizados en clínica.

En la ilustración 4 pueden verse los elementos básicos que componen el tubo: el filamento (3) situado en el interior del cátodo (4), que está enfrentado al ánodo (2). En el centro de esta estructura tenemos el blanco de wolframio (5) sobre el cual inciden los electrones.

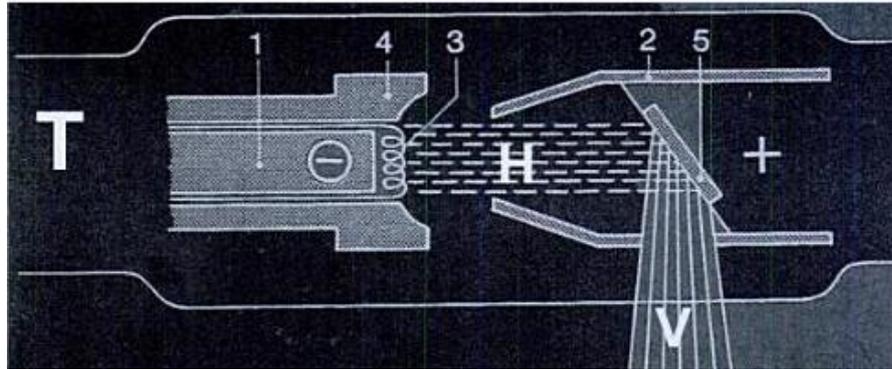


Ilustración 4. Esquema del tubo de rayos X: 1. Circuito de baja tensión; 2. Situación del ánodo; 3. Filamento del cátodo; 4. Lado del cátodo; 5. Ánodo

Todos los elementos descritos están en el interior de un “tubo” (T) de vidrio en donde se ha hecho el vacío para facilitar el desplazamiento de los electrones sea lo más rectilíneo posible. El haz útil de rayos X sale en la dirección mostrada en la figura atravesando una región del tubo (V), en la que el espesor del vidrio es menos que en el resto, es la denominada ventana de rayos X. Rodeando esta estructura se encuentra una carcasa de plomo y acero. Entre ella y el tubo es necesaria la existencia de un sistema de refrigeración, con el fin de disipar el calor que se produce al chocar los electrones contra el ánodo: de la energía empleada en la producción de rayos X el 99% se convertirá en calor y solo el 1% en rayos X.

Desde que Coolidge en 1913 describió el tubo de rayos X de filamento caliente prácticamente ha permanecido sin modificaciones. La más importante es la incorporación del ánodo giratorio frente al ánodo fijo, lo que ha aumentado significativamente la vida útil del tubo de rayos X. en la Ilustración 5 y 6 se pueden

apreciar los dos tipos de tubos de rayos X, con ánodo giratorio y ánodo fijo, respectivamente. En radiodiagnóstico, todos los tubos de rayos X empleados en la actualidad son de ánodo giratorio.

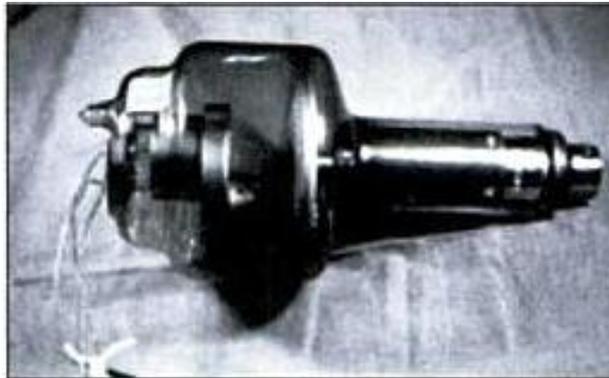


Ilustración 5. Tubo de ánodo giratorio

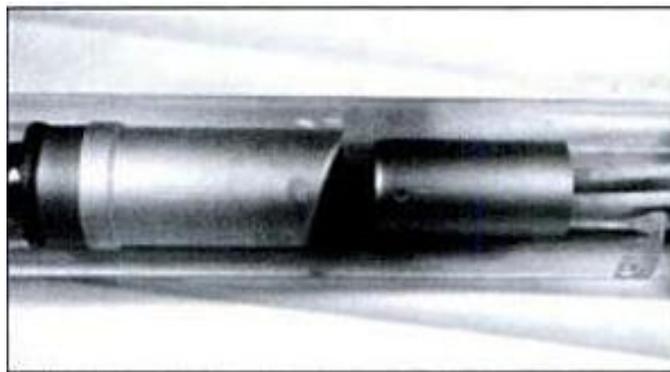


Ilustración 6. Tubo de ánodo fijo

3.1.4. EL CÁTODO DE UN TUBO DE RAYOS X

El filamento o cátodo suele ser una pequeña bobina o muelle de wolframio, material elegido por sus buenas propiedades desde el punto de vista de emisión termoiónica y punto de fusión elevado. Estas propiedades alargan la vida útil del tubo.

Los electrones producidos es preciso que choquen con el ánodo en el menos espacio posible, razón por la cual se concentra el haz de electrones en el zócalo o funda de copa metálica. En la ilustración 7 se puede apreciar el zócalo presente en los tubos de ánodo

giratorio, en cuyo fondo se ubica el filamento; mientras que en la ilustración 8 se observa la disposición del filamento en el tubo de rayos X de ánodo fijo. Cuanto mayor incandescencia se produzca en el cátodo o filamento del tubo, mayor será el número de electrones que saltarán de las últimas capas electrónicas del átomo de wolframio al espacio circundante (emisión termoiónica) y mayor será el número de electrones dispuestos a ser acelerados. Este mecanismo se regula con el mili-amperaje del aparato.

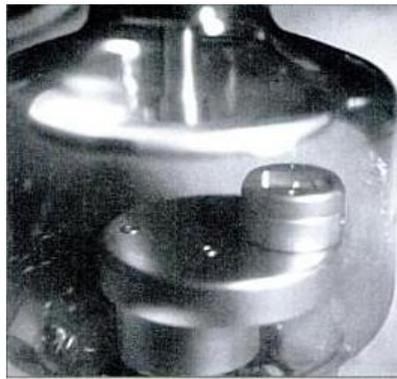


Ilustración 7. Zócalo del ánodo giratorio



Ilustración 8. Filamento en el ánodo fijo

La mayoría de los tubos de diagnóstico suelen tener dos filamentos de diferente tamaño. Esto permite trabajar buscando un compromiso entre el tamaño mínimo del foco para obtener una mejor resolución y una mayor disipación de potencia y un tiempo de disparo menor. Existen distintas formas de encapsular ambos filamentos, aunque en todos los casos la selección se realiza con facilidad desde el exterior.

3.1.5. CARACTERÍSTICAS DEL HAZ DE RADIACIÓN PRODUCIDOS POR LOS TUBOS DE RAYOS X

Los filtros son materiales que se interponen en la trayectoria del haz de rayos X y absorben los fotones poco energéticos. Pueden diferenciarse dos tipos de filtración: inherente y añadida.

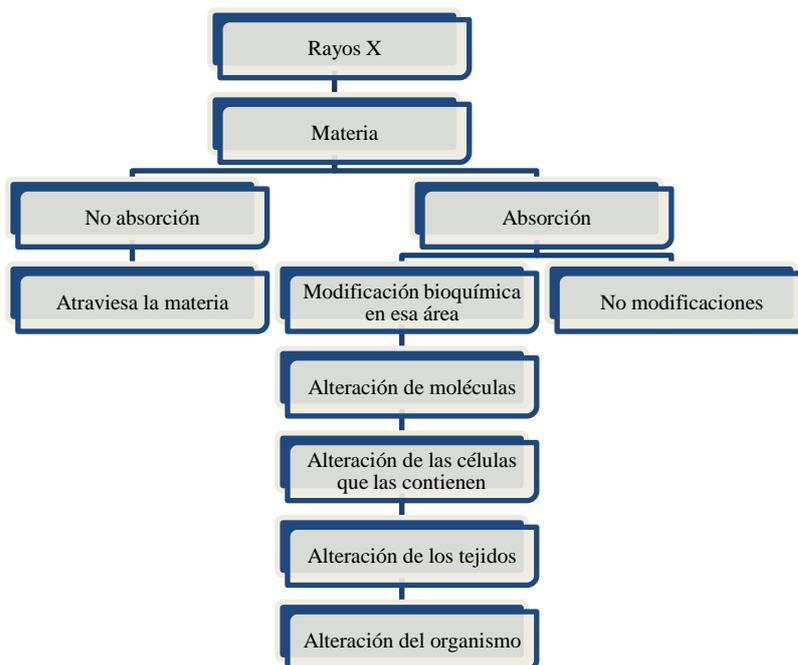
- Filtración inherente es la producida por los materiales estructurales del tubo de rayos X (vidrio del tubo, aceites, etc)
- Filtración añadida es la originada por colocar materiales a la salida del haz de rayos x, antes de que incida sobre el paciente. El tipo y espesor del material empleado para tal fin depende del valor de kV al que esté operando el tubo. En el rango de tensiones utilizado habitualmente en radiodiagnóstico el material empleado suele ser aluminio, solo o acompañado de espesores adicionales de cobre cuando se trabaja por encima de 150 kVp. En mamografía también se usa el molibdeno, que puede llegar a reducir al 50% las dosis administradas, gracias a la eliminación de la porción espectral del haz no válida para la mamografía.
- Filtración total del haz es la suma de la filtración inherente y de la añadida.

Se define la **RADIOBIOLOGÍA** como la ciencia que estudia los fenómenos que suceden cuando un tejido vivo ha absorbido la energía cedida por las radiaciones ionizantes. Estos fenómenos abarcan las lesiones que se producen y los mecanismos que pone en funcionamiento el organismo para compensar dichas lesiones.

Tanto la lesión producida como los mecanismos de reparación aun no se conocen completamente. En la actualidad se admiten una serie de etapas que intentan explicar las modificaciones que ocurren desde que se absorbe la radiación hasta que se presenta la alteración en el organismo; y que podrían resumirse de la siguiente forma:

- Absorción de la radiación por el organismo
- La absorción provoca una modificación bioquímica en ese lugar
- Se alteran ciertas moléculas
- Modificación de las células constituidas por las moléculas que se han afectado
- Modificación del tejido al que pertenecen las células alteradas
- Alteración del organismo pluricelular en su conjunto siempre y cuando la lesión no se repare, o si la alteración de la función correspondiente no se compensa.

En el mapa conceptual siguiente se resume este apartado, y será el eje que se seguirá en la interacción de la radiación con la materia viva.



La acción de las radiaciones ionizantes a nivel celular depende de la zona de la célula que absorba la radiación. Si se afecta, por ejemplo, la membrana pueden producirse alteraciones en su permeabilidad y las consecuencias dependen de la

efectividad de los mecanismos de reparación. Si el depósito de energía se produce en el núcleo puede tener consecuencias más graves, provocando incluso la muerte celular.

La magnitud de dosis equivalente efectiva pasa a denominarse dosis efectiva, representa la contribución relativa de los tejidos u órganos en el daño resultante de la irradiación uniforme del organismo completo.

Se recomiendan nuevos factores de ponderación para órganos y tejidos. Tabla 1

Tabla 1. Variaciones de las dosis efectivas desde 1977 a 1990 propuestas por la ICRP

	ICRP	ICRP		ICRP	ICRP
MÉDULA ÓSEA	0.12	0.12	PULMONES	0.12	0.12
VEJIGA	-	0.05	ESÓFAGO	-	0.05
SUPERFICIE	0.03	0.01	PIEL	-	0.01
MAMA	0.15	0.05	ESTÓMAGO	-	0.12
COLON	-	0.12	TIROIDES	0.03	0.05
GÓNADAS	0.25	0.20	RESTO	0.3	0.05
HÍGADO	-	0.05			

$$E = \sum W_T + H_T$$

Donde E=dosis efectiva; W_T = factor de ponderación del tejido; H_T =dosis equivalente de cada tejido

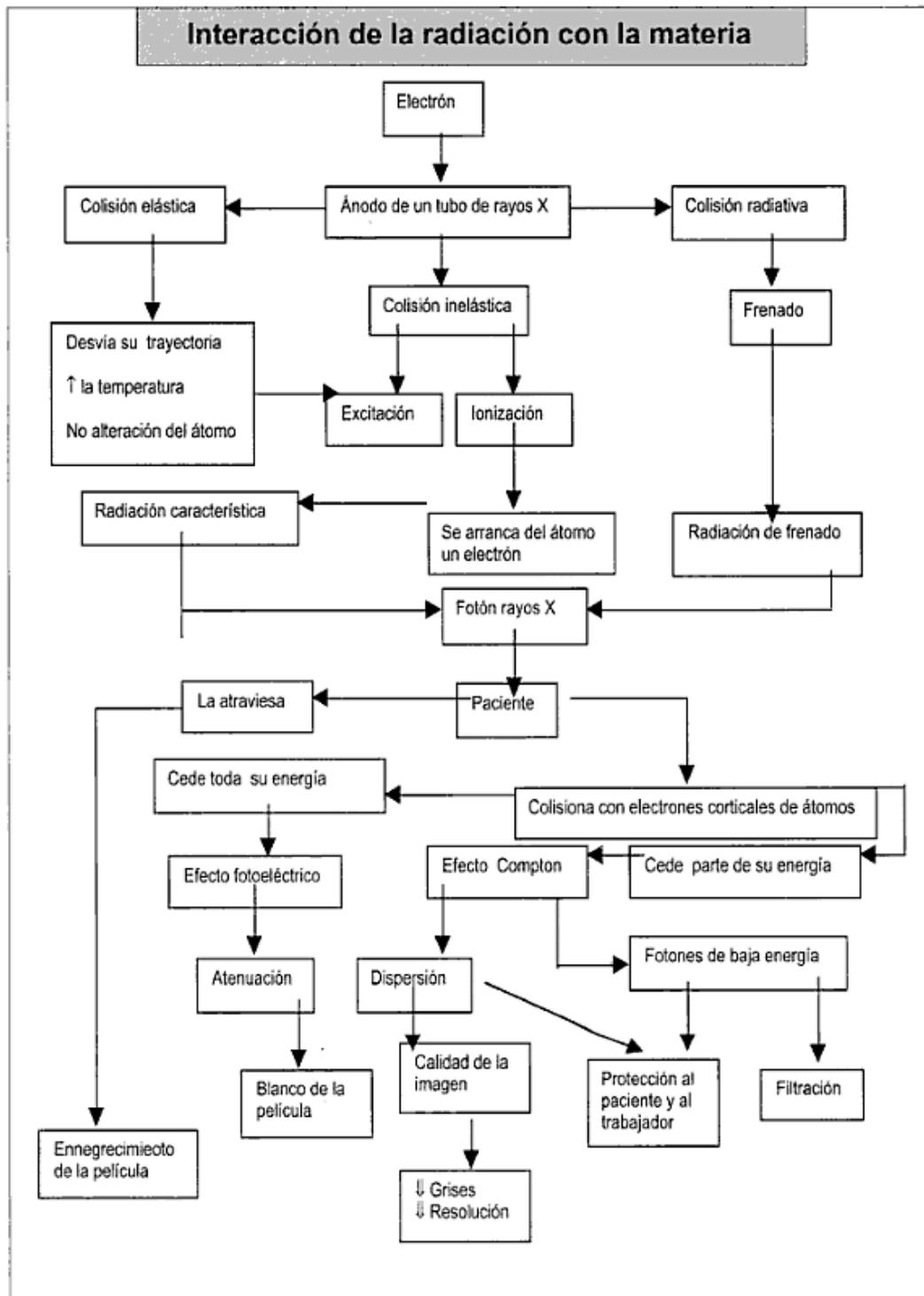


Ilustración 9. Mapa conceptual: interacción de la radiación con la materia.

(Baños, 2001)

4. METODOLOGÍA

El problema primordial que se identifica en el hospital es que del porcentaje total de reportes de fallas de equipos médicos al Departamento de Ing. Biomédica y Mantenimiento, el 70% lo ocupan los reportes del Servicio de Radiología. Es por esto que se requiere de una evaluación radiológica para saber el estado en que se encuentra esta sección. La metodología empleada se basa en los siguientes puntos:

1. Levantamiento y clasificación de equipos de Rayos X.

Se deberá acudir a las áreas del hospital para verificar la concordancia del inventario con los equipos que se encuentran físicamente en las áreas.

El primer punto servirá para clasificar adecuadamente los equipos a evaluar, etiquetamiento y ubicación. Las estadísticas sobre las fallas y mantenimientos de cada uno de los equipos de radiología fueron proporcionadas por las bitácoras ubicadas en el área de Ingeniería Biomédica del Hospital.

2. Estadísticas sobre las fallas y mantenimientos

En este apartado se revisarán las bitácoras que se encuentran en el área de Ingeniería Biomédica para obtener el número de mantenimientos que se les han hecho a los equipos de radiología en el año 2009 y hasta el mes de octubre del año 2010.

3. Seguridad radiológica.

En este apartado se va a revisar la norma que tienen que ver con la seguridad radiológica que es la Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002. Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.

4.1. CRONOGRAMA

ETAPA	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Levantamiento y clasificación de equipos de rayos X							
Estadísticas sobre las fallas y mantenimientos							
Principales fallas por equipo							
Revisión de las normas de seguridad radiológica							
Revisión de la implementación de las normas							

Obtuvimos que este hospital cuenta con alrededor de 450 equipos médicos en funcionamiento. Y que los equipos que nos competen para este estudio son los que se encuentran primordialmente en el área de Radiología e Imagen ubicada en el sótano del hospital, esta ubicación cuenta con 6 salas de Rayos X, dos salas de tomografía y una sala ubicada en medicina nuclear en donde se encuentra un tomógrafo híbrido y unos cuantos ubicados en las áreas críticas como son el quirófano y las unidades de Cuidados Intensivos y de Terapia Intensiva, así como en el área de urgencias.

La información recopilada de los mantenimientos que se realizaron a cada uno de los equipos fue proporcionada por las bitácoras las cuales se encuentran en el departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital.

5.1.1. EQUIPO DE LA SALA 1 DE RADIOLOGÍA

EQUIPO: Mesa Prono de Esterotaxia

MARCA: Lorad

MODELO: 31511071751

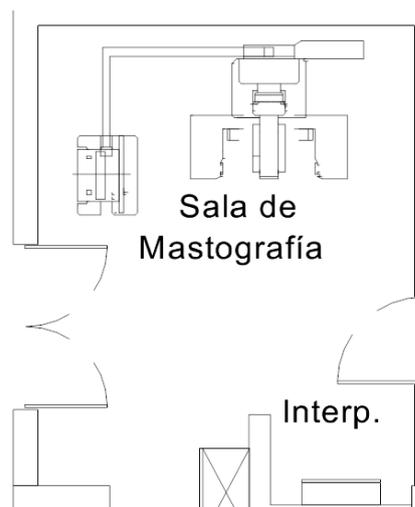


Ilustración 11. Ubicación de la sala 1 de radiología



Ilustración 12. Mesa Prono de Esterotaxia ubicada en la sala 1

5.1.2. EQUIPO DE LA SALA 2 DE RADIOLOGÍA

EQUIPO: Rayos X fijo

MARCA: SIEMENS

MODELO: ICONOS R200

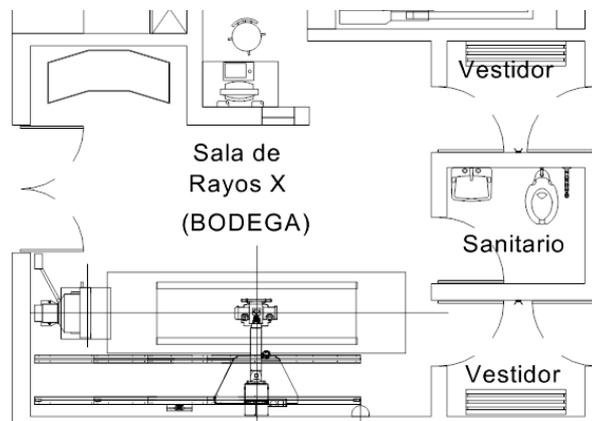


Ilustración 13. Ubicación de la sala 2 de radiología



Ilustración 14. Equipo de Rayos X Fijo ubicado en la sala 2 y su consola de control

5.1.3. EQUIPO DE LA SALA 3 DE RADIOLOGÍA

EQUIPO: Rayos X fijo

MARCA: SIEMENS

MODELO: ICONOS R200

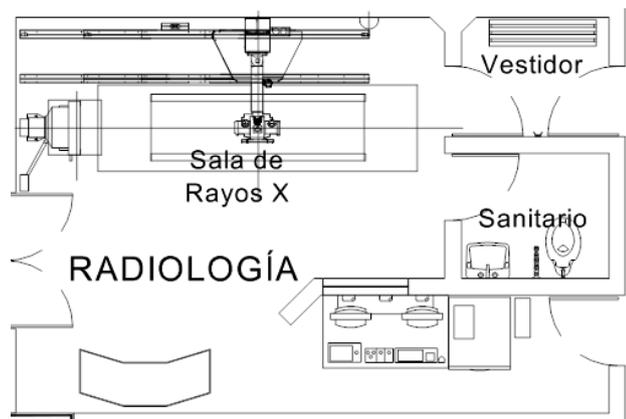


Ilustración 15. Ubicación de la sala 3 de radiología



Ilustración 16. Equipo de Rayos X Fijo ubicado en la sala 2 y su panel de control

5.1.4. EQUIPO DE LA SALA 4 DE RADIOLOGÍA

EQUIPO: Rayos X Fijo

MARCA: CMR

MODELO: MRF III/GMX550

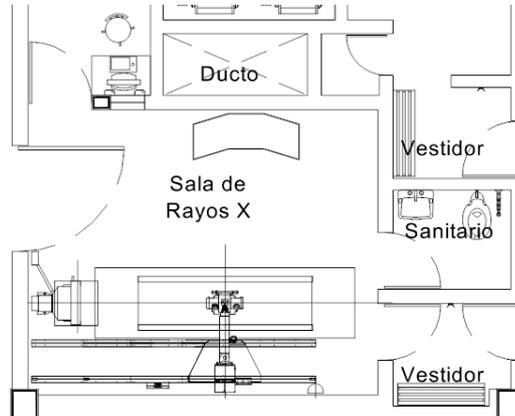


Ilustración 17. Ubicación de la sala 4 de radiología



Ilustración 18. Equipo de Rayos X Fijo ubicado en la sala 4 y su panel de control

5.1.5. EQUIPO UBICADO EN LA SALA 5 DE RADIOLOGÍA

EQUIPO: Rayos X Fijo

MARCA: SIEMENS

MODELO: ICONOS R200

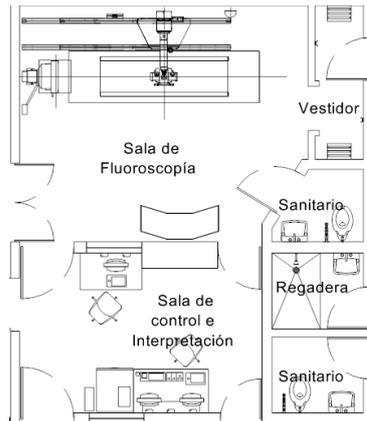


Ilustración 19. Ubicación de la sala 5 de radiología



Ilustración 20. Equipo de rayos x fijo ubicado en la sala 5 de radiología

5.1.6. EQUIPO UBICADO EN LA SALA 6 DE RADIOLOGÍA

EQUIPO: Arco en C Fijo con Fluoroscopia

MARCA: PHILLIPS

MODELO: D93/SCPDSI/XTV11

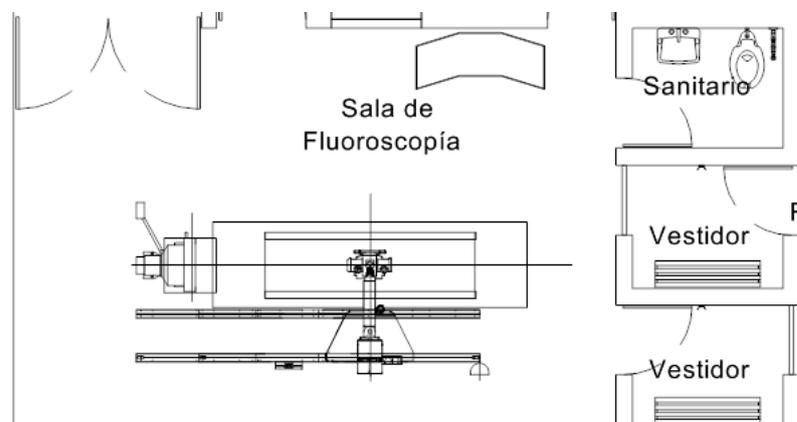


Ilustración 21. Ubicación de la sala 6 de radiología



Ilustración 22. Equipo ubicado en la sala 6 de radiología

5.1.7. SALA DE MASTOGRAFÍA EN RADIOLOGÍA

EQUIPO: Mastografo

MARCA: Halogic

MODELO: Selenia

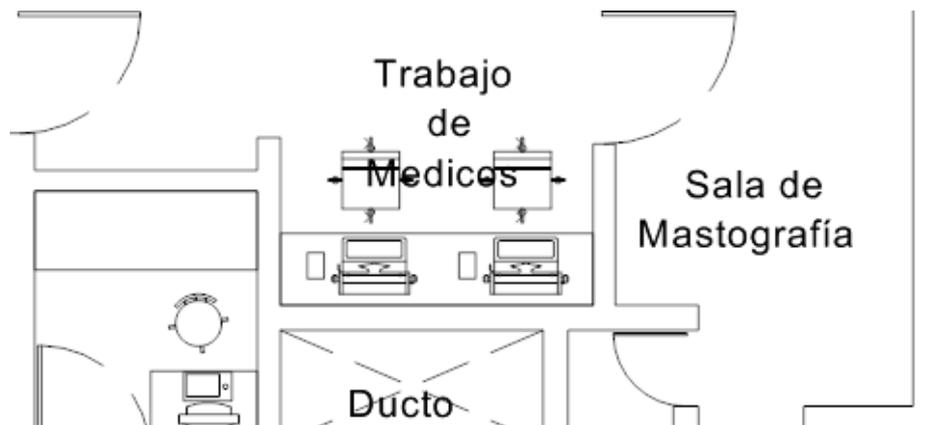


Ilustración 23. Ubicación de la sala de mastografía



Ilustración 24. Equipo de mastografía y panel de control

5.1.8. SALA DE TOMOGRAFÍA 1

EQUIPO: Tomógrafo

MARCA: Phillips

MODELO: Brilliance CT6

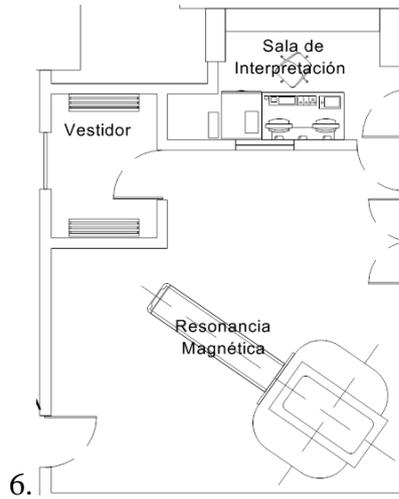


Ilustración 25. Ubicación de la sala 1 de tomografía



Ilustración 26. Equipo en la sala de tomografía 1

5.1.9. SALA DE TOMOGRAFÍA 2

EQUIPO: Tomógrafo

MARCA: SIEMENS

MODELO: Emotion 6

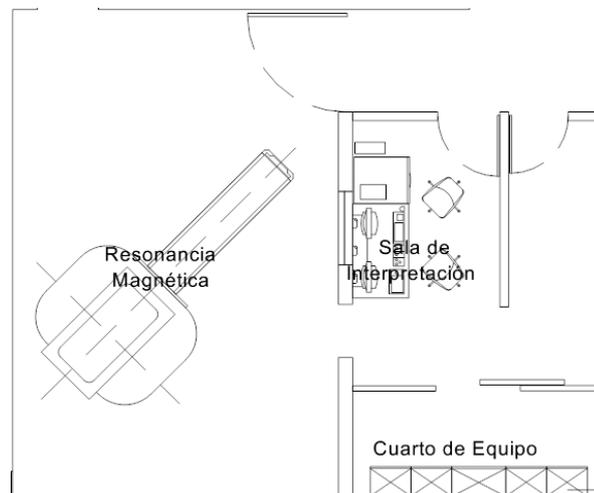


Ilustración 27. Ubicación de la sala 2 de tomografía



Ilustración 28. Equipo en la sala de tomografía 2

5.1.10. SALA DE MEDICINA NUCLEAR

EQUIPO: Tomógrafo SPECT/CT

MARCA: PHILLIPS

MODELO: PRECEDENCE 16

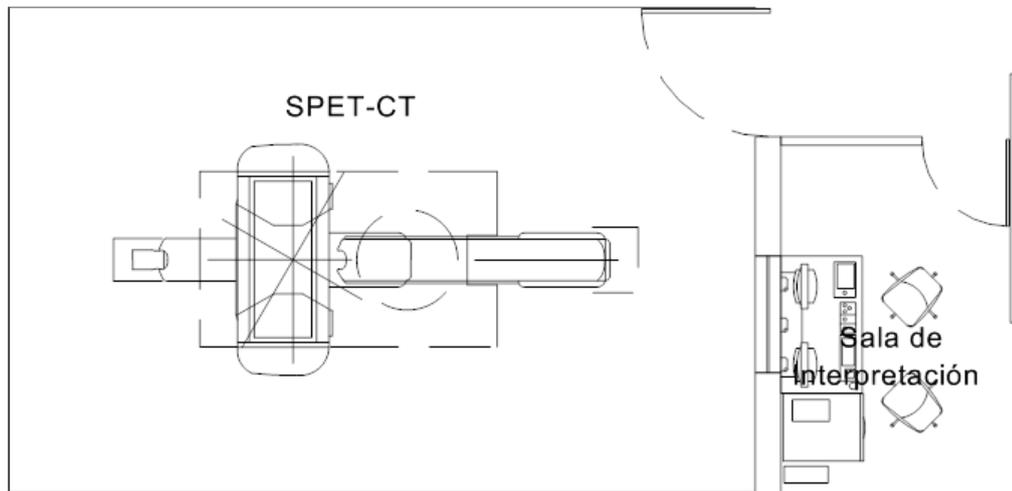


Ilustración 29. Ubicación de la sala de Medicina Nuclear



Ilustración 30. Equipo ubicado en la sala de Medicina Nuclear

5.1.11. EQUIPO DE RAYOS X PORTÁTIL

EQUIPO: Equipo de Rayos X Portátil

MARCA: GE

MODELO: AMX4



Ilustración 31. Equipo de rayos X portátil

El servicio de radiología cuenta con los siguientes equipos:

- 5 Equipos de Rayos X Fijo
- 1 Arco en C fijo
- 6 Equipos de Rayos X Portátiles
- 2 Tomógrafos
- 1 Tomógrafo híbrido SPECT/CT
- 1 Mastógrafo
- 1 Mesa de esterotaxia

Se consideraron estos equipos para realizar este estudio debido al alto índice de fallas, claro está que no todos los equipos del área de radiología presentan el mismo número de incidencias es por eso que el estudio se realizó a cada uno de estos equipos que contaban con las bitácoras necesarias para su análisis.

Del levantamiento de estos equipos se obtuvieron los siguientes resultados sobre el número de equipos y su estado operativo.

Tabla 2. Primer resultado del levantamiento de equipos

Número de equipos evaluados	17
Número de equipos en actividad normal	14
Número de equipos en actividad irregular	3
Número de equipos inactivos	0
Número de equipos sometidos a mantenimiento preventivo	17

Dentro de nuestro universo que comprende específicamente los equipos de rayos X en el área de radiología en el hospital encontramos que solo tres equipos son los que tienen una gran incidencia.

A continuación se mostrara las estadísticas de cada equipo desde el año 2009 hasta el mes de octubre del 2010 en cuanto a mantenimientos preventivos y correctivos respectivamente.

5.2. ESTADÍSTICAS SOBRE LAS FALLAS Y MANTENIMIENTOS

Las estadísticas de las fallas de los equipos de radiología se obtuvieron principalmente de las bitácoras que se encuentran en el área de Ing. Biomédica.

La información se obtuvo a partir del año 2009 para identificar con mayor precisión el número de mantenimientos que se hicieron para cada uno de los equipos en cuanto a mantenimientos preventivos y correctivos. También se obtuvo la información de este año 2010 hasta el mes de octubre.

A continuación se muestra la tabla obtenida de los mantenimientos realizados en el 2009

Tabla 3. No. de mantenimientos correctivos y preventivos del 2009

NO. EQ.	EQUIPO	EMPRESA	MANT. PREV. 2009	MANT. CORREC.2009
1	MASTOGRAFO	SMH	0	2
2	MESA ESTEREOTAXIA	SMH	2	0
3	Rx FIJO SALA2	SIEMENS	0	1
4	Rx FIJO SALA 3	SIEMENS	1	13
5	Rx FIJO SALA 4	E Y M	0	0
6	Rx FIJO SALA 5	SIEMENS	1	4
7	ARCO EN C FIJO SALA 6	PHILLIPS	0	0
8	Rx FIJO URGENCIAS	E Y M	1	2
9	ARCO EN C	SIEMENS	2	1
10	ARCO QUIRÚRGICO	PHILLIPS	2	6
11	ARCO QUIRÚRGICO	PHILLIPS	2	4
12	RAYOS X PORTÁTIL 1	GE	0	1
13	RAYOS X PORTÁTIL 2	RUANOVA	2	6
14	RAYOS X PORTÁTIL 3	RUANOVA	2	0
15	TOMOGRAFO 1	PHILLIPS	2	13
16	TOMOGRAFO 2	SIEMENS	2	9
17	TOMOGRAFO SPECT/CT	PHILLIPS	0	0

Los mantenimientos preventivos se realizan cada 6 meses, el primer periodo de mantenimientos preventivos se realizaron entre los meses de enero y febrero; el segundo periodo se realizo entre los meses de septiembre y octubre. Los equipos que no cuentan

con alguno de los dos mantenimientos son debido a que acababan de perder la garantía y se empezaron a realizar los mantenimientos utilizando una bitácora como tal. Y los equipos que no cuentan con ningún mantenimiento preventivo son debido a que siguen en garantía.

Los mantenimientos correctivos se realizan oportunamente en el tiempo marcado de máximo un mes para atender un reporte de mantenimiento correctivo, si esto no se llegara a efectuar el ISSSTE sancionara a las empresas encargadas de dichos mantenimientos.

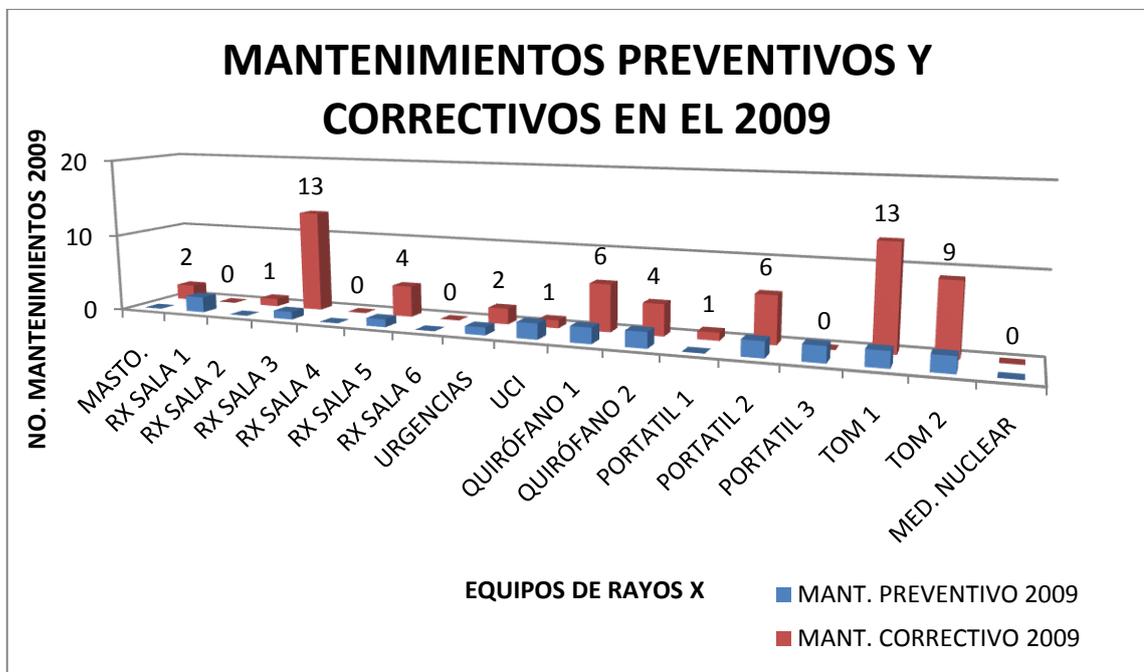


Ilustración 32. Gráfica de mantenimientos preventivos y correctivos en el 2009

La grafica anterior muestra una comparación entre los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos de rayos x del hospital en el año 2009. Como podemos ver en el grafico los equipos que tienen un mayor número de incidencias son el equipo de la sala 3 que es un equipo de rayos x fijo marca siemens, el tomógrafo Phillips ubicado en la sala 1 de la tomografía, el tomógrafo de la sala 2 y los equipos

portátiles uno de los cuales se encuentran en el área de radiología y el otro que se encuentra en el quirófano.

Los equipos de rayos x fijo que se encuentra en la sala 4 es un equipo nuevo que empezó a funcionar en el mes de septiembre del 2010. Sin embargo el equipo que se desinstalo de esa sala se reinstalo en la sala nueva de urgencias por lo que los mantenimientos reportados en esa sala fueron obtenidos de la bitácora de la sala 4.

Para los mantenimientos comprendidos para el año 2010 a continuación se mostrara la tabla correspondiente.

Tabla 4. Número de mantenimientos preventivos y correctivos en el 2010

NO. EQ	EQUIPO	EMPRESA	MANT. PREV 2010	MANT. CORREC 2010
1	MASTOGRAFO	SMH	1	5
2	MESA ESTEREOTAXIA	SMH	1	2
3	Rx FIJO SALA2	SIEMENS	1	3
4	Rx FIJO SALA 3	SIEMENS	2	10
5	Rx FIJO SALA 4	E Y M	0	0
6	Rx FIJO SALA 5	SIEMENS	1	4
7	ARCO EN C FIJO SALA 6	PHILLIPS	0	0
8	Rx FIJO URGENCIAS	E Y M	2	0
9	ARCO EN C	SIEMENS	2	1
10	ARCO QUIRÚRGICO	PHILLIPS	2	1
11	ARCO QUIRÚRGICO	PHILLIPS	2	0
12	RAYOS X PORTÁTIL 1	GE	2	8
13	RAYOS X PORTÁTIL 2	RUANOV A	1	2
14	RAYOS X PORTÁTIL 3	RUANOV A	2	2
15	TOMOGRAFO 1	PHILLIPS	3	14
16	TOMOGRAFO 2	SIEMENS	3	12
17	TOMOGRAFO SPECT/CT	PHILLIPS	0	0

Los mantenimientos preventivos al igual que los realizados en el año 2009 se efectúan cada 6 meses aproximadamente y en el caso de los tomógrafos se han realizado 3 mantenimientos preventivos con un periodo de 3 meses debido a que el número de reportes para estos dos equipos han aumentado considerablemente.

Los datos obtenidos de dicha estadística se mostraran en la siguiente grafica.

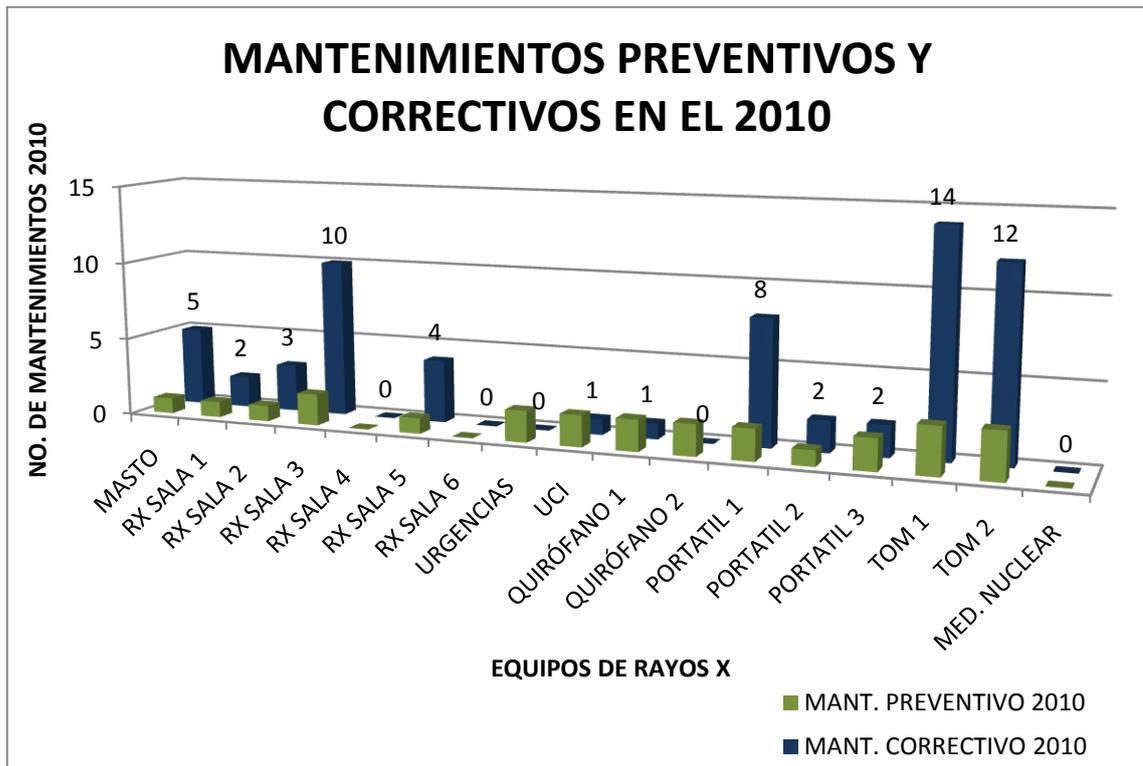


Ilustración 33. Gráfica de mantenimientos preventivos y correctivos en el 2010

Como vemos en la grafica tenemos 4 equipos con un mayor número de fallas. Hasta el momento se han realizado los mantenimientos preventivos y correctivos a tiempo y en forma con el fin de evitar que el servicio se quede sin brindar atención a los derechohabientes.

5.2.1. PRINCIPALES FALLAS POR EQUIPO

- **MASTÓGRAFO Y MESA DE ESTEROTAXIA**

Una de las fallas fue la descalibración del equipo, sin embargo las principales fallas reportadas a pesar que se encontraba en garantía el equipo era debido a que uno de los capacitores de almacenamiento se quemaban, esto lo reportan los ingenieros de la empresa SMH encargada de los mantenimientos, también reportaron que las fallas del equipo se debió al aumento de la temperatura en la sala del mastógrafo lo que con ayuda del departamento de Ingeniería Biomédica y Mantenimiento se resolvió y la sala de la mastografía funciona correctamente.

- **RAYOS X FIJO SALA 2**

Debido al bajo número de fallas que se observaron para este equipo se noto que los mantenimientos correctivos se debieron a un cambio del foco del colimador debido a que se encontraba fundido y los siguientes mantenimientos se deben a las actualizaciones que se les hizo al equipo y a la verificación de los motores y el contraste del laser así como la fuente de voltaje.

- **RAYOS X FIJO SALA 3**

Este es unos de los equipos con mayor número de reportes y sus principales fallas son el ajuste de la mesa, los cambios del foco del colimador, los ajustes al seriógrafo, las calibraciones del fluoroscopio, los movimientos mecánicos del brazo y la mesa. Los problemas que presenta este equipo son más que nada en cuanto a lo mecánico sin embargo el equipo funciona adecuadamente.

- **RAYOS X FIJO SALA 4**

No se encontraron reportes de este equipo debido a que acaba de ser instalado en el hospital.

- **RAYOS X FIJO SALA 5**

Las fallas que se reportaron para este equipo a lo largo del año 2009 y lo que se lleva de este año son los ajustes que se le hacen al colimador para su calibración y el cambio de los focos, la revisión y reparación de los problemas mecánicos que se presentaron, las calibraciones de los potenciómetros del sensor del chasis, una vez se

reviso en laser de la tomografía lineal y la más común es el cambio, liberación y/o actualización de la memoria.

- **ARCO EN C FIJO SALA 6**

No se cuenta información de este equipo debido a que se encuentra en garantía y no cuenta con una bitácora, sin embargo se sabe que a este equipo se le han hecho sus mantenimientos preventivos según lo marcado en los calendarios.

- **RAYOS X FIJO SALA DE URGENCIAS**

A pesar que este equipo ya se encontraba instalado en el hospital los mantenimientos que se le han realizado son pocos y han consistido principalmente en revisiones a los mecanismos de movimientos.

- **ARCO EN C PORTÁTIL UCI**

Este equipo solo cuenta con dos fallas a lo largo de casi 22 meses y la falla se debe a un problema generado con uno de los monitores con los que cuenta dicho equipo. Al la fecha estas fallas se han solucionado y el equipo funciona correctamente.

- **ARCO QUIRÚRGICO UBICADO EN QUIRÓFANO**

|Los problemas más frecuentes son causados por un fallo en la cadena de movimiento de las ruedas debido a que queda fuera de su lugar y eso impide que el arco se pueda mover de lugar el cual es un problema debido a que este equipo es necesario para realizar ciertas operaciones.

- **ARCO QUIRÚRGICO UBICADO EN QUIRÓFANO**

Para este equipo ocurre lo mismo que para el equipo anterior y son de los equipos que tienen un menor número de reportes de falla. Los mantenimientos correctivos que se les han realizado son el cambio completo de las cadenas y nos dimos cuenta que después de este mantenimiento realizado en el 2009 en este año 2010 ya no cuenta con la incidencia de dicho reporte. A este equipo en el año 2010 solo se le han practicado los 2 mantenimientos preventivos necesarios.

- **RAYOS X PORTÁTIL 1**

Las principales fallas que este equipo presento en el periodo estudiado son fallas en la clavija, como en los demás equipos las fallas de la cadena de movimiento de las ruedas y las constantes calibraciones que se le hicieron en los mantenimientos correctivos. Las

fallas que este equipo presento aumentaron en el año 2010 puesto que en año 2009 casi no presento alguna anormalidad en su funcionamiento.

- **RAYOS X PORTÁTIL 2**

Las fallas con mayor incidencia son los cambios de la tarjeta de memoria y la calibración sin embargo también se genero un reporte de falla con el monitor y su pronta reparación así como el problema con la cadena. Este problema es muy común en casi todos los reportes de equipos de rayos x portátiles.

- **RAYOS X PORTÁTIL 3**

La calibración también es uno de los mantenimientos correctivos más frecuentes que se le hacen a los equipos, este tipo de mantenimientos ayudan a mantener el buen estado de los equipos. Al igual que los ajustes y revisiones de todas las partes importantes, tanto de las mecánicas como de las eléctricas y electrónicas.

- **TOMÓGRAFO SALA 1 Y 2**

Como ya se había mencionado la causa más importantes de las fallas son el aumento de la temperatura en la sala del tomógrafo y en la sala de control es por eso que la falla mas común es el bloqueo del gantry también por ese motivo y el aumento considerable de la temperatura muchos de los mantenimientos de ambos tomógrafos son la revisión de los ventiladores y en ocasiones en cambio de las tarjetas.

- **TOMÓGRAFO SALA DE MEDICINA NUCLEAR**

Aun no se encuentra información sobre los reportes efectuados debido a que este equipo aun se encuentra en garantía.

5.2.2. REPORTES DE FALLAS

Los reportes de las fallas de todos los quipos que se encuentran instalados en el hospital se realizan de la siguiente manera:

- Cuando se recibe el reporte de una falla, uno de los encargados de equipo médico se presenta en el servicio para saber cuál es la problema, que equipo es el que presenta la falla, si la falla se puede resolver de una manera sencilla, se toman en cuenta muchos aspectos antes de generar un reporte por medio del

sistema SMEM (Sistema para el Mantenimiento a Equipo Medico) el cual es una base de datos que el ISSSTE creó para hacer de una forma más clara, eficiente y para tener un mejor control de los mantenimientos tanto preventivos como correctivos que se realizan a cada una de las instituciones del ISSSTE.

- El manejo de las bitácoras de mantenimiento en el hospital se realiza por el departamento de Ing. Biomédica, sin embargo es responsabilidad del coordinador de mantenimiento firmar la recepción de las mismas al momento de realizarse algún servicio.

La manera en que se realiza este procedimiento se describe en los siguientes pasos:

- Orden de servicio a la compañía: la empresa encargada de realizar los mantenimientos debe llegar con una orden de servicio la cual deberá ser llenada con los datos del equipo que se reviso.
- Copia de orden de servicio para registro en las oficinas centrales de ISSSTE (San Fernando): le empresa tiene que traer original y copia de dicha orden de trabajo, la copia se queda junto con la bitácora firmada en el departamento de Ingeniería Biomédica y el original la empresa se lleva para entregarlas a San Fernando.
- Una vez realizado el servicio el ingeniero o técnico tiene la obligación de llenar tanto las ordenes de trabajo como llenar la bitácora del equipo si es que ese equipo en particular cuenta con una, la bitácora debe ser llenada con la información del equipo, la descripción del mantenimiento y tiene que ser firmada por el ingeniero o técnico que realizo el servicio, por el usuario del equipo y por ultimo por el coordinador de Ingeniería Biomédica y Mantenimiento.

- La bitácora se mantiene en el departamento de Ing. Biomédica para tener un control de las mismas y de los mantenimientos realizados.

Subdirección General Médica
Subdirección de Conservación y Mantenimiento
ISSSTE
BITACORA
Nº. 1558
Hoja 1 de 50

Nombre del equipo: _____
Marca del equipo: _____
Modelo: _____
Nº de serie: _____
Nº de inventario: _____
Ubicación: _____
Empresa: _____
Dirección: _____
Teléfono: _____

Fecha del Mantto. Compromiso Real Diferencia
D M A D M A D M A

Inicio: _____
Término: _____
Días de Retraso: _____
Hrs. Mano de Obra: _____

Nota: Para ser llenado exclusivamente por el residente.
No. De Contrato: _____
SE ENTREGAN REFACCIONES
SI NO
En caso afirmativo especificar y anexar listado de refacciones y a quien se entrega.

PREVENTIVO CORRECTIVO

Descripción de la falla y servicio realizado: _____

Nombre y Firma del Contratista: _____
Nombre y Firma del Usuario del Equipo: _____
Nombre, Firma y Sello del Residente: _____

Ilustración 34. Formato de las bitácoras

Subdirección General Médica
Subdirección de Conservación y Mantenimiento
ISSSTE
BITACORA
Nº. 1558
Hoja 1 de 50

Nombre del equipo: _____
Marca del equipo: _____
Modelo: _____
Nº de serie: _____
Nº de inventario: _____
Ubicación: _____
Empresa: _____
Dirección: _____
Teléfono: _____

Fecha del Mantto. Compromiso Real Diferencia
D M A D M A D M A

Inicio: _____
Término: _____
Días de Retraso: _____
Hrs. Mano de Obra: _____

Nota: Para ser llenado exclusivamente por el residente.
No. De Contrato: _____
SE ENTREGAN REFACCIONES
SI NO
En caso afirmativo especificar y anexar listado de refacciones y a quien se entrega.

PREVENTIVO CORRECTIVO

Descripción de la falla y servicio realizado: _____

ISSSTE
W. B. "LIC. ADOLFO LOPPE MATEOS"

Ilustración 35. Datos que se deben llenar en las bitácoras

Como vemos en la Ilustración 35 en la parte izquierda se tiene que poner todos los datos de los equipos como el nombre del equipo, marca, modelo, Numero de serie y de inventario, ubicación, la empresa que realiza el mantenimiento, dirección y teléfono de la misma, además que también se debe indicar el tipo de mantenimiento que se esta realizando. En la parte derecha se indica el día o los días que se realizaron los mantenimientos y las indicaciones de si se entregaron o no refacciones.

En la parte central de la bitácora se describe todo el mantenimiento que se realizo. Y en la parte inferior se deben poner las firmas anteriormente mencionadas. (Biomédica)

5.3. SEGURIDAD RADIOLÓGICA

5.3.1. NOM-157-SSA1-1996

Salud ambiental, protección y seguridad radiológica en el diagnóstico médico con rayos x. El objetivo y campo de aplicación de la norma son:

- Esta Norma Oficial Mexicana establece los criterios y requisitos de protección radiológica que se deben aplicar en el uso de rayos X con fines de diagnóstico médico.
- Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en territorio nacional para todas las instalaciones fijas o móviles en establecimientos de diagnóstico médico en seres humanos, que utilizan equipos generadores de radiación ionizante (rayos X) en los que se incluyen los estudios panorámicos dentales y se excluyen las aplicaciones odontológicas convencionales.

Se empieza a verificar los parámetros que se deben de seguir conforme a lo especificado en la norma con ayuda del área de Medicina Nuclear, los cuales dentro del hospital son los encargados de ver la seguridad radiológica en el área de radiología e imagen. (NOM-157-SSA1-1996)

5.3.2. NOM-229-SSA1-2002

Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.

Esta norma es la actualización y la unión de todas las normas que tienen como base la seguridad radiológica emitida por equipos de rayos X, siendo esta norma la base para la verificación y cumplimiento que deben tener las unidades de radiodiagnóstico.

Para el cumplimiento de esta norma el hospital cuenta con el apoyo del ININ (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares) el cual brinda sus servicios tecnológicos especializados de asesoría para cumplir con las normas oficiales NOM-229-SSA1-2002 Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias,

especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X, NOM-012-STPS-1999, NOM-026-STPS-1998, NOM-026-NUCL-1999, NOM-052-ECOL-1993,, NOM-0451-SSA2-202 y el reglamento general de seguridad radiológica, publicado en el diario oficial de la federación del 22 de noviembre de 1988. (H. R. Lic. Adolfo López Mateos)

Los aspectos que este instituto verifico fueron las disposiciones y características que marcan las Normas en cuanto a las características de cada equipo, las salas y las instalaciones tales como:

Tabla 5. Pruebas realizadas por el ININ (Los números del 1-6 corresponden a el numero de salas)

CONTROL	VALOR DE REFERENCIA	1	2	3	4	5	6
Indicación visual	Indicadores de factores técnicos a fijar	<input checked="" type="checkbox"/>					
Control del tiempo de exposición	Medios para terminar una exposición después de una condición.	<input checked="" type="checkbox"/>					
Sobre exposición	Señal visible q indique cuando una exposición no ha terminado	<input checked="" type="checkbox"/>					
Indicadores de haz	Indicación visual que opere cuando se producen rayos X	<input checked="" type="checkbox"/>					
Equivalencia en aluminio del material entre paciente y receptor de imagen	Espesor máximo de 2mm de aluminio, las mediciones deben ser realizadas con una tensión de 100kV y con un haz con capa hemirreductora de 2.7 mm de aluminio	<input checked="" type="checkbox"/>					
Tubos múltiples	Deben estar claramente indicados antes del inicio de la exposición	<input checked="" type="checkbox"/>					
Colimación variable	Las dimensiones laterales del campo de radiación n debe ser mayor de 5 cm	<input checked="" type="checkbox"/>					
Radiación de fuga	Mediciones realizadas en 6 puntos diferentes de la coraza a 1 m de distancia del punto focal al tiempo de 1 hora y a la	<input checked="" type="checkbox"/>					

tensión máxima del tubo							
Intensidad del haz de luz	El haz debe presentar una iluminancia promedio no inferior a 100 luxes a una DFI de 100cm	<input checked="" type="checkbox"/>					
Contraste de iluminación en los límites del campo de luz	Debe presentar un cociente de contraste no menor de 4 en equipos fijos y no menos de 3 en equipos móviles	<input checked="" type="checkbox"/>					
Perpendicularidad del haz	Realizadas 1 vez al año y cada vez que se realice mantenimiento al sistema de limitación del haz útil.	<input checked="" type="checkbox"/>					
Tensión kV	Pruebas desde el valor mínimo especificado por el fabricante con intervalos de 20 kV. La diferencia debe ser menor al $\pm 5\%$ del valor nominal	<input checked="" type="checkbox"/>					
Tiempo de exposición	Las pruebas deben realizarse por lo menos a 0.05s, 0.1s y 1s. La diferencia del valor nominal debe ser menor al $\pm 5\%$ del valor nominal	<input checked="" type="checkbox"/>					
Rendimiento	Se determina después de haber medido la CHR Calidad del haz para una tensión constante de 80kV a 1m de distancia	<input checked="" type="checkbox"/>					
Calidad del haz CHR	La medida de la CHR debe realizarse usando aluminio tipo 1100 cuando ah tenido mantenimiento el tubo de rayos X o el colimador, con una tensión de 80kVp y la CHR debe ser cuando menos de 2.3 mm de Al	<input checked="" type="checkbox"/>					

Según el departamento de medicina nuclear que es el encargado de verificar el cumplimiento de estas normas el ININ realizó las pruebas a todos los equipos de rayos X que se encuentran en el hospital, tanto los equipos convencionales de rayos X que son los equipos de rayos X fijos como los equipos que cuentan con fluoroscopia así como los equipos de mastografía y los tomógrafos, con la finalidad de cumplir con la sección 8 de la NOM-229-SSA1-2002 que trata sobre los *elementos del programa de garantía de calidad* siendo el ININ el Asesor Especializado en Seguridad Radiológica. Cabe mencionar que este instituto no solo se basa en las normas nacionales sino que también toma en cuenta normas internacionales.

Los estudios realizados por el ININ a los equipos de rayos X son según las especificaciones que se encuentran en la NOM-229-SSA1-2002 principalmente en:

- Apartado 10 que se refiere a los *requisitos de funcionamiento para equipos de radiografía convencional*.
- Apartado 11 que se refiere a los *requisitos de funcionamiento para equipos de fluoroscopia*.
- Apartado 12 que se refiere a los *requisitos de funcionamiento para equipos de tomografía computarizada*.
- Apartado 13 que se refiere a los *requisitos de funcionamiento para equipos de mamografía*.

Es por ello que las pruebas radiológicas son más detalladas en cuanto a los niveles de radiación que emiten los tubos de rayos X. Según los datos obtenidos todas las salas de rayos X convencionales cumplen con todos los parámetros que marcan las normas, solo se encontró un inconveniente en la parte de tensión en la sala 4 sin embargo este problema ya fue resuelto por la empresa en contrato.

Con ayuda del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, de los mantenimientos preventivos y correctivos efectuados por las empresas y de la Coordinación de Ing. Biomédica y Mantenimiento se establece que los equipos utilizados para el radiodiagnóstico cumplen con las especificaciones requeridas por la NOM-229-SSA1-2002. Tanto en seguridad radiológica como en las especificaciones de las instalaciones de las salas, la seguridad y protección radiológica que debe tener el personal.

6. CONCLUSIONES

Un estudio sobre la calidad del servicio de cualquier institución es de suma importancia debido a que nos garantiza una atención óptima y oportuna. El estudio a una institución pública y en especial a una de las unidades del ISSSTE que es una unidad de tercer nivel y que atiende a un gran número de derechohabientes.

El fin de este estudio fue mejorar el servicio de radiología, haciendo de una forma más eficaz y eficiente el reporte de las fallas de los equipos.

Optimizar los mantenimientos preventivos y correctivos, esto con la información obtenida del estudio se observaron las principales fallas de los equipos y de esa forma es más fácil detectar una futura falla y hacer los reportes y las descripciones con mayor detalle con el fin de que la empresa encargada del equipo arregle dicho desperfecto en el menor tiempo posible.

Con ayuda de las oficinas generales de ISSSTE y de la Coordinación de Ing. Biomédica y Mantenimiento se encuentran programadas las acciones preventivas de todos los equipos que se encuentran dentro del hospital. Y es también con ayuda de estas coordinaciones que también se realizan los mantenimientos correctivos.

7. SUGERENCIAS PARA ESTANCIAS FUTURAS

Una observación importante que se obtuvo al realizar esta estancia hospitalaria fue que al departamento de Ing. Biomédica le faltan manuales de procedimientos para cada uno de los equipos que se encuentran en el universo de acción del hospital es por ello que se sugiere la creación de dichos manuales.

También es necesario que el hospital cuente con un Ing. Biomédico que sea capaz de dar soluciones inmediatas a problemas relacionados con el mal funcionamiento de equipos médicos para brindarle una mejor atención a los derechohabientes y evitar que el mal funcionamiento de un equipo retrase la atención oportuna a los pacientes.

8. ACTIVIDADES EXTRAS

A lo largo de la estancia se dio la oportunidad de conocer mejor el funcionamiento de un hospital de gobierno de tercer nivel y saber más sobre las obligaciones de un ingeniero dentro del mismo.

Las actividades principales que se desarrollaron dentro del hospital fueron:

- Como realizar mantenimientos preventivos a equipos como electroestimuladores, unidades de compresas calientes, centrífugas, incubadoras, cunas de traslado, fototerapias, monitores de signos vitales, equipos de laboratorio, equipos de oftalmología como lámparas de hendidura y proyectores, etc., esto con la ayuda de las diferentes empresas encargadas de dichos mantenimientos.
- Se realizaron constantes mantenimientos correctivos a los cables de ECG, oxímetros, cables para electroestimuladores, lámparas frontales, pedales y pad's de electrocauterios, aspiradores, entre otros.
- La gestión hospitalaria es un punto muy importante que debe aprender un Ing. Biomédico ya que una de las actividades importantes dentro de un hospital es la mejor continua de las tecnologías en salud para brindar un servicio de calidad.

9. BIBLIOGRAFÍA

Baños, M. A. (2001). *Bases Físicas y Biológicas del radiodiagnóstico médico. Texto y cuaderno de practicas*. España: Universidad de Murcia.

Bitácora de mantenimiento. En I. Biomédica, *Bitácora* (pág. 49).

H. R. Lic. Adolfo López Mateos. Convenio Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Convenio NO.ISSSTE-HRALM/001/10.

Mateos, H. R. (s.f.). *H. R. Lic. Adolfo López Mateos*. Recuperado el 23 de Marzo de 2010, de <http://www.hradolfolopezmateos.org/>

NOM-157-SSA1-1996. En *SALUD AMBIENTAL. PROTECCIÓN Y SEGURIDAD RADIOLÓGICA EN EL DIAGNOSTICO MEDICO CON RAYOS X*.

VPIKE.COM. (s.f.). Recuperado el 07 de Noviembre de 2010, de *VPIKE.COM*: <http://www.vpike.com>