



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Instalación de una sala de Rayos X

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Noé Morelos Mora

ASESOR DE INFORME

Ing. Francisco José Rodríguez Ramírez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025

Índice

Capítulo 1	3
1 Introducción	3
1.1 Objetivo	3
Capítulo 2	3
2 Descripción de la empresa	3
2.1 Visión de la empresa ²	3
2.2 Misión de la empresa ³	4
2.3 Servicio Técnico	4
2.3.1 Gerencia	5
2.3.2 Coordinación	5
2.3.3 Ingeniero de Servicio	5
Capítulo 3	5
3 Instalación de una sala de rayos X	5
3.1 Proyección	6
3.2 Instalación	7
3.2.1 Ortopantomógrafos	7
3.2.2 Rayos X simples	9
3.2.3 Rayos X con fluoroscopia	14
3.2.4 Tomógrafos	19
3.3 Puesta en marcha	22
3.3.1 Calibraciones espaciales y verificación de límites	22
3.3.2 Calibración de parámetros radiológicos	23
3.3.3 Capacitación y entrega del equipo	24
Capítulo 4	25
4 Participación profesional	25
4.1 Resultados	26
4.2 Conclusiones	26
Capítulo 5	28
5 Mesografía	28
Capítulo 6	29
6 Anexos	29

Capítulo 1

1 Introducción

A finales del siglo XIX el científico alemán Wilhelm Conrad Roentgen se dedicó a realizar diferentes pruebas con tubos de vidrio e intensos campos eléctricos, lo cual derivó en el descubrimiento de lo que hoy se conoce como rayos X.

Desde el descubrimiento de los rayos X se pudo apreciar las diferentes aplicaciones que éstos pudieran tener, el área médica fue desde un inicio una de las ramas en las que se le fue proyectando una mayor aplicación de dichos rayos.

Sin embargo, al correr de los años y con múltiples pruebas, se ha podido demostrar que el uso inadecuado o excesivo de los rayos X sobre organismos vivos puede provocar efectos nocivos en ellos, por esa razón su uso debe de estar limitado a zonas de radiaciones controladas y su aplicación por profesionales calificados.

Cuando se desea contar con un equipo de rayos X, es fundamental que se pueda tener una buena planeación para poder tener una sala de rayos X totalmente funcional y con las medidas de seguridad pertinentes y requeridas.

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo es exponer las labores que desempeño dentro de la empresa en la cual laboro y cómo el conocimiento adquirido en mi formación como profesionista en la Facultad de Ingeniería me ha ayudado a desempeñar mis funciones de forma adecuada.

Para poder cumplir con el objetivo planteado, tomaré como referencia la instalación de una sala de rayos X, lo que ejemplificará las funciones que realizo. Se dará una descripción de la empresa en la que laboro.

Capítulo 2

2 Descripción de la empresa

La empresa en la que laboro desde el 20 de febrero de 2012, es una empresa mexicana con presencia internacional con más de 30 años de experiencia en el sector salud, la cual se dedica a comercializar y brindar soporte técnico a equipo médico, mediante la representación de marcas reconocidas a nivel mundial.

El propósito que tiene la empresa es atender las necesidades de los profesionales de la salud mediante una correcta y oportuna asesoría en soluciones integrales y servicio, ofreciendo alta tecnología en diagnóstico por imagen¹.

2.1 Visión de la empresa²

Ser la empresa líder dedicada al cuidado de la salud que ofrezca las mejores soluciones integrales en beneficio de los hospitales, gabinetes, laboratorios, médicos y pacientes, a través de:

- Asesorar y comprender las necesidades manifestadas por los clientes.
- Proponer la solución integral al precio justo.
- Implementar la solución integral hasta lograr la completa satisfacción del cliente.
- Dar seguimiento a los requerimientos futuros.

2.2 Misión de la empresa³

Ser una empresa dedicada en atender las necesidades de los profesionales de la salud y ofrecer soluciones integrales y de alta tecnología basados en el alto desempeño, preparación y compromiso de nuestros colaboradores.

2.3 Servicio Técnico

El departamento de servicio técnico es el encargado de realizar desde la proyección de las salas que albergarán los diferentes equipos que maneja la empresa hasta brindar soporte técnico a dichas máquinas, para optimizar su operación y tener el mejor desempeño durante la vida útil que tenga cada equipo.

El departamento de servicio técnico está dividido en tres áreas principales las cuales se encargan de ver una gama específica de equipos. Se ha estructurado de esta manera para que cada área pueda tener personal especializado en cada línea específica de equipos y se brinde solución de los problemas en el menor tiempo posible. Las áreas son:

- Mastografía y densitometría.
- Rayos X y Tomografía.
- Ultrasonido y Resonancia Magnética.

Dentro de servicio técnico existe una *subárea* más, que es la de “**Proyectos**” la cual es más pequeña que las demás, pero su trabajo es hacer la proyección de las salas blindadas para cualquier tipo de equipos de rayos X o realizar la proyección de salas electromagnéticamente aisladas para el caso de los equipos de Resonancias Magnéticas, así como todo lo referente a obra civil y requerimientos de la instalación eléctrica.

Actualmente ocupo el puesto de ingeniero de servicio en el área de rayos X y tomografía, en el cual mis labores principales son instalar y brindar mantenimientos a la diferente gama de equipos que manejamos en el área.

2.3.1 Gerencia

La gerencia está estructurada mediante dos gerentes, uno administrativo y otro operativo los cuales tienen como función general la de administrar y gestionar los recursos suficientes para servicio técnico, así como proporcionar las herramientas necesarias para que cada área pueda desempeñar sus funciones correctamente; por otro lado, también tienen la función de llevar el control de personal y la dirección general de todo este departamento.

2.3.2 Coordinación

Cada área de las mencionadas, reciben el nombre de “*Coordinaciones*” y cada una cuenta con dos encargados o Coordinadores, los cuales son el medio de enlace entre el cliente (usuario), el ingeniero de servicio y la gerencia, para poder resolver los problemas de cada uno de los equipos que se encuentren dentro de su jurisdicción.

2.3.3 Ingeniero de Servicio

El *Ingeniero de Servicio* es la persona que se encuentra en campo y en la cual recae la responsabilidad instalar, dar mantenimiento y reparar los equipos que le sean asignados mediante su coordinador correspondiente. Para poder desempeñar correctamente la función de ingeniero de servicio, es necesario que tenga los conocimientos sobre mecánica, electricidad, electrónica, redes y fundamentos de programación, por mencionar los conocimientos más frecuentemente utilizados, ya que estos son indispensables en el trabajo diario que se desempeña dentro de la empresa.

Capítulo 3

3 Instalación de una sala de rayos X

La instalación de una sala de rayos X es uno de los procesos más elaborados que se manejan en servicio técnico y abarca tres etapas principales que es la de proyección, instalación y puesta en marcha. Se explicará de forma general las funciones que tiene el ingeniero de servicio en este proceso.

Antes de comenzar con la descripción de este proceso, es necesario explicar cómo se obtiene una imagen mediante rayos X, para comprenderlo de una manera muy simplificada, como lo muestra la Figura 3, solo se necesita tener una fuente emisora de radiación y un receptor de rayos X y en medio de ambos se debe de colocar al paciente enfocando en la región o zona de interés del cuerpo, para obtener la imagen deseada.

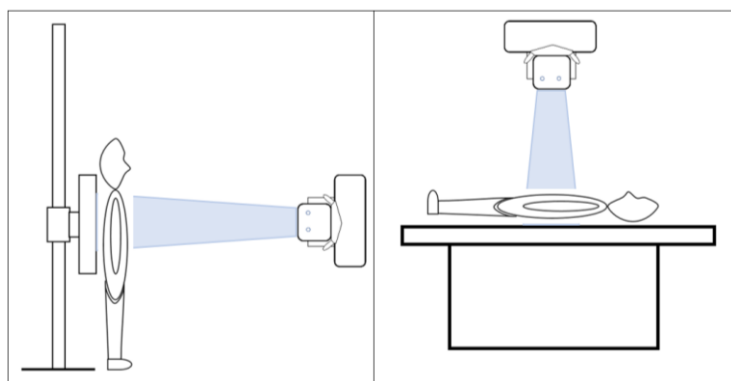


Figura 3. Ejemplos de proyecciones básicas de rayos X.

3.1 Proyección

Para este punto se tomará en cuenta que el equipo de rayos X ya ha sido adquirido por el cliente, no se incluye el proceso de compra, ya que de eso se encarga un departamento diferente al de servicio técnico.

Una vez que el cliente ya ha adquirido un equipo de rayos X, es muy importante ver que el área que él tenga destinada para la instalación y operación de dicho equipo sea la adecuada.

Primeramente, hay que acudir al sitio designado por el cliente y verificar las dimensiones espaciales del área destinada para la sala de rayos X y tomar mediciones para poder hacer un primer esbozo a mano de la sala, a este proceso se le llama levantamiento de sala.

Posteriormente el área de **Proyectos** se encarga de realizar un plano de forma digital con las acotaciones pertinentes, las especificaciones eléctricas y de blindajes que se requieran para llevar a cabo el proyecto. Este plano que menciono también se le suele llamar guía mecánica, la cual será la base de la proyección de la sala de rayos X y en la cual se establecerá si el área que tiene el cliente es suficiente o se requerirán hacer adecuaciones a sus instalaciones.

Una guía mecánica se realiza con base en el espacio que el cliente disponga, a los requerimientos de funcionamiento que especifique el fabricante del equipo a ser instalado y con base en la Norma Oficial Mexicana número 229-SSA1-2002 (NOM-229-SSA1-2002) referente a "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 etapa es realizada prácticamente en su totalidad por área de Proyectos, aquí el ingeniero de servicio suele apoyar en el levantamiento de la sala y da su punto de vista en la distribución que tendrá el equipo de rayos X dentro de la sala, así como, en los requerimientos para la alimentación de energía eléctrica del equipo, y en varias ocasiones, dar el visto bueno en la guía mecánica para que esta se pueda enviar al cliente y posterior a su aprobación, poder comenzar con la instalación, sin embargo, por lo general, el visto bueno a la guía mecánica es responsabilidad del coordinador.

3.2 Instalación

Esta etapa es realizada enteramente por el ingeniero de servicio, una vez que el cliente ha dado la certeza que la sala de rayos X ya cumple con todas las especificaciones y características que se han establecido en su guía mecánica.

Antes de comenzar con la instalación del equipo, es necesario llevar a cabo una última revisión de la sala para poder constatar que efectivamente la sala ya cumple con los requerimientos espaciales mínimos, así como los requerimientos eléctricos necesarios para poder proceder con la instalación.

Para comenzar con la instalación, se va desembalando el equipo a la par que se verifica con una lista de control, también llamada "*Check List*" por ser su nombre en inglés, que cada caja o módulo que haya arribado a la sala esté completo, para poder armar el equipo sin ningún contratiempo. El *Check List* viene junto con el equipo enviado por el fabricante, para tener un orden de que es lo que mandó el fabricante con respecto a lo que llegó al lugar de instalación.

Se denomina "*Instalación Mecánica*" a todo lo que respecta al armado y fijación del equipo dentro de la sala, dichos equipos suelen venir en módulos, los cuales pueden ser colocados a conveniencia para obtener un óptimo desempeño del equipo, aunque claro esto se contempla desde la guía mecánica.

Aunque los equipos al igual que su respectiva instalación suelen ser diferentes, algo que comparten, al menos durante la instalación mecánica, es que el punto de emisión de los rayos X debe de quedar alineado con respecto a su receptor o receptores, de ser el caso que tenga más de uno.

A continuación, se englobarán en cuatro categorías principales los equipos que necesitan de una sala de rayos X para poder trabajar, sin embargo, cabe mencionar que hay otros equipos (por lo general móviles) que no necesitan de dicha sala y que también son parte de la gama de equipos que se ven en el área de rayos X y tomografía.

3.2.1 Ortopantomógrafos

Los ortopantomógrafos son equipos usados para imágenes dentales para proyecciones panorámicas y cefalométricas. Estos equipos son los más compactos que se manejan, sin embargo, para su instalación se requiere de una muy buena alineación en los tres ejes espaciales.

Estos equipos se fijan tanto al piso como a una pared de la sala, y de los cuales se tomarán como referencia para la nivelación, sin embargo, siempre es necesario hacer ajustes para que el equipo quede dentro de los intervalos de tolerancia en cuanto a nivelación se refiere.



Figura 3.2.1A. Ejemplo de Ortopantomografo⁴.

En este tipo de equipos viene integrada la fuente de emisión de rayos X con su respectivo receptor, que en la actualidad es muy común que este sea digital. Estos equipos hacen la obtención de imágenes haciendo un barrido y obteniendo pequeñas imágenes alrededor del cráneo y posteriormente superponiendo todas esas imágenes para obtener una imagen final general.

Estos equipos cuentan con una gran cantidad de componentes mecánicos para llevar a cabo cada uno de los movimientos, un sistema electrónico de control para los diferentes tipos de motores, un sistema electrónico de potencia para generar los rayos X con su respectivo control y electrónica digital para la interfaz con el usuario.



Figura 3.2.1B. Ejemplo de proyección panorámica obtenida en campo.



Figura 3.2.1C. Ejemplo de proyección cefalométrica obtenida en campo

3.2.2 Rayos X simples

Este tipo de equipos son los que se utilizan en “*Estudios simples*” los cuales son denominados de esta manera en radiología debido a que no necesitan ningún tipo de medio o método invasor hacia el cuerpo para poder obtener una imagen de la zona requerida.

La configuración más general con la que se pueden encontrar este tipo de equipos, es con los siguientes componentes:

- Tubo de rayos X - colimador
- Soporte de tubo – colimador
- Mesa con porta chasis (bucky de mesa)
- Porta chasis de pared (bucky de pared)
- Generador de rayos X con consola de mando.
- Receptor de rayos X, el cual puede ser chasis o detector digital

El tubo de rayos X y el colimador son piezas diferentes, sin embargo, suelen verse como una sola estructura, debido a que el tubo es el encargado de emitir la radiación y el colimador es el encargado de delimitar el área a radiar.

El tubo de rayos X está soportado por una estructura la cual puede ir anclada al piso, al techo o a ambos; así que lo primero que se instala en este tipo de equipos es el soporte del tubo – colimador, el cual se debe de dejar nivelado en los tres ejes espaciales.



Figura 3.2.2A. Ejemplo de equipo simple con soporte de anclaje a techo⁵.

Los equipos con soporte de techo son de los más complicados de instalar dentro de esta gama de equipos. Para poder fijarlos adecuadamente se solicita a la *subárea* de **Proyectos**, estructuras metálicas ancladas al techo y perfectamente niveladas, para poder armar la estructura de soporte tubo - colimador. Este tipo de equipos son muy versátiles por su gran movilidad tridimensional.



Figura 3.2.2B. Ejemplo de equipo simple con soporte de anclaje a piso⁶.

Este tipo de soporte de tubo – colimador es de los más utilizados, ya que necesita menos espacio para poder trabajar y menos adecuaciones que un soporte de techo, sin embargo, la movilidad tridimensional es más limitada que en la suspensión de techo. Este soporte consta de una columna y un riel anclado al piso. La nivelación de este tipo de soportes se lleva a cabo tomando como referencia el piso de la sala. Este tipo de soporte también es conocido como columna autosportada.



Figura 3.2.2C. Ejemplo de equipo simple con soporte de anclaje Piso – Techo⁷.

El soporte piso – techo tiene la misma funcionalidad que el soporte de piso, hablando desde el punto de vista del usuario. Para su instalación se requiere un soporte metálico adicional en el techo para anclar el equipo (algo similar al soporte de techo), sin embargo, el propósito de este no es para soportar el equipo, sino servir de guía, ya que el equipo irá soportado por un pequeño riel de piso. El soporte puede ser anclado a la pared en lugar del techo, ya que la altura de la columna es ajustable, esto último se proyecta desde la guía mecánica. La nivelación del equipo se hace con respecto al piso de la sala.

Independientemente del tipo de soporte tubo - colimador con el que se cuente, los equipos de rayos X suelen estar acompañados por sus respectivas mesas, las cuales están diseñadas con el propósito realizar las proyecciones de pacientes acostados, cada mesa es equipada con un porta chasis, el cual es desplazable en la dirección de izquierda a derecha, tomando como referencia la vista frontal de la mesa. Esta porta chasis también es conocido como *bucky de mesa*. Algunas ocasiones el chasis es puesto sobre la mesa para poder realizar dos o más proyecciones en una sola imagen.

Existen mesas que pueden ser más versátiles, las cuales tienen la tabla superior móvil en dos direcciones, este tipo de mesas son conocidas como mesas de tabla flotante o simplemente como mesas flotantes, sí además la mesa cuenta con ajuste de altura, entonces es conocida como mesa elevable. La instalación de la mesa se hace anclándola al piso y dejándola alineada con respecto al centro del soporte tubo – colimador.

Otro de los elementos comunes en estos equipos es el *bucky de pared*, el cual consiste en un porta chasis con la capacidad de realizar desplazamientos de arriba abajo para poder realizar proyecciones de pacientes de pie. Existen unos tipos de buckys de pared que pueden angular el carro porta chasis, esos suelen ser los más completos. El bucky se ancla a una de las paredes de la

sala, dependiendo de su utilidad y del tipo de soporte tubo – colimador con el que cuente, por lo general se alinean con el centro de dicho soporte.

Hasta este momento se ha hecho énfasis en la parte mecánica y estructural de los equipos, sin embargo, para poder obtener una imagen mediante un equipo de rayos X se necesitan controlar tres factores, los cuales son voltajes en kV, corrientes en mA y tiempo de exposición, la combinación adecuada de estos tres factores, harán que se puedan tener imágenes precisas para diagnóstico; estos factores también suelen ser llamados *parámetros radiológicos*.

Pese a que el fenómeno de la emisión de los rayos X se genera en el tubo, los parámetros radiológicos que determinaran la calidad de la imagen se genera y controlan por el generador, el cual a su vez se maneja desde una consola la cual puede modificar los parámetros radiológicos dentro de los límites del generador a voluntad del radiólogo.

El generador de rayos X siempre debe de llevar su control, el cual es conocido como consola, la cual puede tener varias formas, tamaños y capacidades, las más sofisticadas son computadoras de última generación.

En el caso de los equipos más pequeños como por ejemplo los ortopantomógrafos, el generador es incluido dentro de la estructura del equipo, al igual que su consola de control, ya que la potencia de salida del módulo generador de rayos X será menor que en los equipos simples, no obstante, el principio de funcionamiento seguirá siendo el mismo.

El último de los componentes para poder tener una radiografía es el receptor de rayos X, el cual en su forma más tradicional es un casete o chasis que en su interior cuenta con una película sensible a la luz (fotosensible), la cual al ser expuesta a una dosis de rayos X se graba la imagen en ella y para que no se borre o sobre exponga al ser expuesta a otro tipo de radiación, la imagen obtenida se fija a la película mediante un proceso químico que también es conocido como revelado.

Los chasis de revelado mediante sustancias químicas son altamente contaminantes debido a los químicos utilizados durante la fijación de la imagen, es por eso que este tipo de receptores comienza a estar en desuso. Existe otro tipo de chasis que utilizan el mismo principio de adquisición de imágenes, pero con la diferencia que el revelado es digital, una máquina en la cual se coloca el chasis se encarga de sacar de manera automática la película, obtener la imagen de manera digital para mostrarla en un monitor y posteriormente regresar la película al chasis, no sin antes dejar en blanco la película para tomar otra imagen. Este segundo tipo de receptores son conocidos como Radiografía Computarizada o simplemente como CR por sus siglas en inglés (Computed Radiography).

Cabe mencionar que los chasis y el sistema de revelado por lo general el cliente los adquiere por separado con respecto al equipo de rayos X, ya que existen empresas que se encargan exclusivamente de comercializar equipos de revelado. En la empresa que laboro sólo llegamos a trabajar los CR ocasionalmente.

El método más moderno de adquisición de imágenes con rayos X es con detectores digitales, los cuales tienen internamente una matriz de diminutos fotosensores los cuales se encargan de obtener una pequeña porción de la imagen y enviarla a una computadora la cual se encargará de

procesar y unir toda la información que recibe del detector, para mostrar en una pantalla de manera digital la imagen global obtenida.

Los detectores digitales son parte de los equipos de rayos X (a diferencia de los CR) incluso estos equipos son comercializados como equipos analógicos o digitales, dependiendo si viene integrado o no con su respectivo detector digital de rayos X.



Chasis



Chasis CR



Detector Digital

FIGURA 3.2.2D. Ejemplos de receptores de rayos X.

El diseño de los equipos simples, en general, es muy mecánico, por ejemplo, es frecuente encontrar que los movimientos de los soportes tubo – colimador, así como los del *bucky de pared*, se lleven a cabo por medio de sistemas de contrapesos, los diferentes sistemas de frenado por lo general son electroimanes y en el caso de las mesas elevables ese movimiento cuenta con un sistema electromecánico para tener la fuerza suficiente para poder elevar la mesa aún con pacientes robustos sobre ella.

La parte que respecta a la generación de los rayos X es hecha dentro del tubo, sin embargo, como ya se ha mencionado con anterioridad los parámetros radiológicos que son empleados para cada exposición son generados y controlados desde el generador, el cual cuenta con un diseño electrónico de potencia, para poder generar la potencia eléctrica necesaria para cada exposición y también cuenta con una parte electrónica dedicada a estar monitoreando cada paso de la generación de los rayos X y los posibles fallos que se pudieran presentar, para en caso de ser necesario, detener la exposición como medida de seguridad y no radiar de más a los pacientes.

La consola del generador es la parte que funciona como interfaz entre el usuario y el equipo, cabe mencionar que estas consolas suelen emplear electrónica digital al igual que la parte de procesamiento que lleva el generador. En los equipos en donde se integra un detector digital de rayos X, la consola es una CPU, la cual tiene una interfase adicional que comunica y sincroniza a dicho detector con el generador y la CPU, para que la imagen obtenida sea desplegada prácticamente de manera inmediata en un monitor de grado médico que se integra en este tipo de sistemas. Se ha vuelto necesario contar con conocimientos de base de datos y redes para los equipos con detector digital, ya que cada paciente es guardado en una base de datos interna del

equipo y es muy común que se interconecten a una red del hospital y compartan esta información hacia otros equipos y a su vez también reciban información de ellos.

3.2.3 Rayos X con fluoroscopia

La fluoroscopia es un método de obtención de imágenes en tiempo real para poder realizar estudios intervencionistas o también llamados estudios dinámicos, en resumidas cuentas, en estos tipos de estudios se introduce un medio de contraste al organismo para resaltar un órgano o un sistema del resto y estar obteniendo imágenes en tiempo real durante ese proceso.



Figura 3.2.3A. Ejemplo de estudio contrastado.

Los equipos con fluoroscopia son prácticamente una sola pieza que está integrada por el tubo – colimador con su respectivo soporte, mesa y receptor; los módulos que vienen por separado son generador, módulo de procesamiento de imágenes, módulo de control de movimientos, monitores y finalmente las consolas del equipo. Además, el equipo tiene la cualidad de poder moverse de la posición de 0° y hasta 90° con el paciente sobre la mesa, este movimiento es conocido como basculación.

En términos generales existen dos tipos de sistemas de fluoroscopia los telemandos y los mandos cercanos.

La gran mayoría de equipos radiológicos utilizados en medicina suelen tener un área de control dentro de la propia sala de rayos X, la cual es denominada como cuarto de control, en el cual es colocada la consola de mando del generador. El propósito de separar el control de los parámetros radiológicos del resto del equipo, es disminuir las dosis de radiación que recibe el radiólogo, ya que puede hacer las exposiciones a distancia y con las barreras de protección adecuadas.

A los equipos que son capaces de controlar los parámetros radiológicos, movimientos y hacer exposiciones de rayos X desde el cuarto de control, se les denomina telemandos.



Figura 3.2.3B. Ejemplo de telemando⁸.

Un telemando no necesita un *bucky de pared*, debido a que en la posición de 90° el tubo - colimador puede llegar a separarse desde 100 cm y hasta 180 cm entre el punto de emisión de radiación, el cual también es llamado punto focal y la superficie de la tabla, dicha distancia ayuda para poder hacer las diferentes proyecciones anatómicas con el paciente de pie, esto hace que el uso de un *bucky de pared* no tenga mayor funcionalidad en estos equipos. La distancia máxima entre la superficie de la mesa y el punto focal no siempre será de 180 cm, esto va a variar de acuerdo a las condiciones de la sala y a las características propias del telemando.

Las instalaciones de los telemandos son muy laboriosas, ya que este tipo de equipos poseen una gran cantidad de partes móviles y diferentes tipos de motores para realizar cada uno de los movimientos, por lo tanto, estos equipos cuando ya están totalmente ensamblados pueden llegar a pesar alrededor de una tonelada. Para comenzar con la instalación del equipo, es necesario fijarlo, lo cual se consigue anclando una placa de acero al piso para que soporte a todo el telemando, dicha placa es enviada junto con el equipo por el fabricante y es puesta por el cliente durante el proceso de adecuación de la sala de rayos X.

El equipo viene embalado y lo suficientemente desarmado para proteger partes frágiles y para que su peso se encuentre balanceado y de este modo no sea tan complicado colocarlo sobre su respectiva placa de sujeción. Una vez que el equipo se encuentra sobre la placa será necesario acoplarlos mediante unos tornillos de sujeción que unen ambas estructuras, sin embargo, antes de apretar cada uno de esos tornillos será necesario nivelar el equipo, para que este quede correctamente alineado a los tres ejes espaciales.

Una vez fijo el equipo se comienza a hacer el armado de todas las piezas que llegan por separado, siempre procurando conservar la perpendicular y paralelismo necesario entre cada componente para poder dejar todo totalmente alineado. Al tiempo que se va armando el equipo se procura ir pasando cada uno de los cables por las diferentes rutas internas y externas para poder comunicar el telemando con su respectivo módulo de control, generador y módulo de procesamiento de imágenes; es necesario que este proceso se haga con sumo cuidado, ya que, los cables no pueden quedar mal posicionado debido a que el equipo tendrá una gran movilidad en varios de sus

componentes una vez finalizada la instalación y el contar con cables sueltos o mal posicionado podría provocar daños severos al equipo e incluso al paciente.

Las partes móviles que puede tener este tipo de equipos pueden variar un poco dependiendo del modelo, pero en general la gran mayoría poseen las siguientes partes móviles, comenzando con la estructura tubo – colimador, estos tienen un giro angular de -90° a 90° aunque su posición normal es a 0° , este movimiento es manual. El soporte tubo – colimador tiene la propiedad de moverse en un eje para incrementar la distancia hacia la superficie de la mesa, como ya se ha mencionado con anterioridad, sin embargo, también cuenta con la capacidad de realizar un movimiento angular de -40° a 40° con respecto a la mesa. La mesa puede moverse de manera transversal y longitudinal. El receptor de rayos X junto con todo el ensamble tubo – colimador también tienen movimiento, a todo lo largo de la mesa. El último de los movimientos importantes de este tipo de equipos es el de basculación, este tipo de movimiento puede ser desde -90° y hasta los 90° , no todos los equipos pueden bascular de esta manera, muchos solo lo hacen desde -30° , lo que si todos deben de cumplir es que lleguen a los 90° y obviamente a 0° que es la posición en la cual se realizan la mayoría de estudios contrastados.

Existen dos tipos de telemandos, con receptor totalmente digital o semi digital. El primero de ellos como su nombre lo indica, cuenta con un detector digital, el cual tiene la capacidad de captar imágenes para fluoroscopia o bien para imágenes de tipo convencional. Los semi digitales cuentan con un intensificador de rayos X, el cual es un dispositivo que capta los niveles de radiación que inciden en su superficie para formar una imagen y la reducen en tamaño para poder ser enviada a una cámara digital, que se encuentra en la cara opuesta a la de la superficie de adquisición del intensificador. La cámara capta las imágenes en escala de grises y las envía a una computadora para ser procesadas y posteriormente desplegadas en los monitores del equipo.

Toda la parte de adquisición de imágenes mencionada para los equipos semi digitales es usada solo para la fluoroscopia, sin embargo, estos equipos son capaces también de obtener imágenes por exposición convencional, ya que poseen un *bucky de mesa*, el cual además de ser un porta chasis tiene la particularidad de contar con movimiento para colocar al chasis a una parte en donde no interfiera con la imagen de fluoroscopia y posicionarlo sobre el intensificador cuando se requiera dar una exposición sobre dicho chasis, este tipo de buckys con movimientos automáticos son llamados *seriógrafos*.

Los equipos semi digitales solo aceptan chasises convencionales o chasises CR en sus seriógrafo, los detectores digitales si no son integrados al equipo como de los que ya se han mencionado, no son recomendables usarlos, ya que su peso es excesivo para los mecanismos de movimientos internos.

Los telemandos suelen tener tres consolas de control, una es dedicada a parámetros radiológicos, otra para los movimientos del equipo y la tercera para controlar la computadora de procesamiento de imágenes. Los equipos digitales tienen una base de datos en la que se guardan imágenes de tomas simples y fluoroscopia; los equipos semi digitales solo son capaces de guardar imágenes obtenidas durante la fluoroscopia en sus versiones más completas y en las más simples no cuentan con la capacidad de guardar ninguna imagen, solo de mostrarlas en tiempo real.

Los mandos cercanos tienen prácticamente las mismas capacidades que el telemando, con la diferencia de que para poder mover el equipo y realizar fluoroscopia es necesario hacerla desde el control que se encuentra propiamente en el equipo.



Figura 3.2.3C. Ejemplo de mando cercano⁹.

Los mandos cercanos están pensados para que los estudios contrastados que se realicen en ellos puedan ser llevados a cabo de manera práctica por una sola persona, por esa razón es que los botones de mando se encuentran directos en el equipo, para que el usuario pueda estar interactuando con el paciente.

El sistema de basculación va de -30° a 90° y los movimientos de la mesa son muy parecidos a los de los telemandos, en donde se comienza a marcar diferencia es en el resto de la estructura, ya que el tubo – colimador estará por debajo de la mesa y el receptor estará sobre el paciente. En la Figura 3.2.3C se puede apreciar el seriógrafo, intensificador, cámara y control del equipo sobre la mesa. La distancia de la superficie del seriógrafo a punto focal del tubo puede ir de 67 cm a 93.5 cm, sin embargo, aquí tendremos siempre como punto fijo el tubo y lo que se moverá será el seriógrafo junto con el resto de los componentes de la adquisición de imágenes, este movimiento es manual mediante un sistema de contra pesajes. El ensamble tubo -colimador junto con el receptor también puede moverse en la dirección longitudinal de la mesa, pero solo de la parte de la cabeza del paciente, hasta la mitad de la mesa, ya que a partir de ese punto se cuenta con un *bucky de mesa* para poder realizar algún tipo de toma adicional. Estos equipos si suelen incorporar un *bucky de pared*, ya que su movilidad no es tanta como la de un telemando. Para poder utilizar el bucky de

mesa y de pared se instala un segundo tubo adicional, con su respectivo soporte, el cual puede ser de anclaje a techo o anclaje a piso.

Se puede considerar que los mandos cercanos son compuestos esencialmente por dos partes, la primera que es la mesa, en la cual se pueden realizar estudios con fluoroscopia y tiene la movilidad similar a la de un telemando, pero con sus respectivas limitantes y la segunda parte, se puede considerar que es un equipo siempre con soporte tubo -colimador que puede ser de anclaje a techo o autosoportado y en el cual se realizan todo lo referente a tomas o estudios simples. Para simplificar el concepto de un mando cercano, se puede visualizar como un equipo que cuenta con dos equipos integrados, pero con la peculiaridad de que tiene un solo generador que funciona con los dos tubos de rayos X.

Adicionalmente, los controles de un mando cercano cambian, ya que todos los controles de la mesa así como los botones para realizar exposiciones de rayos se encuentran en la parte frontal del seriógrafo, sobre la mesa del paciente, sin embargo, el sistema si cuenta con un cuarto de control, en el cual se encuentran dos consolas, una que es la que controla el segundo tubo de rayos X, es cual estará interactuando con los buckys y que está pensado para tomas simples y la segunda consola sería la de control del módulo de procesamiento de imágenes.

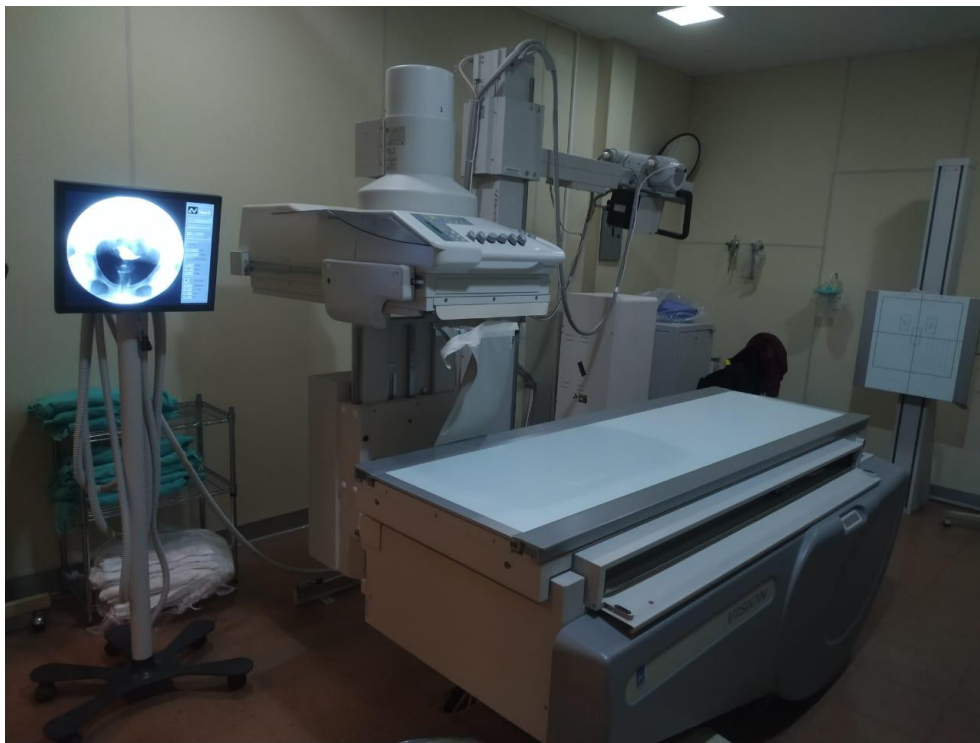


Figura 3.2.3D Ejemplo de mando cercano con bucky de pared y columna.

La instalación de un mando cercano es muy laboriosa, con respecto a la mesa, se instala prácticamente igual que un telemando, con la diferencia que el equipo irá anclado directo al piso y no es necesaria la placa que lleva el telemando, sin embargo, la instalación del tubo – colimador y su respectiva columna al igual que el bucky de pared se asemejan a la instalación de un equipo simple.

La instalación se comienza con la mesa, ya que es la parte más robusta, al igual que en el telemando llega con una gran parte desarmada para cuidar piezas frágiles y nivelar peso. Una vez instalada la mesa, se continua con el soporte tubo – colimador y en última instancia se instala el *bucky de pared*. La nivelación del equipo se hace con respecto a la mesa, y de allí se toma de referencia para el resto de los componentes.

Los fluoroscopios son de los equipos que requieren un conocimiento de múltiples áreas de ingeniería, de entrada, la gran cantidad de movimientos lineales y angulares hacen necesario tener conocimientos sobre estática, cinemática y dinámica, de mecánica en general y para poder realizar cada uno de los movimientos generalmente estaremos apoyados por algún motor eléctrico que puede ser de alterna o directa y de diferentes capacidades de acuerdo a la cantidad de peso que tenga que mover, aunque no todos los movimientos son asistidos, como ya se ha mencionado, hay algunos que son a contrapesos.

La electrónica que manejan este tipo de equipos también suele ser muy sofisticada, ya que los generadores entregan más potencia de salida que los equipos simples, y además existe intercomunicación del generador con la computadora de procesamiento de imágenes y el módulo de control del telemando o la mesa del mando cercano según sea el caso, aunado a esto podemos llegar a tener hasta tres consolas de mando del equipo, las cuales también deben de estar intercomunicadas entre sí.

3.2.4 Tomógrafos

Los tomógrafos son equipos de rayos X empleados en la obtención de imágenes médicas bidimensionales con posibilidad de unir varias de estas imágenes para la obtención de una tridimensionales mediante software.

Un tomógrafo posee la propiedad de obtener varias imágenes en una sola exposición de rayos X, ya que posee un detector que es compuesto por múltiples celdas de detección que, de acuerdo a su configuración, obtiene imágenes tipo rebanadas de los pacientes.

Las imágenes que obtienen los equipos de tomografía son llamados cortes, por lo tanto, a mayor número de cortes que posea un equipo, mayor será el grado de detalle que se podrá apreciar en la imagen, debido a que el espesor de la rebanada será menor.



Figura 3.2.4A Ejemplo de un corte obtenido por tomógrafo.

Los tomógrafos tienen la capacidad de mostrar cortes en diferentes planos cartesianos e incluso obtener imágenes tridimensionales a partir de bidimensionales más simples, cómo ya se había mencionado, ha esta propiedad de poder crear imágenes o vistas en otros planos a los obtenidos durante la exposición original de rayos X, es llamada reconstrucción de imágenes o simplemente reconstrucciones.

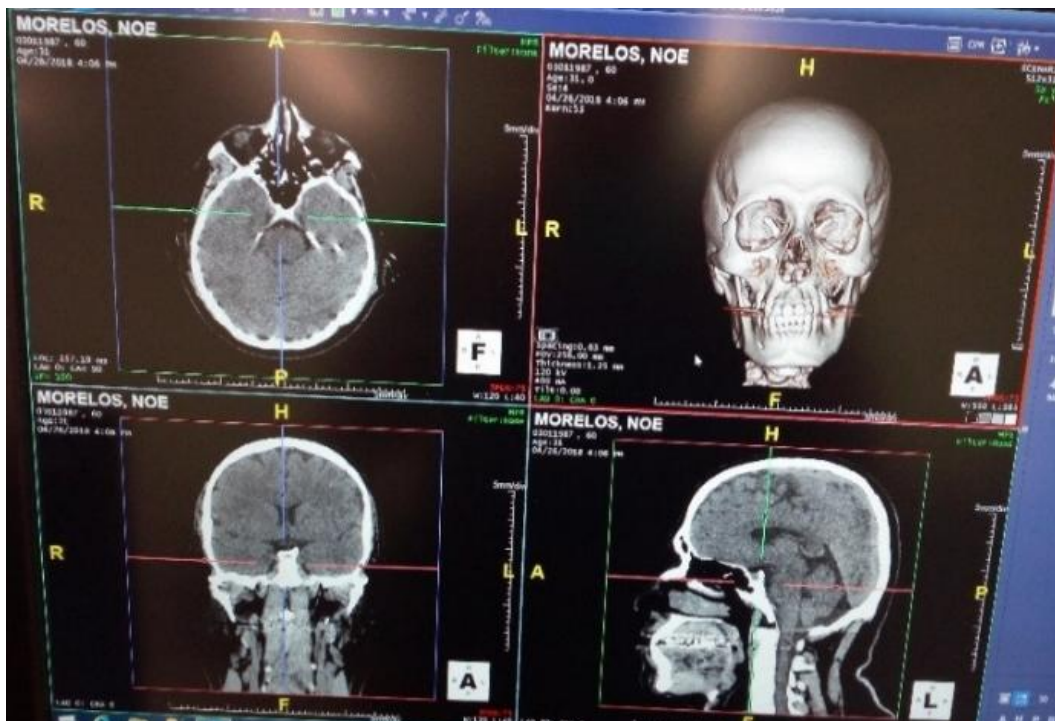


Figura 3.2.4B Vista de imagen original y sus reconstrucciones.

Sin duda alguno los tomógrafos son los equipos que requieren de un mayor número de conocimientos para poder instalarlos y darles mantenimiento, sin embargo, no deja de ser un equipo que funciona a partir de la emisión de rayos X y por ende tiene en esencia el mismo principio de funcionamiento de los equipos hasta ahora mencionados.

Cómo se ha mencionado, los equipos de rayos X en su modo más simple necesitan una fuente emisora de radiación y un receptor, pues justo ese es el principio de funcionamiento de un tomógrafo, se coloca un ensamble tubo – colimador de rayos X y un receptor en paralelo a dicho ensamble y se hacen girar para obtener diferentes imágenes en diferentes puntos. Esta manera tan simplificada de ver un tomógrafo es sólo con el fin de ejemplificar que en esencia estas máquinas se podrían ver equipos de rayos X comunes, con la propiedad de estar girando en una dona, la cual es llamada Gantry, por su nombre en inglés.

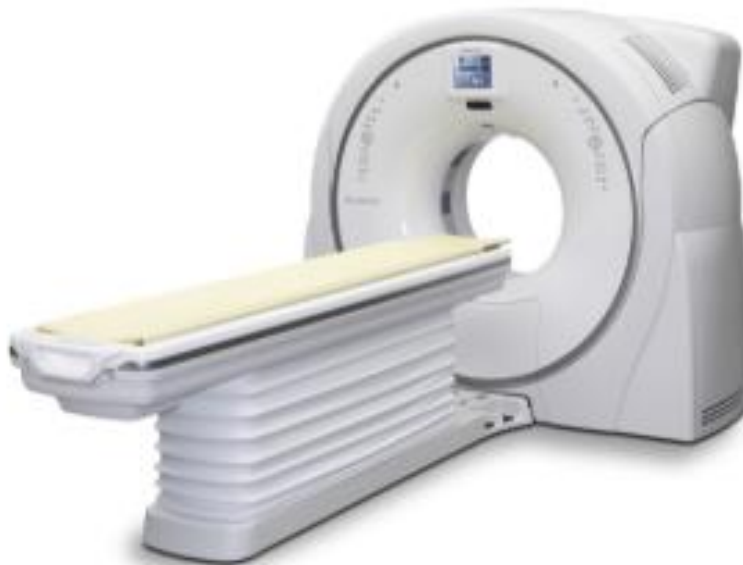


Figura 3.2.4C. Ejemplo de tomógrafo. Vista de mesa y gantry¹⁰.

La instalación de este tipo de equipos es laboriosa, sin embargo, no es tan complicada como en los fluoroscopios, ya que se cuenta con una gran cantidad de herramientas físicas y de software que ayudan en los diferentes procesos de instalación.

La instalación de estos equipos se comienza con la fijación del Gantry, para la cual es necesario realizar el centrado del isocentro, que es un punto interno del Gantry en torno al cual girará la fuente de rayos X. Cada fabricante proporciona un método de ubicación de cada uno de sus modelos para sus respectivos isocentros.

Una vez que se ha ubicado el Gantry en su posición correspondiente de acuerdo a las especificaciones del isocentro, se procede a realizar la alineación y nivelación de los tres ejes espaciales, a la par se van colocando el módulo o los módulos de procesamiento con los que cuente el equipo, así como la computadora de usuario, monitores de imágenes e instrumentos de control del sistema, esto con la finalidad de ir cableando e interconectando cada uno de los módulos del sistema. Dentro del Gantry será necesario colocar cada una de las piezas que hayan llegado por

separado, en algunos modelos de tomógrafos los Gantrys pueden llegar totalmente ensamblado, en los más complejos será necesario montar el detector, tubo de rayos X y un radiador de calor que se interconecta al tubo, el cual recibe el nombre de intercambiador de calor.

Lo siguiente a realizar es la colocación de la mesa del paciente con sus respectivos pedales de control, los cuales tienen la función de mover la mesa en diferentes direcciones. La mesa debe de quedar alineada con respecto al Gantry y nivelada con respecto a los tres ejes espaciales.

Antes de anclar el Gantry y la mesa al piso es necesario terminar de realizar todo el cableado e interconexiones para poder encender el equipo y hacer pruebas de alineación de los sistemas vía software. Una vez que todas las pruebas de alineación hayan sido satisfactorias se anclan a piso los módulos antes mencionados.

Al igual que prácticamente todos los equipos fijos de rayos X, los tomógrafos cuentan con su cuarto de control, desde el cual el radiólogo puede manipular solamente algunos parámetros del equipo, ya que para mover la mesa en sus diferentes direcciones es necesario hacerlo desde los pedales de la mesa o los botones del Gantry. En los equipos más completos de tomografía, el Gantry es capaz de angular hacia al frente o hacia atrás hasta 30 grados, así que en estos tipos de equipos también se calibran angulaciones del Gantry.

Los tomógrafos manejan una gran cantidad de componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos, de control, automatización y programación para poder realizar los estudios; sin duda, son los equipos que poseen la mayor cantidad de componentes y con un grado de sofisticación mayor al resto de los que se han mencionado.

3.3 Puesta en marcha

Una vez que el equipo se encuentra totalmente armado e interconectado con cada uno de los módulos que componen el sistema, se procede a realizar la puesta en marcha, que en términos generales se trata del encendido del equipo y posteriormente realizar cada una de las calibraciones de los movimientos propios de cada equipo y de parámetros radiológicos.

3.3.1 Calibraciones espaciales y verificación de límites

En algunos casos como en los tomógrafos, la calibración de algunos de los movimientos se hace a la par de la instalación, ya que como se ha mencionado con anterioridad este tipo de equipos posee herramientas vía software que nos ayudan durante la instalación, para obtener un resultado óptimo en el centrado y fijación del equipo.

En los equipos con fluoroscopia, se verifica que las calibraciones de cada uno de los movimientos que sean automáticos estén dentro de los parámetros que establece el fabricante, los movimientos que son manuales o asistidos eléctricamente se debe de verificar que lo hagan de manera adecuada, en cualquiera de los casos es común que se calibre alguno de los movimientos. Adicionalmente habrá que ingresar a la memoria del equipo las dimensiones de la sala, ya que esta también será la base para que el equipo detecte una posible colisión con respecto a alguna pared, el piso o el techo, esto último hablando de los movimientos automáticos.

Los equipos de rayos X simples en general son equipos que cada uno de los movimientos se hacen de manera manual, gracias a sistemas de contrapesos, sin embargo, existen algunos movimientos que puedan ser asistidos eléctricamente, por ejemplo, el movimiento de la columna que soporta el ensamble tubo – colimador o el bucky de pared o de mesa también pueden tener esta capacidad.

Sin embargo, existen equipos de rayos X simples que cuentan con movimientos automáticos, tanto en columna, mesa y *bucky de pared* y que se sincronizan entre sí para realizar un auto posicionamiento del sistema, sin embargo, estos sistemas tienen un costo más elevado que el resto de los equipos simples y dado que no son tan versátiles como lo podría ser un equipo de fluoroscopia son raros de encontrar.

Para los ortopantomógrafos es necesario verificar el movimiento angular que hace el equipo para las tomas panorámicas, los movimientos lineales que se realizan para las tomas cefalométricas y los movimientos de ajuste de altura para ajustar los aditamentos del equipo a la estatura de cada paciente. En caso de que algún movimiento no se haga o lo haga con dificultad, entonces será necesario calibrar el movimiento correspondiente y puede ser qué más de uno el que esté mal.

3.3.2 Calibración de parámetros radiológicos

Una vez terminada la instalación mecánica del equipo, que es lo que hasta ahora se ha visto, se continua con uno de los aspectos fundamentales de la instalación que es la calibración de los parámetros radiológicos, ya que de ello depende el obtener una buena o mala imagen y lo cual se puede traducir a un buen diagnóstico o uno errado dependiendo de este proceso, además que una mala calibración de estos parámetros puede conllevar a una exposición innecesaria de radiación de los pacientes y cómo ya se mencionó en el primer capítulo, el uso excesivo de los rayos X puede tener efectos nocivos para los seres vivos.

Cada equipo tiene su propio método de calibración, aunque algunos de ellos suelen parecerse mucho entre sí; el más sencillo es cuando el fabricante coloca unos *puntos de prueba* o también llamados “*Test Point*” por su nombre en inglés y se verifican que algunos voltajes de referencia coincidan con las tablas de correspondencias que se establecen en los manuales, este proceso se puede llevar a cabo incluso con un multímetro.

Esta manera de verificar los parámetros radiológicos no es la óptima, ya que aunque en los puntos de prueba se obtienen mediciones aceptables, con este método no es posible medir el tiempo de exposición. Afortunadamente ya son pocos los equipos que requieren solamente de multímetro para verificar las calibraciones.

Los equipos más actuales tienen sus puntos de pruebas y sus tablas de correspondencia en voltajes pequeños para hacer mediciones indirectas de voltajes en kV y corrientes en mA, adicionalmente los manuales muestran la forma de onda que debe de tener la señal medida entre los *test point* durante la exposición para verificar que la calibración sea la adecuada. En este método de calibración no solo se ajusta los valores de voltaje en kV y corrientes en mA, también se puede modificar los tiempos de exposición e incluso la forma de onda de la señal para obtener una calibración más detallada. Para poder realizar este tipo de calibraciones, es necesario contar con un osciloscopio.

La tendencia de los equipos actuales es que sean auto calibrados, es decir, que ya vengan con parámetros precargados y que las curvas de calibración estén guardadas internamente en una memoria del generador, para así realizar una serie de exposiciones continuas con el equipo y determinar qué parámetros se deben de corregir y el equipo lo hace de manera automática. Este método de calibración es el más sencillo para el ingeniero de servicio, sin embargo, siempre queda la posibilidad de error, así que pese a toda la sofisticación que pueda contar el sistema de generación de rayos X, aun así, conserva sus puntos de prueba, para en caso de ser necesario, poder corroborar de manera externa que el equipo se encuentra dentro de límites en cuanto a parámetros radiológicos se refiere.

La empresa para la cual laboro cuenta con multianalizadores de estos parámetros radiológicos, los cuales son capaces de medir voltajes en kV y tiempo de cualquier equipo de rayos X solo colocando un sensor dentro del área de radiación directa del equipo. Para medir la corriente será necesario colocar las dos puntas de otro sensor que se integra en el sistema de medición, en serie con los filamentos del tubo de rayos X, aunque esto no tiene mayor complicación, ya que los generadores actuales cuentan con los puntos de prueba adaptados para solo introducir las puntas del sensor. La empresa incluso cuenta con medidores de radiación continua, los cuales son utilizados en mediciones de equipos con fluoroscopia.

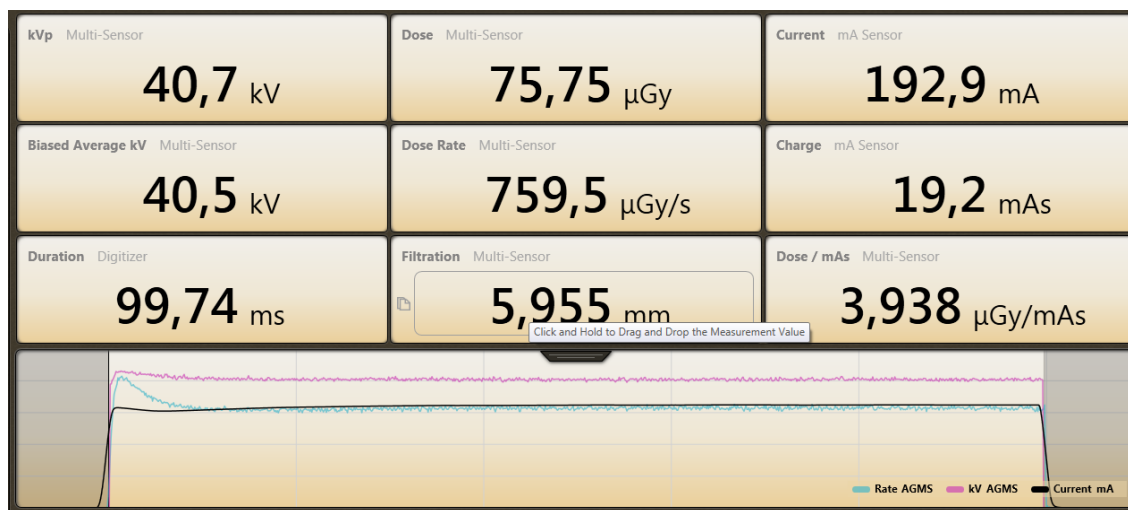


Figura 3.3.2 Ejemplo de mediciones y curvas obtenidas con multianalizador.

3.3.3 Capacitación y entrega del equipo

Una vez finalizado el proceso de calibración del equipo será necesario realizar pruebas finales y posteriormente dar una capacitación del uso del sistema instalado.

Existe un departamento dentro de la empresa que se encarga exclusivamente de dar la capacitación sobre el manejo de los equipos, enfocándose en ultrasonidos, mastografías, resonancias magnéticas, tomografías y ortopantomógrafos, este departamento recibe el nombre de *Aplicaciones*.

Para los equipos que se han mencionado en este trabajo, de los únicos que se encarga el departamento de Aplicaciones de capacitar y hacer la entrega definitiva son los tomógrafos y los ortopantomógrafos, claro siempre y cuando el área de servicio técnico haya dado la indicación de que la instalación de alguno de estos equipos ha finalizado. El resto de los equipos que se han desglosado previamente son capacitados y entregados por el ingeniero de servicio a cargo de la instalación.

Una capacitación de cualquiera de los equipos que se han mencionado, parte del principio de que el usuario tiene los conocimientos necesarios sobre radiología y que este parte del proceso solo comprende la enseñanza de las funciones con las que cuenta cada equipo, pese a eso es necesario que el ingeniero de servicio posea información básica de radiología para poder llevar a cabo dicha capacitación.

Una vez terminada la capacitación, se puede dar por concluida la instalación del equipo, sin embargo, antes de que puedan comenzar a trabajar con él, será necesario que se realice un levantamiento de niveles, el cual es un estudio que hacen empresas especializadas y certificadas para demostrar que no existe niveles de radiación considerables que escapen de la sala de rayos X y que el equipo instalado en ella cumpla con los requisitos que establece la Norma Oficial Mexicana número 229-SSA1-2002 (NOM-229-SSA1-2002). Una vez que se cumplen con todos estos requisitos, entonces si puede comenzar a utilizar el equipo.

Capítulo 4

4 Participación profesional

Cómo ya he mencionado, el puesto en el que me desempeño es del ingeniero de servicio, en el cual he tenido la oportunidad de poner en práctica una gran cantidad de conocimientos adquiridos en mi formación como profesionista en la facultad de ingeniería.

Este trabajo ha sido enfocado en los procesos de instalación de la gama de equipos a los que les brindo servicio, debido a que existe una metodología más definida para llevar a cabo este proceso, sin embargo, los servicios más comunes que se nos asignan son de mantenimientos correctivos, es decir, cuando los equipos presentan fallas.

Los mantenimientos correctivos son de diferente índole y aunque algunos suelen ser muy sencillos e incluso se pueden ver cómo rutinarios, existen algunos otros que son muy complicados de detectar y los cuales requieren de un análisis profundo en cuanto a las diferentes áreas de electrónica se refiere, así como al área eléctrica, de programación y de mecánica por mencionar algunas. Por la naturaleza de este tipo de falla es muy complicado llevar una metodología definida.

Es justo en los mantenimientos correctivos en dónde más he participado y en dónde se ha notado más mis aportaciones y es importante resaltar que todo lo aprendido en estos servicios resultan ser de suma utilidad durante los procesos de instalación o en los mantenimientos preventivos, ya que estos últimos dos servicios mencionados son más rutinarios y el dominio adquirido sobre los equipos durante los correctivos facilitan las instalaciones o los servicios programados.

4.1 Resultados

Durante el tiempo que he laborado en la empresa he colaborado de manera significativa en la resolución de múltiples fallas y aportado de manera directa mis conocimientos para la identificación y reparación de fallas de difícil detección en las cuales se ha tenido que hacer de manera profunda, análisis de sistemas electrónicos, de interconexiones eléctricas trifásicas y de sistemas mecánicos de movimientos y lo cual ha conllevado a una vez encontrado el origen de la falla, a que su resolución sea en un menor tiempo y que cuando se han vuelto a presentar fallas similares el análisis y la reparación sea en un menor tiempo.

La manera en que la empresa capacita a los ingenieros de servicio de recién ingreso es mediante la asignación de diferentes tipos de servicio por parejas, es decir, un ingeniero novato y uno de experiencia, en este dúo el ingeniero experimentado tiene la responsabilidad de reparar la falla, llevar a buen puerto la instalación o realizar el mantenimiento preventivo en los tiempos establecidos, a la vez que instruye al ingeniero novato sobre los equipos. Actualmente soy uno de los ingenieros de servicio de mayor experiencia, lo cual lo he podido lograr gracias a los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Eléctrica – Electrónica.

4.2 Conclusiones

Los equipos de imagenología son fundamentales para realizar un correcto y oportuno diagnóstico en diferentes padecimientos, sin embargo, como se ha mencionado es necesario contar con un adecuado control del equipo de rayos X, así como de la sala en donde este se encuentre instalado para que estos sistemas sean una gran herramienta para los profesionales de la salud y siempre tratando de minimizar los efectos negativos que estos tipos de estudios puedan provocar.

He tenido la gran oportunidad de aplicar una buena parte de los conocimientos relativos a la ingeniería desde el puesto que ocupó dentro de la empresa. El análisis electrónico es fundamental para desempeñar mis funciones, ya que las fallas que son difíciles de localizar, generalmente tienen su origen en algún componente electrónico dañado el cual puede provocar un efecto en cadena y provocar múltiples fallas a partir de la original.

Aunque los conocimientos sobre electrónica son esenciales no son los únicos, la parte eléctrica también está muy presente en estos equipos, desde formas sencillas como la alimentación de los equipos que por lo general es trifásica o electroimanes que funcionan como frenos de equipos que tienen movimientos manuales, así como otros elementos un poco más elaborados, como es la incorporación de transformadores al interior de los equipos para poder contar con diferentes voltajes o la implementación de motores de directa o de alterna (en muchas ocasiones trifásicos) para realizar los movimientos automáticos o asistidos eléctricamente con los se incorporan alguno de los equipos.

No se puede dejar de mencionar la parte mecánica de los equipos, que no es poca cosa, ya que todos los equipos cuentan con movimientos manuales, asistidos eléctricamente o automáticos, que, aunque la frecuencia de fallo es menor que con los sistemas electrónicos o eléctricos, cuando se llega a presentar un fallo grave de estos equipos su reparación o ajuste suele ser muy laboriosa.

Estas tres áreas son en las que principalmente se enfocan los ingenieros de servicio, sin embargo, no son las únicas, de entrada, es importante tener en cuenta algunos aspectos de física, por ejemplo, para análisis de fibras ópticas que se usan para la transmisión de imágenes en tomografía, contar con fundamentos de programación para las bases de datos e incluso tener en nociones de eficiencia energética, ya que se han llegado a presentar fallos por mala calidad de la energía.

Los equipos de imagenología continúan actualizándose día a día para obtener cada vez mejores imágenes en condiciones más favorables para los pacientes, sin embargo, estas actualizaciones conllevan a que la gente que nos dedicamos a brindarle soporte a este tipo de máquinas estemos constantemente actualizándonos para estar a la par en cuanto a conocimientos con respecto a las tecnologías que van implementando las nuevas versiones o generaciones de equipos.

Capítulo 5

5 Mesografía

- 1.- SMH. (2019). ¿Quiénes somos?. Febrero 4, 2019, de SMH Sitio Web:
<http://www.smh.com.mx/quienes>
- 2.- SMH. (2019). ¿Quiénes somos?. Febrero 4, 2019, de SMH Sitio Web:
<http://www.smh.com.mx/quienes>
- 3.- SMH. (2019). ¿Quiénes somos?. Febrero 4, 2019, de SMH Sitio Web:
<http://www.smh.com.mx/quienes>
- 4.- Villa Sistemi Medicali Spa. (2019). Rotograph Evo 3D. (Ilustración). Febrero 11, 2019, de Villa Sistemi Medicali Spa Sitio Web:
<https://www.villasm.com/en/art/31/rotograph-evo-3d.html>
- 5.- UMG/DEL MEDICAL. (2013). OTC12S. (Ilustración). Febrero 18, 2019, de UMG/DEL MEDICAL Sitio Web:
https://docs.wixstatic.com/ugd/d0d8cf_2bc81d9433a245b9bf817d95ff2a32d6.pdf
- 6.- UMG/DEL MEDICAL. (2016). DFMT. (Ilustración). Febrero 27, 2019, de UMG/DEL MEDICAL Sitio Web:
https://docs.wixstatic.com/ugd/d0d8cf_ddc2c18e5a844e0f9000ae6d0211ef84.pdf
- 7.- UMG/DEL MEDICAL. (2018). FWFC. (Ilustración). Marzo 05, 2019, de UMG/DEL MEDICAL Sitio Web
https://docs.wixstatic.com/ugd/d0d8cf_66bc624676d540499ba94af36fb94a9f.pdf
- 8.- Villa Sistemi Medicali Spa. (2019). Apollo DRF. (Ilustración). Abril 11, 2019, de Villa Sistemi Medicali Spa Sitio Web:
<https://www.villasm.com/en/art/220/apollo-drf.html>
- 9.- Villa Sistemi Medicali Spa. (2019). Vision. (Ilustración). Abril 12, 2019, de Villa Sistemi Medicali Spa Sitio Web:
<https://www.villasm.com/en/art/7/vision.html>
- 10.- Hitachi Healthcare Americas. (2019). Leading with Features that Have Clear Benefits . (Ilustración). Mayo 09, 2019, de Hitachi Healthcare Americas Sitio Web:
<http://www.hitachimed.com/products/ComputedTomography/SCENARIO>

Capítulo 6

6 Anexos
Ejemplo de guía mecánica

