



# **UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

## **DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**

### **Maestría en gestión de mantenimiento versión II.**

**“Plan de mantenimiento y optimización de recursos para los sistemas de digitalización de imágenes de rayos x y mamografía que operan en la ciudad de Cuenca. 2017”**

**Trabajo de graduación previo al título de:**

**Magister en gestión de mantenimiento**

**Autor:**

**Diego Fernando Azuero Parra.**

**Director:**

**Ing. Luis Felipe Sexto**

**Cuenca Ecuador**

**2018**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de graduación está dedicado a mi esposa Mayra Lorena, a mis hijas Camila y Samantha, a mis padres Julio y Narsisa y a mis suegros Rubén y María que son la inspiración para seguir creciendo en esta vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un eterno agradecimiento al Ingeniero Luis Felipe Sexto  
por el apoyo brindado en el desarrollo del trabajo,  
al Sr. Carlos Jerves, al Dr. Oscar Chango, al Eco. Juan Carlos Milibak  
gerentes y directores que me permitieron la aplicación del estudio  
en las casas de salud, así como a mis compañeros de clase.

**“Plan de mantenimiento y optimización de recursos para los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía para la ciudad de Cuenca.2017”**

**RESUMEN**

Los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía, se han convertido en una de las herramientas principales para el diagnóstico médico por imágenes en las casas de salud, las mismas que prestan sus servicios a la comunidad de una manera responsable, preocupándose por la disponibilidad del sistema y control de calidad de los resultados, es por esto que el presente trabajo de investigación, evalúa y desarrolla la metodología del “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” (RCM) para la elaboración de un “Plan de Mantenimiento” en donde se considera las principales funciones, fallos y modos de fallo, para de esta manera abordar específicamente las tareas designadas dentro del plan de mantenimiento y a su vez se realiza un costeo de las actividades requeridas, para alcanzar la optimización de los recursos.

El plan de mantenimiento elaborado, fue aplicado en dos hospitales de la ciudad y un centro de diagnóstico privado, mejorando la disponibilidad y reduciendo costes del mantenimiento.

**ABSTRACT**

**ABSTRACT**

The x-ray and mammography digitalization systems had become one of the main tools for medical diagnosis by images in health centers. They provided their services to the community in a responsible manner, caring about the availability of the system and quality control of the results. The present work of investigation evaluated and developed the methodology of the maintenance centered in reliability (RCM) for the elaboration of a maintenance plan where the main functions, failures and ways of failure were considered. In this way, the designated tasks within the maintenance plan were specifically addressed and the required activities were defrayed to achieve the optimization of resources. The developed maintenance plan was applied in two hospitals in the city and in a private diagnostic center, improving availability and reducing maintenance costs.

  
Dpto. Idiomas

  
Translated by

Ing. Paul Arpi

**PALABRAS CLAVES**

Mantenimiento, Digitalización, rayos x, mamografía, RCM, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, Optimización de recursos, Plan de mantenimiento en equipo médico.

**KEYWORDS.**

RCM, x-ray, mammography, medical diagnosis, maintenance.

## Índice

**Contenido**

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>“Plan de mantenimiento y optimización de recursos para los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía para la ciudad de Cuenca.2017”</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>PALABRAS CLAVES</b> .....	v
<b>KEYWORDS</b> .....	v
<b>INDICE DE FIGURAS Y ANEXOS.</b> .....	viii
1.1 Introducción.....	1
1.2 Conceptos básicos. ....	1
1.3 Partes del sistema de digitalización de rayos x y mamografía y sus usos. ....	3
1.4 Mantenimiento.....	6
1.5 Principios del mantenimiento. ....	6
1.5.1 Tipos de mantenimiento. ....	6
1.5.2 Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	8
1.6 Selección y entrenamiento de los miembros y facilitadores del equipo.....	9
1.7 Diagnóstico y evaluación de los puntos de partida .....	9
1.8 Análisis sistémico.....	10
1.9 Análisis de criticidad.....	10
1.9.1 Ventajas del Análisis de modos de fallas y efectos .....	11
1.9.2 Desventajas del análisis de modos de fallas y efectos. ....	11
<b>CAPITULO 2</b> .....	12
2.1 Diagnóstico y evaluación de las condiciones de partida.....	12
2.1.1 La disponibilidad. ....	12
2.1.2 Contexto operacional. ....	13
2.2 Análisis sistémico de la digitalización de rayos x y mamografía .....	14
2.2.1 Digitalizador de imágenes. ....	14
2.2.2 Consola de adquisición de imágenes. ....	19
2.2.3 Láminas de fósforo IP. ....	20
2.2.4 Chasises .....	20
2.3 Análisis de criticidad.....	21

2.3.1 Descripción de la instalación. ....	21
2.3.2 Definición del objetivo y alcance. ....	21
2.3.3. Determinación de los componentes, funciones y modos de fallos de un sistema de digitalización de rayos x y mamografía. ....	21
2.3.4. Determinación de los modos de fallas por cada falla funcional y sus formas de detección.....	24
2.3.5. Determinación de los efectos sobre otros componentes y sobre el sistema.....	29
2.4 Estudio de la criticidad .....	33
2.4.1 Clasificación de la severidad. ....	34
2.4.2 Frecuencias de Fallas.....	35
2.4.3 Impacto operacional.....	35
2.4.4 Flexibilidad operacional. ....	36
2.4.5 Costos de Mantenimiento.....	36
2.4.6 Impacto en la seguridad Ambiental y Humana.....	37
2.5 Valoración de criterios de criticidad de un sistema de digitalización de rayos x y mamografía.....	38
2.6 Establecimiento de la probabilidad de ocurrencia del fallo. ....	40
2.7 Establecimiento de la gravedad.....	42
2.8 Establecimiento de la probabilidad de la detección. ....	44
2.9 Análisis de los efectos del modo de fallo (FMEA). ....	44
2.10 Determinación de las medidas preventivas. ....	45
2.11 Definición de las tareas apropiadas. ....	46
2.12 Formulario de factibilidad y sostenibilidad. ....	56
2.13 Establecimiento de las medidas de seguridad. ....	57
2.14 Tareas comunes.....	58
2.15 Tareas basado en RCM.....	58
2.16 Tareas especiales. ....	58
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	71
3. Elaboración del plan de mantenimiento.....	71
3.2 Plan de manteneimto para el hospital Vicente Corral Moscoso.....	72
3.3 Plan de manteneimto para el Dispensario del Seguro Social de Cuenca.....	78
3.4 Plan de manteneimto para el Centro de Diagnóstico Medimagen.....	79
3.5 Lista de chequeo.....	80
3.6 Mantenimiento autónomo. ....	81
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	86
Aplicación del plan de mantenimiento y verificación de resultados. ....	86

4.1 Recursos para mantenimiento .....	86
4.2 Formación del personal. ....	86
4.3 Costo del mantenimiento.....	87
4.4 Verificación de resultados.....	87
Conclusiones: .....	92
Recomendaciones: .....	92
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	93
<b>ANEXOS</b> .....	95
REPORTES TECNICOS.....	95
PROFORMA DE PARTES Y PIEZAS VARIAS.....	98

#### INDICE DE FIGURAS Y ANEXOS.

Figura 1: Láminas de fósforo.....	3
Figura 2: Chasises .....	3
Figura 3: Digitalizadores de imágenes .....	4
Figura 4: Consola de adquisición de imágenes .....	4
Figura 5: Tipos de mantenimiento Parte 1 .....	7
Figura 6: Tipos de mantenimiento Parte 2 .....	8
Figura 7: Aplicación RCM.....	9
Figura 8: Digitalizadores cr-ir359,363 y 368 .....	15
Figura 9: Motor de pasos .....	15
Figura 10: Despiece de motor de pasos .....	16
Figura 11: tipo y localización de motores de pasos.....	16
Figura 12: Foto sensores infrarrojos.....	17
Figura 13: Codificación de componentes.....	18
Figura 14: Lámpara de borrado.....	18
Figura 15: Consola de adquisición de imágenes .....	19
Figura 16: Láminas de fósforo IP .....	20
Figura 17: Chasises .....	20
Figura 18: Matriz de criticidad.....	33
Figura 19: Criterios de criticidad y su cuantificación .....	34
Figura 20: Criterios para probabilidad de ocurrencia del fallo.....	40
Figura 21: Curva de fiabilidad de un sistema de digitalización de rayos x y mamografía .....	42
Figura 22: Establecimiento del criterio de la gravedad .....	43
Figura 23: Establecimiento del criterio de la probabilidad de detección .....	44
Figura 24: Diagrama de decisión (Parte1) .....	48
Figura 25: Diagrama de decisión (Parte2) .....	49
Figura 26: Descripción gráfica del mantenimiento autónomo .....	84
Los costos del mantenimiento han sido calculados por hora técnica establecida por la empresa ORIMEC por 150 dólares. Los precios de las partes o piezas requeridas para el mantenimiento han sido cotizados por la empresa ORIMEC FUJIFILM. (Ver: Figura 27: Anexo de proforma de partes y piezas).....	87

Figura 28:Descripción gráfica comparativa de disponibilidad Hospital V.C.M.....	88
Figura 29:: Descripción gráfica comparativa de disponibilidad less Central Cuenca .....	90
Figura 30:Descripción gráfica comparativa de disponibilidad Centro diagnóstico Medimagen.....	91
Figura 31:Anexo reporte de servicio técnico 1 .....	95
Figura 32:Anexo de servicio técnico 2.....	96
Figura 33:Anexo de servicio técnico 3.....	97
Figura 34:Anexo de proforma de partes y piezas 1 .....	98
Figura 35:Anexo de proforma de partes y piezas 2.....	99
Figura 36:Anexo de proforma de partes y piezas 3.....	100

#### INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Tipos de chasises .....	3
Tabla 2: Relación fiabilidad, mantenibilidad, y disponibilidad .....	5
Tabla 3: Contexto operacional.....	10
Tabla 4: Definición de equipos y componentes del digitalizador .....	15
Tabla 5: Definición de equipos y componentes de la consola de imágenes.....	19
Tabla 6:: Definición de equipos y componentes de los chasises y las láminas IP ....	21
Tabla 7: Formulario de establecimiento de fallas funcionales .....	21
Tabla 8: Modo de falla y formas de detección.....	24
Tabla 9: Efectos de las fallas funcionales.....	29
Tabla 10: Tabla de establecimiento de las frecuencias de los fallos .....	35
Tabla 11: Impacto operacional y su cuantificación .....	35
Tabla 12: Flexibilidad operacional y su cuantificación .....	36
Tabla 13: Costos del mantenimiento .....	36
Tabla 14: Impacto en la seguridad ambiental y humana .....	37
Tabla 15: Valoración de criterios de criticidad.....	38
Tabla 16: Matriz de riesgos.....	39
Tabla 17: Probabilidad de no fallar .....	41
Tabla 18: Establecimiento de la probabilidad de ocurrencia .....	42
Tabla 19: Establecimiento de la gravedad.....	43
Tabla 20: Cuantificación de la probabilidad de detección .....	44
Tabla 21: Análisis de modo de fallas y efectos .....	45
Tabla 22: Determinación de medidas preventivas.....	46
Tabla 23: Tabla de decisión.....	51
Tabla 24: Criterio y frecuencia.....	57
Tabla 25: Medidas de seguridad.....	57
Tabla 26: Sostenibilidad de la tarea. ....	59
Tabla 27: Formato para el plan de mantenimiento .....	71
Tabla 28: Plan de mantenimiento HVCM.....	72
Tabla 29: Plan de mantenimiento 2018 y 2019 HVCM.....	77
Tabla 30: Plan de mantenimiento Dispensario Central less 2018 y 2019.....	78
Tabla 31: Plan de mantenimiento Medimagen 2018 y 2019.....	79
Tabla 32: Lista de chequeo ( Check list).....	80
Tabla 33: Mantenimiento autónomo .....	81
Tabla 34: Mantenimiento autónomo Profect CS .....	85

Tabla 35: Recursos para mantenimiento .....	86
Tabla 36: Costo de mantenimiento HVCM .....	87
Tabla 37: Comparativo disponibilidad 2016 2017 HVCM .....	88
Tabla 38: Costo de mantenimiento less Central Cuenca. ....	89
Tabla 39: Comparativo disponibilidad 2016 - 2017 Dispensario less Central Cuenca. .....	89
Tabla 40:Costo de mantenimiento Centro diagnóstico Medimagen.....	90
Tabla 41: Comparativo disponibilidad 2016 - 2017 Centro diagnóstico Medimagen. .....	90

## INTRODUCCION

El sistema de salud en el Ecuador se caracteriza por la segmentación en sectores privados y públicos, siendo este último una integración denominada "Red pública integral" que garantiza a los ciudadanos el derecho de acceder a servicios de salud gratuita sin importar si no cuenta con seguro social o con recursos económicos tal como lo dispone la constitución ecuatoriana.

Cuenca, la tercera ciudad más importante del país cuenta con hospitales de última tecnología y un nivel de preparación de profesionales de primera línea, así como el control en sus procesos para brindar servicios de salud de calidad. Entre los centros de salud más importantes se encuentra el Hospital Vicente Corral Moscoso del Ministerio de Salud Pública, el Hospital José Carrasco Arteaga del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), el Instituto de lucha contra el cáncer (SOLCA), Medimagen, entre otros.

La importancia prestada en la calidad en los servicios de salud hoy en día representa un reto ineludible para la alta dirección de clínicas, hospitales, centros de diagnóstico y o casas de salud, ya que debido a la alta demanda de pacientes se ha convertido en un tema de gran interés social, obligando a dichas instituciones a permanecer actualizadas en varios ámbitos tales como tecnológicos, operativos, personal, etc. Es por eso que evidencia la importancia de expandir los servicios prestados en áreas bien definidas tales como cuidados intensivos, quirófanos, imagenología, hospitalización, emergencia, entre otras, con el fin de evitar riesgos frecuentes en tratamientos, cirugías, evaluaciones, detecciones o recuperaciones de pacientes.

El diagnóstico médico referenciado por imagen de rayos x, ha venido convirtiéndose en una herramienta muy importante para la evaluación y control de enfermedades en especial en pacientes que pueden desencadenar consecuencias catastróficas tales como detección de cáncer de pulmón, edemas, detección de micro calcificaciones en mamografía, entre otros, de allí la jerarquía de contar con sistemas de auscultación de enfermedades por imagen de rayos x, los mismos que deben ser monitoreados constantemente ya que su ausencia podría dificultar el diagnóstico médico y posterior las consecuencias fatales en pacientes críticos que necesitan el servicio.

Con el avance tecnológico en la medicina en los años 80 y principios de los 90, se lanzó al mercado un sistema de digitalización de rayos x que permite la recuperación de una imagen convencional y transformarla en imagen digital, el mismo que permite mejorar en muchos aspectos como por ejemplo la reducción de dosis emitida al paciente, la contaminación del medio ambiente de químicos utilizados en métodos de revelado convencional, el desperdicio de material usado, la mejora en la calidad de imágenes y diagnóstico médico, esto desencadena una vital atención a este tipo de sistemas en donde necesita mantener programas estrictos de intervenciones por mantenimiento preventivo y correctivo con el fin de garantizar su confiabilidad y asegurar su disponibilidad para la atención de los pacientes, así como también garantizar el control y la calidad de la imagen.

Hoy en día un 85% de las casas de salud dispone de un sistema de digitalización de imágenes de rayos x, un 10% han migrado sus sistemas a detección directa por medio de TFT y un 5% aún mantienen el sistema convencional de revelado en cuarto oscuro utilizando químicos de revelación y fijación de imagen.

## CAPITULO 1

### ESTADO DEL ARTE

#### 1.1 Introducción.

En el Ecuador los servicios de salud públicos son garantizados en la constitución de la república y han ido avanzando a pasos agigantados debido a la evolución constante del equipamiento médico que deriva en mejoras significativas que podrían marcar una gran diferencia con la medicina en los años anteriores ya que dicha tecnología permite un mejor diagnóstico, evaluación y evolución de los pacientes que acceden al servicio. De igual manera centros de salud privados se ven obligados a mejorar tecnológicamente para poder ser competitivos en el mercado.

Las casas de salud están en la obligación de velar por el buen funcionamiento de los equipos biomédicos, por lo que es necesario fomentar una cultura de mantenimiento eficaz y oportuno de los activos, con el fin de mitigar posibles riesgos asociados a la práctica de los estudios radiológicos, riesgos que podrían desencadenar en consecuencias fatales para los pacientes y personal operativo.

“En la actualidad es innegable la utilidad de las diversas modalidades de imagenología médica como apoyo clínico tanto en la generación de diagnósticos de un buen número de enfermedades como en la planeación de tratamientos tendientes a proporcionar una alternativa de solución a las personas que, por una u otra razón, manifiestan algún desequilibrio en su salud.” (Huérffano, Vera, otros 2016).

En la actualidad, no se dispone de planes de mantenimiento centrado en confiabilidad que ayude a mejorar la producción de los servicios de salud por imágenes de los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía, por lo que mediante el presente trabajo trataremos de cumplir con los siguientes objetivos:

##### Objetivo General.

- Elaborar un plan de mantenimiento y optimización de recursos para los sistemas de digitalización de imágenes de rayos x y mamografía que operan en la ciudad de Cuenca. 2017.

##### Objetivos específicos.

- Determinar el riesgo de cada fallo y establecer consecuencias con el fin de sugerir las tareas apropiadas a realizarse en el activo.
- Garantizar la confiabilidad de los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía.
- Asegurar la calidad de los resultados de los estudios radiológicos.
- Optimizar los recursos necesarios para las actividades de mantenimiento de los sistemas de digitalización de rayos X y mamografía.

#### 1.2 Conceptos básicos.

A continuación, se definirá los conceptos básicos utilizados en el desarrollo del trabajo:  
**Imagenología.**

Es la ciencia de las imágenes diagnósticas médicas o imagenología -anteriormente radiología- es un campo que experimenta hoy día una extraordinaria expansión, como resultado del desarrollo acelerado de la revolución científico-técnica, por lo que quiere importancia ascendente en el área de la salud del pueblo. No hay especialización, ni

estructura u órgano humano que permanezca alejada de su exploración, y por tanto de sus beneficios. Se define la imagenología como la ciencia de las imágenes médicas que se ocupa de todas las imágenes normales y anormales de nuestras estructuras, tejidos y órganos internos. (Pedroso, Vazquez,2005)

### **Rayos X o rayos Roentgen.**

Fueron descubiertos por un alemán, profesor de física, W. Conrad Roentgen, el 8 de noviembre de 1895, cuando trabajaba con un tubo de rayos catódicos se dio cuenta que estos chocaban con una superficie metálica y dura (anticátodo), lo cual producía una radiación que parecía rayos:

- 1.En forma de ondas, con longitud de ondas.
2. En forma de pequeños corpúsculos o partículas que se desprendían del anticátodo en todas direcciones, invisibles, inodoras, que no se tocan, pero existen en la naturaleza.

Se definen como radiaciones ionizantes, de corta longitud de onda, invisibles al ojo humano, que se transmiten en línea recta. Además, tienen propiedades particulares que se utilizan en medicina para obtener imágenes en el interior del cuerpo humano. (Pedroso, Vazquez,2005)

### **Sistemas de digitalización de rayos x y mamografía.**

Son sistemas de conversión de imágenes convencionales a digitales mediante procesos de lectura sobre una lámina de fósforo foto-estimulable, que centra su avance tecnológico en la calidad de los resultados, el alto grado diagnóstico de las imágenes, de fácil almacenamiento y acceso a la información con rapidez en los procesos de adquisición de imágenes.

### **Mamografía.**

Dentro del estudio radiográfico la obtención de imágenes mamográficas ocupa un lugar especial; durante estos exámenes se obtienen imágenes con gran densidad, a partir de radiaciones poco penetrantes, que ayudan no solo a localizar afecciones en las mamas, sino a realizar biopsias y tratamientos inherentes a estas. Se destacan en este sentido el aditamento de estereotaxia, que, a partir del cálculo de dos imágenes radiográficas, en películas tomadas en diferentes ángulos, nos proporcionan los parámetros espaciales de un punto dentro de las mamas para aplicar estos tratamientos. También pueden obtenerse imágenes mamográficas con las ventajas ya expuestas. (Pedroso, Vazquez,2005).

### **Protección radiográfica.**

Es la disciplina encargada de elaborar los criterios para evaluar las radiaciones ionizantes, como factor perjudicial al hombre y su medio, y, en consecuencia, establecer las medidas que pueden asegurar que las exposiciones a dichas radiaciones se mantengan dentro de los límites aceptables. En 1928 se crea la Comisión Latinoamericana de Protección Radiológica, con sede en las Naciones Unidas, es la encargada de implantar las medidas más generales que rigen las normas internacionales de protección. Según la OMS, las radiaciones ionizantes no deben ser utilizadas cuando el diagnóstico de las enfermedades pueda realizarse mediante otros medios diagnósticos. (Pedroso, Vazquez,2005).

### 1.3 Partes del sistema de digitalización de rayos x y mamografía y sus usos.

#### **Pantallas de fósforo foto-estimulable. (Image Plate).**

Tienen la función de almacenar los datos cuando se exponen a los rayos x y al ser expuestas a un rayo láser tienden a emitir los datos almacenados para posterior ser expuestas a una luz intensa que permite el borrado de dicha lámina.



Figura 1: Láminas de fósforo.  
Fuente: Fujifilm Corp.

#### **Chasises porta láminas.**

Son carcasas que en su interior contiene la lámina de fósforo y sirve para cubrir de golpes o rayones que incidan en la calidad de la imagen o en el deterioro de las mismas. Existen diferentes tipos de chasises dependiendo del examen radiográfico a realizarse como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1: Tipos de chasises  
Fuente: Fujifilm Corp.

TIPO	TAMAÑO	USO
Standard Type	35x43cm (14"x17")	Rayos X
Standard Type	35x35cm (14"x14")	Rayos X
Standard Type	10"x12"	Rayos X
Standard Type	8"x10"	Rayos X
Standard Type	24x30	Rayos X
Standard Type	18x24	Rayos X
High Resolution	24x30cm	Mamografía
High Resolution	18x24cm	Mamografía
Standard Type	15x30cm	ortopantomografía



Figura 2: Chasises  
Fuente: Fujifilm Corp.

### Digitalizador de imágenes.

Es un equipo que se encarga de transportar la lámina de fósforo foto-estimulable hacia un escaneo mediante luz láser, intensificado por un tubo foto multiplicador que permite la recepción de señales y de esta manera da lugar a la formación de la imagen. Esta tecnología ha sido desarrollada por algunas marcas tales como: Fujifilm, Agfa, Konica, Kodak, Sony, entre otros.



Figura 3: Digitalizadores de imágenes  
Fuente: Fujifilm Corp.

### Consola de adquisición de imágenes.

Es un computador que contiene un software especial para adquisición de imágenes con sus respectivas herramientas de trabajo y diagnóstico que facilita la obtención de estudios con alto grado diagnóstico y contribuye a la productividad del hospital debido a su rapidez de trabajo.

Sus funciones son:

Registro de pacientes, Procesamiento, previsualización y post procesamiento de las imágenes.



Figura 4: Consola de adquisición de imágenes  
Fujifilm Corp.

### Usos de los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía.

Los sistemas de digitalización de imágenes son indispensables en los servicios de salud ya que gracias a estos se puede observar el diagnóstico, evolución y evaluación de huesos, tejidos blandos, detección de cáncer de pulmón, edemas, enfermedades crónicas, cirugías, mamografía, cateterismo entre otros.

### **Beneficios de los sistemas de digitalización de rayos x y mamografías.**

- Optimización del trabajo al mejorar tiempos de atención a los pacientes.
- Reducción de contaminación de líquidos fijadores y reveladores convencionales.
- Acceso a histórico de imágenes y velocidad de trabajo mejoradas.
- Eliminación de cuellos de botella en atención a los pacientes.
- Mejoramiento de los ambientes de trabajo.
- Reducción de parámetros de exposición al paciente.

### **Pasos para la obtención de las imágenes radiográficas.**

- Preparación del equipo de RX, distancia, propiedades
- Posicionamiento del paciente
- Posicionamiento del chasis
- Disparo
- Ingreso de datos y procedimientos
- Lectura del chasis
- Post procesamiento y uso de herramienta especial para edición y visualización de imágenes.

#### 1.4 La mantenibilidad

La mantenibilidad es considerada un aspecto fundamental que incide directamente en la disponibilidad, ya que gracias a un alto índice de mantenibilidad es posible realizar una recuperación pronta de un sistema o activo. Generalmente la mantenibilidad viene dada por diseño del fabricante, a lo cual a mayor mantenibilidad mayor fiabilidad y por ende mayor costo del activo.

La mantenibilidad no solamente está asociada al diseño si o también a otros aspectos como el acceso físico, las protecciones existentes, entre otras.

Una de las creencias comunes es que la mantenibilidad es simplemente la capacidad de llegar a un componente para reemplazarlo. Sin embargo, eso es sólo un pequeño aspecto. En realidad, la mantenibilidad es una dimensión de la fabricación del sistema y una política de gestión del mantenimiento del sistema. (knezevic,1996).

Relaciones entre fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad:

Tabla 2: Relación fiabilidad, mantenibilidad, y disponibilidad  
Fuente: Radical Management.

FIABILIDAD	MANTENIBILIDAD	DISPONIBILIDAD
Constante	Baja	Baja
Constante	Alta	Alta
Alta	Constante	Alta
Baja	Constante	Baja

#### 1.4 Mantenimiento.

**Definición:** Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida. (L. Sexto, 2017).

Hoy en día el mantenimiento de los activos de una empresa se ha vuelto determinante para alcanzar el logro de los objetivos planteados a nivel empresarial, es por eso que las organizaciones intentan mediante el mantenimiento asegurar la disponibilidad de sus activos reduciendo de esta manera los atrasos, pérdidas, retrabajos, entre otros, que pueden llevar a riesgos considerables para una empresa.

Las grandes y medianas industrias toman muy en serio a los procesos incluidos dentro de la gestión del mantenimiento de sus activos con el fin de evitar aspectos que podrían comprometer el alcance de sus objetivos como por ejemplo los retrasos, retrabajos, errores, pérdidas, accidentes, entre otros. Partiendo de una cultura de mantenimiento bien definida se puede disminuir costos, mejorar la productividad, asegura la permanencia del negocio, garantiza la calidad de los productos o servicios, genera mayor beneficio social con la creación de más y mejores empleos desembocando en un gran crecimiento y desarrollo institucional.

#### 1.5 Principios del mantenimiento.

1. Mantener las condiciones establecidas de funcionamiento de máquinas, estructuras, sistemas, subsistemas, componentes.
2. Conservar el patrimonio empresarial durante toda la fase de vida útil del ciclo de vida del activo.
3. Garantizar la seguridad del personal de la empresa, la comunidad y la protección ambiental.
4. Efectuar las actividades de mantenimiento con la máxima economía posible. (L. Sexto, 2016).

##### 1.5.1 Tipos de mantenimiento.

El mantenimiento ha venido evolucionando convencionalmente desde los años 1910 hasta 1950 en donde solamente se intervenía de forma correctiva, posteriormente entre los años 1950 y 1990 el mantenimiento se enfoca de forma preventiva paralelamente con la correctiva para posterior realizar el mantenimiento predictivo que basa su accionar en la condición del activo evaluando el comportamiento de parámetros para la detección de posibles fallos.

Existen varios tipos de mantenimiento según la norma EN13306 (Maintenance terminology), que es adoptada por varios países de la unión europea, en donde plantea los tipos de mantenimiento basado en dos escenarios en donde responde a las preguntas: (1) ¿Se modifica las características originales de diseño del activo? (2) ¿Es posible asignar fechas y recursos para la ejecución de las actividades con anticipación? De estas preguntas se derivan los tipos de mantenimiento descritos en la norma.

##### **Clasificación del mantenimiento.**

Por el primer escenario planteado por la norma europea, se derivan tres tipos de mantenimientos que son: preventivos (antes que ocurra la falla), correctivos (posterior a la falla) y mejorativo (genera cambios positivos en características intrínsecas del activo).

Dentro del mantenimiento preventivo se encuentra el mantenimiento predeterminado que no es más que una intervención cíclica independiente de la condición y el

mantenimiento basado en condición. Dentro de este último se encuentra el mantenimiento predictivo y mantenimiento activo que viene después de la evaluación de la condición.

Por otra parte, en la sub clasificación se encuentra el mantenimiento correctivo que su característica principal es la intervención después del fallo y se divide en correctivo inmediato que no es más que la intervención inmediata no prevista para contrarrestar las consecuencias del fallo y el correctivo diferido que se puede planificar su intervención.

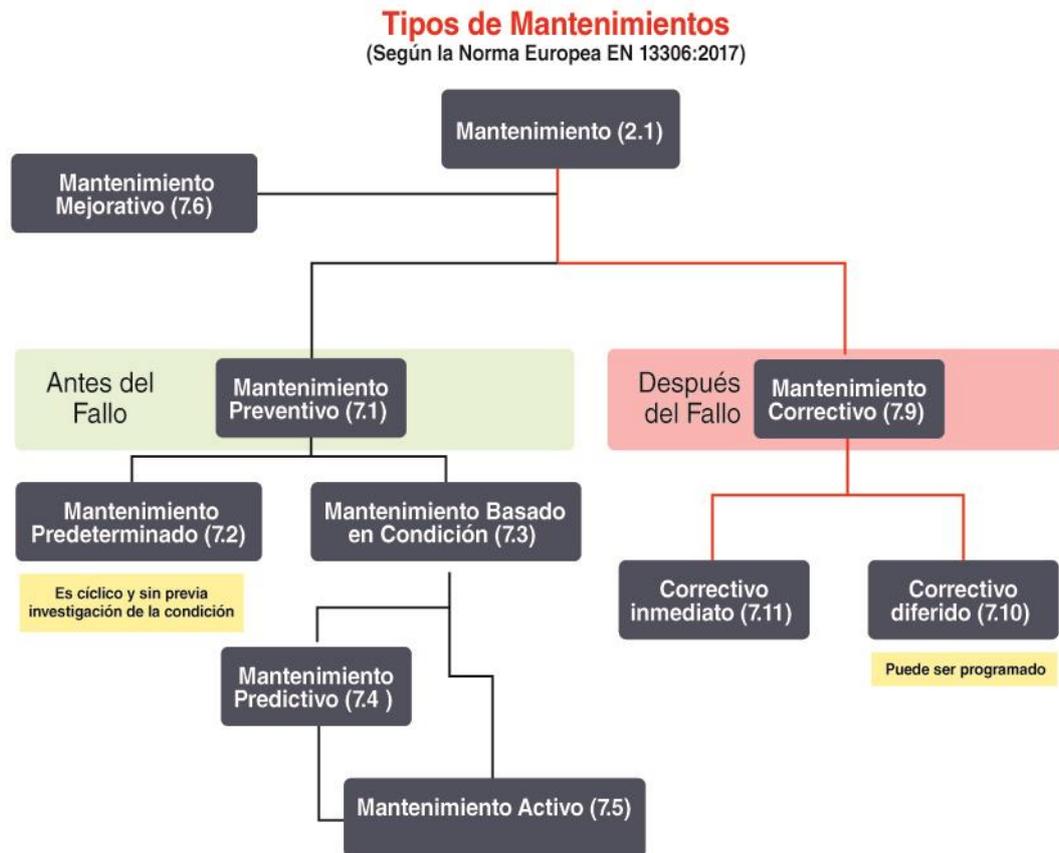


Figura 5:Tipos de mantenimiento Parte 1  
Fuente: Radical-Management:2017 norma EN13306

Para el segundo escenario planteado según la norma EN13306, el mantenimiento se divide en programado y no programado.

En la sub clasificación del mantenimiento programado se divide en Mantenimiento predeterminado (cíclico e independiente de la condición), Basado en condición y mantenimiento correctivo diferido.

Por otra parte, los mantenimientos que no se programan son el mantenimiento correctivo inmediato y el mantenimiento de oportunidad en donde entran actividades diferidas que pueden estar conjuntamente ligadas a tareas programa.

## Tipos de Mantenimientos según la posibilidad de programación (Según la Norma Europea EN 13306:2017)

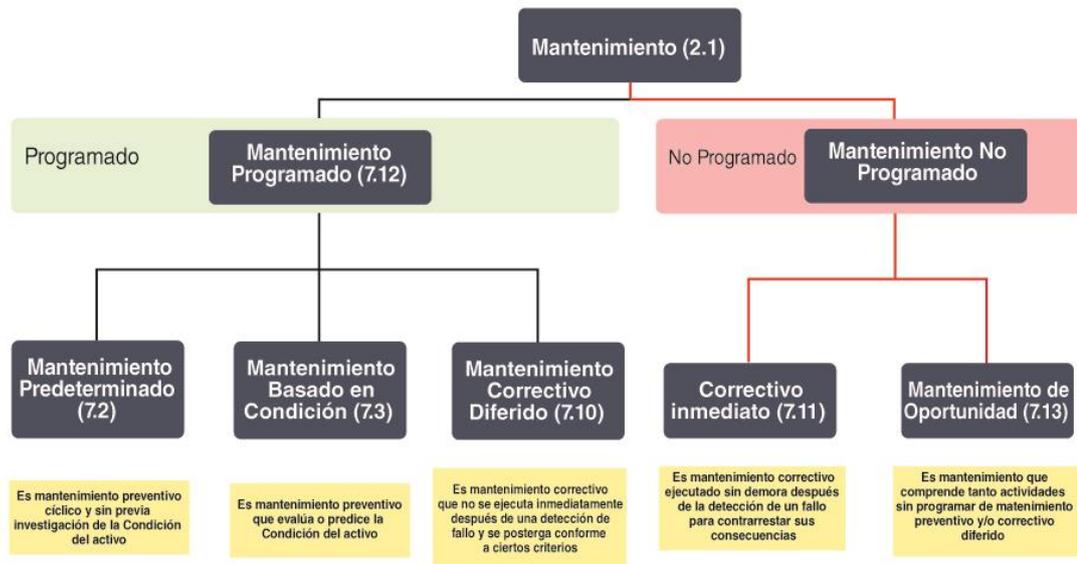


Figura 6:Tipos de mantenimiento Parte 2  
Fuente: Radical-Management:2017 norma EN13306

### 1.5.2 Mantenimiento centrado en confiabilidad.

Por sus siglas en inglés RCM (Reliability Centered Maintenance), el mantenimiento centrado en confiabilidad resulta ser una metodología que permite la obtención del plan de mantenimiento basado en los riesgos y consecuencias que el activo podría presentar, los procedimientos operativos a realizarse por parte del personal de operación y el listado de aspectos que deben realizarse cambios al diseño del activo para operar en su contexto.

Para el desarrollo de la metodología se debe empezar diagnosticando y evaluando las condiciones de partida o contexto operacional para posterior hacer un análisis sistémico de las funciones, fallas funcionales, modos de fallo, luego analizar la criticidad y consecuencia de los fallos siendo evaluados con métodos cuantitativos y cualitativos y de allí proponer la tarea a realizarse para evitar la presencia de dichos fallos. Esta metodología garantiza la confiabilidad del activo atacando a las principales causas del fallo evaluado su criticidad y consecuencia en el impacto del mismo.

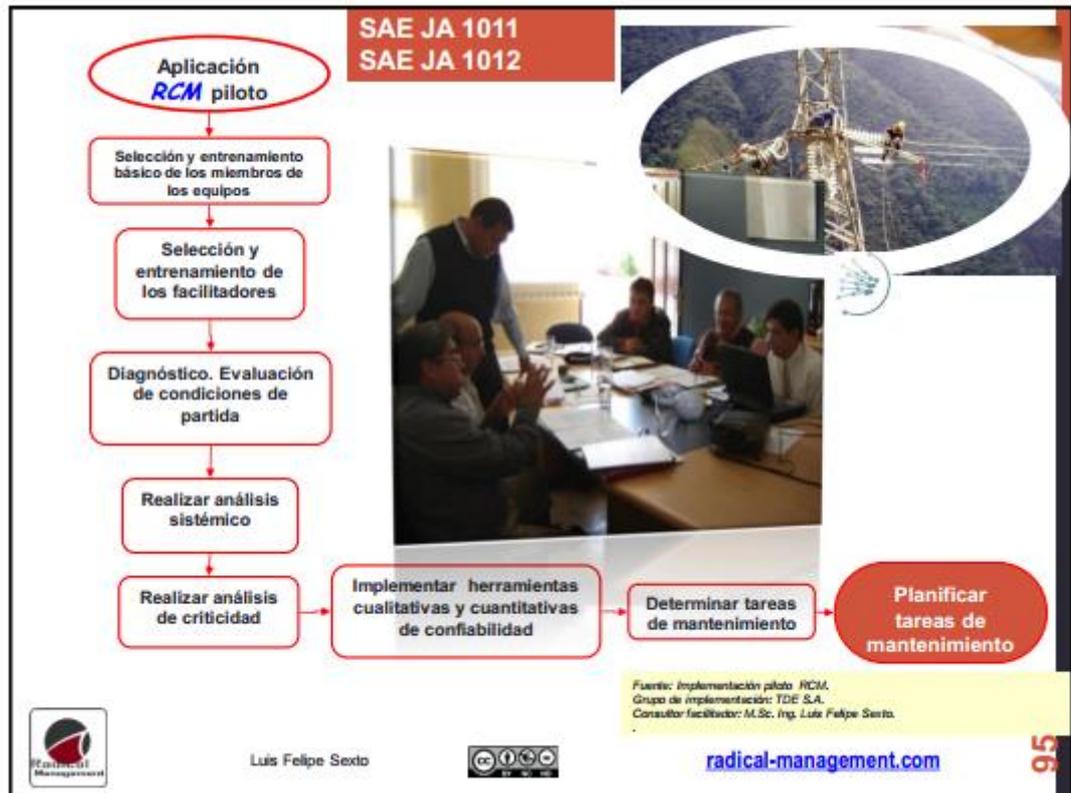


Figura 7: Aplicación RCM

Fuente: Radical-Management:2016 norma SAE JA1011 1012

### 1.6 Selección y entrenamiento de los miembros y facilitadores del equipo.

En este punto se recomienda definir el equipo humano capaz de llevar a cabo el proceso de la implementación del RCM. Este equipo debe ser conformado por miembros, facilitadores y si es necesario se recomienda la ayuda externa de asesores o empresas conocedoras de la implementación del RCM.

### 1.7 Diagnóstico y evaluación de los puntos de partida.

Resulta muy importante un establecimiento del punto de partida para poder proceder a realizar el diagnóstico y evaluación del punto actual en donde están operando los activos, debido a que las condiciones de operación o contexto operacional son diferentes para cada institución. El contexto operacional evalúa muchas condiciones como por ejemplo: Ambientales, condiciones del activo, eléctricas, logística, carga laboral, tiempo de uso.

Para el diagnóstico y evaluación del punto de partida se propone una hoja de trabajo para el registro de los datos sugeridos.

Tabla 3: Contexto operacional  
Fuente: Autor

FICHA DE CONTEXTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE RX Y MAMOGRAFÍA				
Cliente Marca: Modelo: Año de fabricación: Número de serie: Fecha de registro:				
CONDICIONES DEL ACTIVO:	ESTADO VISUAL DEL EQUIPO	BUENO	REGULAR	MALO
	ESTADO VISUAL DE CONEXIONES			
ESPECIFICACIONES Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS NORMA IEC 61000-4-2 NORMA IEC 61000-4-4 NORMA IEC 61000-4-5 NORMA IEC 61000-4-11	CPU	VOLTAJE	AMPERAJE	V/A
	DIGITALIZADOR			
	SWITCH DE DATOS	TOTAL CAPACIDAD		0
	UNIT POWER SUPPLY (UPS)	SI	NO	
	CAPACIDAD UPS (V/A)			
CONDICIONES AMBIENTALES	TEMPERATURA	17°-20°	21°-24°	Más de 25°
	HUMEDAD	0-15%	15-30%	Más de 30%
	LIMPIEZA E HIGIENE	ALTA	MEDIA	BAJA
SOPORTE LOGÍSTICO	CONTRATO SOPORTE TECNICO	SI	NO	
	SOPORTE REPUESTOS			
	DISPONIBILIDAD MANUAL DE SERVICIO			
	DISPONIBILIDAD MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
	FRECUENCIA MANTENIMIENTO			
	FECHA ÚLTIMO MANTENIMIENTO			
CARGA LABORAL	NÚMERO DE TURNOS POR DÍA			
	NÚMERO DE HORAS POR TURNO			
	NÚMERO DE ESTUDIOS DIARIOS			
_____ Responsable				

### 1.8 Análisis sistémico.

En este punto la norma SAE JA1011, solicita que se defina los equipos y elementos que componen el sistema y subsistemas, así mismo comprender su funcionamiento.

### 1.9 Análisis de criticidad.

El análisis de riesgo, también conocido como evaluación de riesgos o PHA por sus siglas en inglés. *Process Hazards Analysis*, es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que éstas puedan producir. (Wikipedia, 2016)

Existen varios métodos para el análisis de riesgos entre los cuales hemos escogido FMEA ( Failure Modes and Effect Analysis) Análisis de modos de fallas y efectos por su fácil aplicación y la disposición del material.

Los modos de falla y análisis de efectos (FMEA) es un procedimiento sistemático para el análisis de un sistema para identificar los posibles modos de falla, sus causas y efectos en el rendimiento del sistema (rendimiento del ensamblaje inmediato y todo el sistema o un proceso). Aquí, el término el sistema se usa como una representación de hardware, software (con su interacción) o un proceso.

Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA) (IEC 60812:2006).

### 1.9.1 Ventajas del Análisis de modos de fallas y efectos

Evitar modificaciones costosas por la identificación temprana de deficiencias de diseño.

Identificar fallas que, cuando ocurren solas o en combinación, tienen inaceptables o efectos significativos, y para determinar los modos de falla que pueden afectar seriamente operación esperada o requerida.

Para determinar la necesidad de los métodos de diseño para la mejora de la confiabilidad (redundancia, tensiones operacionales, falla segura, selección de componentes y degradación, etc.

Para proporcionar el modelo lógico requerido para evaluar la probabilidad o tasa de ocurrencia de condiciones anómalas de operación del sistema en preparación para el análisis de criticidad.

Divulgar las áreas problemáticas de seguridad y responsabilidad del producto, o el incumplimiento de regulaciones o requisitos.

### 1.9.2 Desventajas del análisis de modos de fallas y efectos.

FMEA puede ser difícil y tedioso para el caso de sistemas complejos que tienen funciones múltiples que implican diferentes conjuntos de Componentes del sistema. Esto se debe a la cantidad de información detallada del sistema que necesita para ser considerado. Esta dificultad se puede aumentar por la existencia de una serie de posibles modos de operación, así como considerando las políticas de reparación y mantenimiento.

FMEA puede ser un proceso laborioso e ineficiente a menos que se aplique juiciosamente. Los usos para que los resultados se deben poner posteriormente deben definirse, y FMEA no debe ser incluido en las especificaciones de los requisitos indiscriminadamente.

Las complicaciones, malentendidos y errores pueden ocurrir cuando FMEA intenta abarcar varios niveles en una estructura jerárquica si se aplica redundancia en el diseño del sistema.

Para el análisis de fallos y sus efectos la norma FMEA desarrolla un formato para registro de los análisis realizados.

Los pasos a desarrollar son los siguientes:

1. Descripción del sistema
2. Definición del objetivo y alcance.
3. Determinación de las funciones.
4. Determinación de los modos de fallas de cada función.
5. Determinación de las causas por cada modo de fallo.
6. Determinación de las formas de detección.
7. Determinación de los efectos sobre otros componentes y sobre el sistema.
8. Estimación de la frecuencia de fallo, la gravedad y la probabilidad de que el fallo sea detectado.

9. Cálculo del índice de prioridad de riesgo (IPR) para cada modo de falla y causa.
10. Identificación de los modos de fallo más críticos y propuesta de medidas correctoras.
11. Esquema de la instalación mejorada.
12. Cálculo de los nuevos coeficientes F',G' y D' y el IPR' para cada medida correctora.

## CAPITULO 2

### 2.1 Diagnóstico y evaluación de las condiciones de partida.

El contexto operacional es definido por las condiciones del sistema, condiciones de mantenimiento, condiciones de operación, estándares de seguridad, estándares de calidad y ambiente, es decir el contexto operacional es único para cada sistema.

Para efectos de la aplicación de la metodología RCM, se debe tener muy claro las variables que utilizaremos para la evaluación del contexto operacional ya que cada sistema de digitalización de rayos x y mamografía acciona diferente dependiendo de las condiciones de operación que no pueden ser iguales ya que las políticas y acciones de cada hospital son diferentes, es por eso que resulta importante la evaluación de dicho contexto.

Para el diagnóstico y la evaluación del contexto operacional de los sistemas de digitalización se ha creado un formulario en donde se registran los parámetros de funcionamiento de los mismos, con el fin de entender las condiciones en las que un activo o sistema opera.

#### 2.1.1 La disponibilidad.

La disponibilidad indica la proporción de tiempo empleado realmente en operación, en relación a un valor esperado o de referencia. LSexto,2016.

Las causas más comunes de una baja disponibilidad son: falta de mantenimiento, deterioro, suciedad, errores humanos, ambientes no aptos para el funcionamiento, entre otros.

La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento. Es una medida extremadamente importante y útil en casos en los que el usuario tiene que tomar decisiones con respecto a la adquisición de un elemento entre varias posibilidades alternativas. (knezevic,1996)

Para el cálculo de la disponibilidad aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

El hospital Vicente Corral Moscoso, dispone de un sistema de digitalización marca Fujifilm Modelo CR-IR359 Cápsula XLII, el mismo que se encuentra instalado en el área de imágenes.

Periodo: enero 2017 a septiembre 2017 (273 días laborados por 24 horas diarias)

Horas totales de trabajo: 6552 horas

Número de horas paradas:1440 horas

Disponibilidad: (6552-1440) /6570 = 0.7802 = 78%

El Dispensario central del IESS Cuenca, dispone de un sistema de digitalización marca Fujifilm Modelo CR-IR363 Profect CS, el mismo que se encuentra instalado en el área de imágenes.

Periodo: enero 2017 a septiembre 2017 (195 días laborados por 10 horas diarias)

Horas totales de trabajo: 1950 horas

Número de horas paradas:30 horas

Disponibilidad:  $(1950-30) / 1950 = 0.9846 = 98\%$

El Centro de diagnóstico Medimagen, dispone de un sistema de digitalización marca Fujifilm Modelo CR-IR368 Profect ONE, el mismo que se encuentra instalado en el área de imágenes.

Periodo: enero 2017 a septiembre 2017 (234 días laborados por 12 horas diarias)

Horas totales de trabajo: 2808 horas

Número de horas paradas:50 horas

Disponibilidad:  $(2808-50) / 2808 = 0.9821 = 98\%$

### 2.1.2 Contexto operacional.

Con la elaboración del análisis de modos de fallas y análisis de efectos se puede proceder a plantear el plan de mantenimiento para los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía, evaluando su contexto operacional ya que las condiciones de operación no son las mismas en cada hospital analizado, es por esto que se elaborará un plan de mantenimiento diferente para cada uno de estos.

El hospital Vicente corral Moscoso presenta un contexto operacional con las siguientes variables:

- Condiciones del activo: Regular
- Condiciones de las conexiones : Regular
- Protecciones eléctricas: Aplica
- Condiciones ambientales: Regular
- Condiciones soporte logístico: Malo
- Carga laboral: Alta

Analizando el número de horas de uso del sistema de digitalización de rayos x y mamografía y el contexto operacional del hospital Vicente Corral Moscoso, se recomienda aplicar las siguientes observaciones:

- Mejoras en el cableado estructurado,
- Instalación de un aire acondicionado para el área.
- Aumentar la frecuencia de limpieza en el área a 3 veces por semana.
- Contratar mantenimiento preventivo y correctivo con el distribuidor.
- Aplicación del plan de mantenimiento propuesto.
- Aplicación del mantenimiento autónomo.
- Elaboración de la lista de chequeo (Check list).

El Dispensario central del IESS Cuenca presenta un contexto operacional con las siguientes variables:

- Condiciones del activo: Regular
- Condiciones de las conexiones : Regular
- Protecciones eléctricas: No dispone
- Condiciones ambientales: Regular
- Condiciones soporte logístico: Bueno
- Carga laboral: Media

Analizando el número de horas de uso del sistema de digitalización de rayos x y mamografía y el contexto operacional del Dispensario central del IESS Cuenca, se recomienda aplicar las siguientes observaciones:

- Instalación de un cableado estructurado,
- Aumentar la frecuencia de limpieza en el área a 3 veces por semana
- Aplicación del plan de mantenimiento.
- Aplicación del mantenimiento autónomo
- Elaboración de la lista de chequeo (Check list).

El centro de diagnóstico Medimagen, presenta un contexto operacional con las siguientes variables:

- Condiciones del activo: Bueno
- Condiciones de las conexiones : Bueno
- Protecciones eléctricas: Bueno
- Condiciones ambientales: Bueno
- Condiciones soporte logístico: Malo
- Carga laboral: Media

Analizando el número de horas de uso del sistema de digitalización de rayos x y mamografía y el contexto operacional del Dispensario central del IESS Cuenca, se recomienda aplicar las siguientes observaciones:

- Mantener la frecuencia de limpieza en el área.
- Contratar mantenimiento preventivo y correctivo con el distribuidor.
- Aplicación del plan de mantenimiento.
- Aplicación del mantenimiento autónomo
- Elaboración de la lista de chequeo (Check list).

## 2.2 Análisis sistémico de la digitalización de rayos x y mamografía

Los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía se desagrega en cuatro subsistemas que son el digitalizador, la consola de adquisición de imágenes, las láminas de fósforo IP (Image Plate) y los chasises.

Para el estudio de investigación desagregaremos cada subsistema.

### 2.2.1 Digitalizador de imágenes.

**Función:** La función del digitalizador de imágenes es convertir las señales analógicas a digitales, señales que se encuentran reposadas en las láminas de fósforo luego de la emisión de los rayos x.



Figura 8: Digitalizadores cr-ir359,363 y 368  
Fuente: Fujifilm Corp.

### Subsistemas: Transportación, Lectura y borrado de láminas IP.

Tabla 4: Definición de equipos y componentes del digitalizador  
Fuente: Autor.

SISTEMA	SUBSISTEMA	EQUIPO	COMPONENTE
DIGITALIZADOR DE IMÁGENES	Transportación de lámina.	Motores de pasos	Estator y rotor. Bobinas. Eje. Carcasa
		Sensores infrarrojos	Placa conductora. Bornes. Conectores.
		Unidades de transporte	Rodillos. Guías. Rodamientos. Bandas.
		Fuente de poder	Ventiladores. Fusibles. Tarjetas de control
	Lectura de lámina	Escáner	Unidad óptica. Tarjeta principal. Lentes poligonales
	Borrado de lámina	Lámpara de borrado.	Termo switch Fusible Filtro Ventilador

Elementos: Los elementos del sistema de digitalización se encuentran codificados y definidos plenamente en los manuales de servicio del digitalizador de imágenes.

Motores de pasos: Es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares, dependiendo de sus entradas de control. (C. Valencia,2010)



Figura 9: Motor de pasos  
Fuente: Fujifilm Corp.

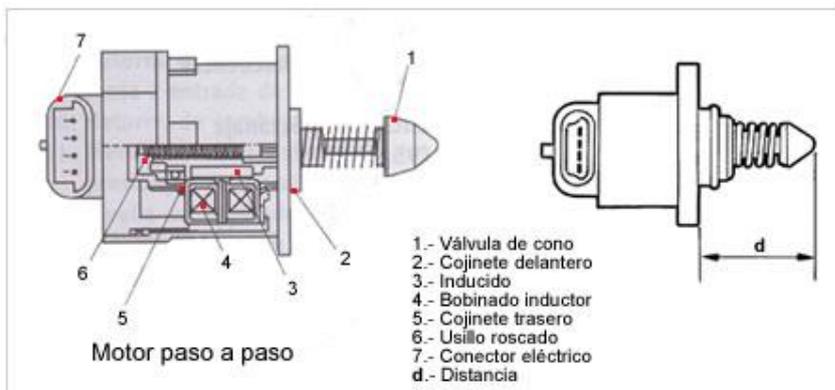


Figura 10:: Despiece de motor de pasos

Fuente: Meganeboy D, 2014: Aficionados a la mecánica. Recuperado de: <http://www.aficionadosalamecanica.net>

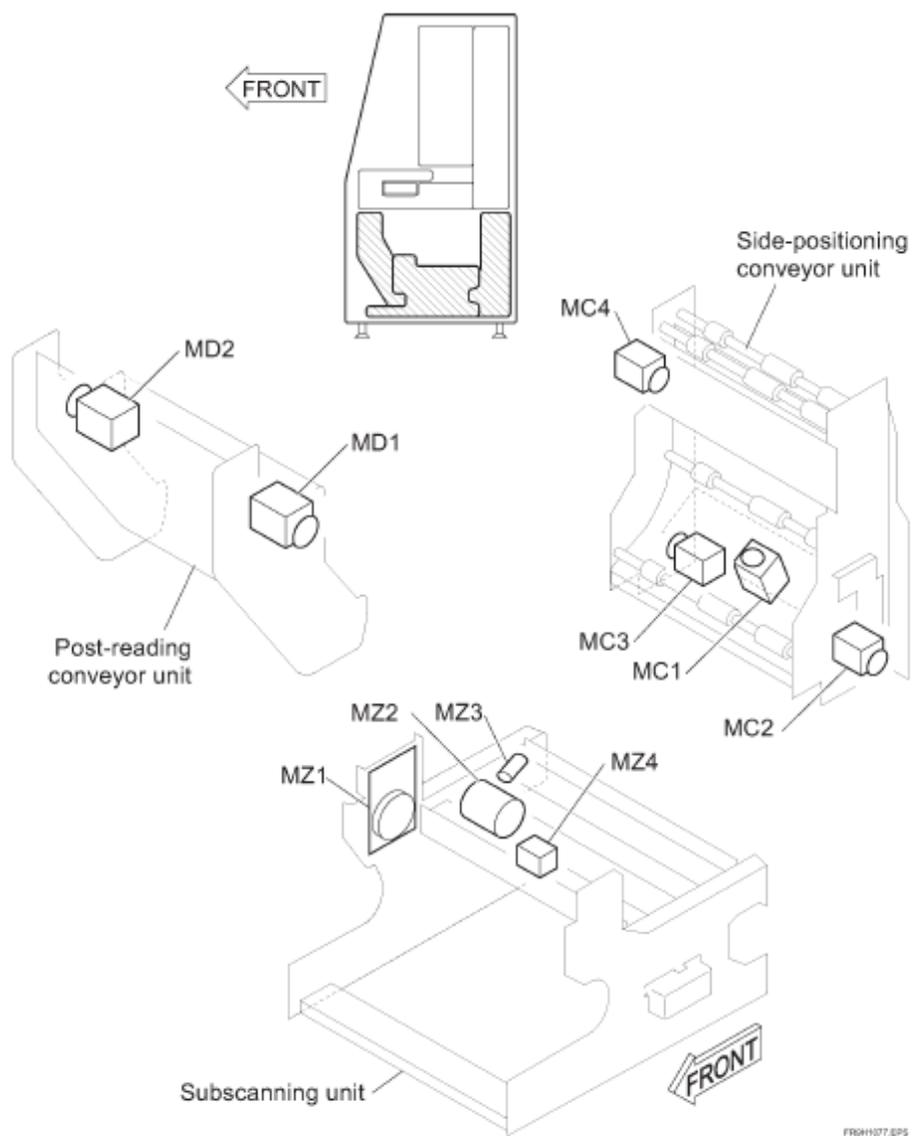


Figura 11:: tipo y localización de motores de pasos

Fuente: Fujifilm Corp.

**MC1:** Motor de pulsos que impulsa el mecanismo de posicionamiento lateral.

**MC2:** Motor de pulsos que agarra y suelta el rodillo de agarre.

**MC3:** Motor de pulsos que transporta la lámina IP.

**MC4:** Motor de pulsos que conduce la guía de limpieza.

**MZ1:** Motor tipo FFM que transporta la lámina IP.

**MZ2:** Motor de corriente continua que agarra y libera los ejes de conducción.

**MZ3:** Motor de corriente continua que remueve el polvo alojado en los espejos.

**MZ4:** Motor de pulsos que maneja las paradas de la lámina IP.

**MD1:** Motor de pulsos que agarra y suelta el rodillo de agarre.

**MD2:** Motor de pulsos que transporta la lámina IP.

### **Sensores infrarrojos y foto sensores.**

Función: Permiten establecer el arranque o puesta en marcha de los procesos secuenciales según su detección.

A continuación, listamos los sensores disponibles en los digitalizadores de imágenes.

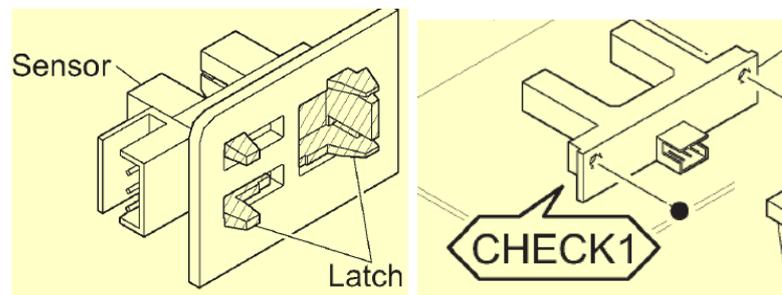


Figura 12:: Foto sensores infrarrojos  
Fuente: Fujifilm Corp.

I/O	NOMBRE	SIGNIFICADO CUANDO LA LUZ LED SE ENCIENDE
SD1	Sensor de liberación de agarre	El mecanismo está en posición inicial cuando el sensor está cerrado.
SD2	Transporte posterior a la lectura	Una IP se encuentra en la unidad de lectura.
SE1	Sensor de espera post lectura	Una IP se encuentra en la unidad de lectura.
SE2	Sensor de espera de conmutación	Una IP se encuentra en la unidad standby.
SE4	Sensor de posicionamiento de borrado	El mecanismo de borrado está en posición inicial cuando el sensor está cerrado.
SE5	Sensor de liberación	El mecanismo de liberación está en posición inicial cuando el sensor está cerrado.
SE6	No usado	
SZ2	Sensor de liberación	El mecanismo de liberación está en posición inicial cuando el sensor está cerrado.
SZ3	Sensor de liberación	El mecanismo de liberación está en posición inicial cuando el sensor está cerrado.
SZ4	Sensor de eliminación de polvo	El mecanismo de liberación de polvo está en posición inicial cuando el sensor está cerrado.
SZ5	Sensor de parada de IP	El mecanismo de parada está en posición inicial cuando el sensor está cerrado.
SN1	Sensor de lámpara 1	La lámpara 1 está apagada.
SN2	Sensor de lámpara 2	La lámpara 2 está apagada.
SN3	Sensor de lámpara 3	La lámpara 3 está apagada.
SN4	Sensor de lámpara 4	La lámpara 4 está apagada.
SN5	Sensor de lámpara 5	La lámpara 5 está apagada.

Figura 13: Codificación de componentes  
Fuente: Fujifilm Corp.

### Lámpara de borrado.

Función: Mediante una emisión de luz de alta luminosidad produce un proceso de borrado de la imagen remanente en las láminas IP.

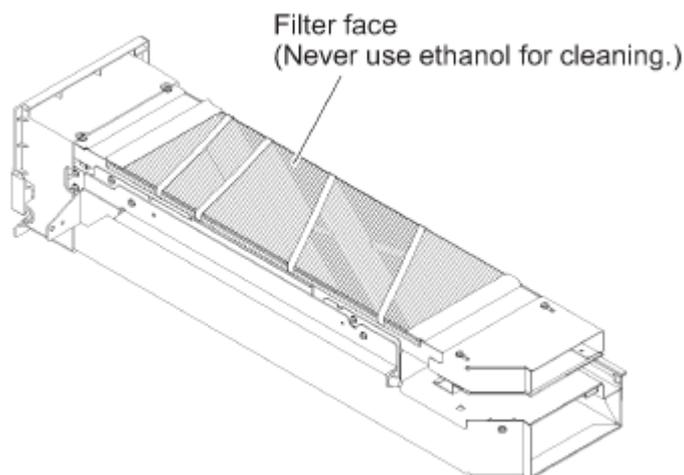


Figura 14: Lámpara de borrado.  
Fuente: Fujifilm Corp.

### 2.2.2 Consola de adquisición de imágenes.

**Función:** Es un computador que recibe las imágenes digitalizadas y permite la edición de las mismas mediante herramientas especiales propias para diagnóstico médico.

**Elementos:** Los elementos de una consola de adquisición de imágenes son: CPU. Monitor de grado diagnóstico (2 mega pixeles o mayos), teclado, ratón.



Figura 15: Consola de adquisición de imágenes  
Fujifilm Corp.

**CPU:**

**Función:** Procesa las entradas y emite la información requerida por el usuario mediante software especializado para diagnóstico médico.

Tabla 5: Definición de equipos y componentes de la consola de imágenes  
Fuente: Autor

SISTEMA	SUBSISTEMA	EQUIPO	COMPONENTE
CONSOLA DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES	Software de registro, adquisición y edición de imágenes.	CPU	Disco duro. Memorias. Mainboard. Periféricos. Fuente de poder. Ventiladores. Procesador. Monitor Software

**Disco Duro.**

**Función:** Permite el almacenamiento de los datos y del sistema operativo.

**Memoria RAM.**

**Función:** Permite el almacenamiento temporal para el procesamiento de datos requeridos por el usuario.

**Teclado.**

**Función:** Es un periférico de entrada que permite el ingreso de datos para el procesamiento de los mismos.

**Ratón.**

**Función:** Es un periférico de entrada que permite el ingreso de órdenes para el procesamiento de delo datos.

Monitor:

Función: Es un periférico de salida que permite apreciar las imágenes adquiridas con una resolución superior a los monitores comunes ya que para el diagnóstico médico no se puede perder información en píxeles por que se podría inintencionalmente obviar lesiones muy agresivas como por ejemplo las microcalcificaciones en mamografía.

Software.

Función: Son rutinas programadas que permite la adquisición, manejo y almacenamiento de los estudios que se realizan.

### 2.2.3 Láminas de fósforo IP.

Función: Las láminas de fósforo (Image Plate), permite la luminiscencia foto estimulada a través de la emisión de láser y foto multiplicadores, dando como resultado la captura de las señales y posterior formación de las imágenes.



Figura 16:Láminas de fósforo IP  
Fuente: Fujifilm Corp.

### 2.2.4 Chasises

Función: Permite la protección de la lámina de fósforo, evitando su exposición a condiciones extremas como suciedad, polvo, emisiones fuertes de luz.



Figura 17:Chasises  
Fuente: Fujifilm Corp.

Tabla 6:: Definición de equipos y componentes de los chasises y las láminas IP  
Fuente: Autor.

SISTEMA	SUBSISTEMA	EQUIPO	COMPONENTE
CHASISES Y LÁMINAS IP	Captura y remanencia de imágenes	Chasis	Seguros de apertura y cierre. Protecciones de felpa. Ventana lectora.
		Lámina	Lámina de fósforo

### 2.3 Análisis de criticidad.

#### 2.3.1 Descripción de la instalación.

En este caso vamos a analizar el método de digitalización de imágenes de rayos x y mamografía mediante la emisión de luz láser, foto multiplicadores y colectores de señales que forman las imágenes.

#### 2.3.2 Definición del objetivo y alcance.

Se debe reducir el riesgo en la operación de la digitalización de rayos x y mamografía, con el objetivo de precautelar la integridad de los pacientes, así como de los operarios ya que se labora con diferentes fuentes ionizantes que resultan peligrosas para la salud. Para este análisis consideraremos el equipo digitalizador, la consola de adquisición de imágenes, las láminas de fósforo IP y los chasises de diferente tamaño.

#### 2.3.3. Determinación de los componentes, funciones y modos de fallos de un sistema de digitalización de rayos x y mamografía.

Los fallos funcionales son ocurrencias que producen la incapacidad del activo de cumplir con una función dada a un nivel de rendimiento que sea aceptable para el usuario. (L. Sexto,2016)

La falla funcional es la acción de NO realizar la tarea específica para la que fue diseñado.

Son todos los eventos que ocasionen fallos funcionales. (L. Sexto,2016).

El modo de fallo detalla la parte o componente del activo en donde presenta el fallo y debe estar especificado por cada falla funcional y a su vez ser correspondiente a la función.

Resulta muy importante la identificación de los componentes y sus recambios más frecuentes mediante el manual técnico y de servicio ya que se necesita detallar paso a paso en donde se presenta los fallos.

Fallos funcionales en motores de pasos.

Tabla 7: Formulario de establecimiento de fallas funcionales  
Fuente: Autor

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Motores de pasos	Convertir señales eléctricas en movimientos angulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El motor no gira.</li> <li>- El motor gira muy lento.</li> </ul>

Fallos funcionales en sensores infrarrojos.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Sensores infrarrojos	Activar o desactivar una señal en función del paso de algún componente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No censa el paso.</li> </ul>

Fallos funcionales en unidades de transporte.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
unidades de transporte	Transportar láminas IP mediante motores y rodillos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No transporta las láminas.</li> <li>- Existe trabado de láminas.</li> </ul>

Fallos funcionales en fuente de poder del digitalizador.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Fuente de poder	Suministrar energía para el funcionamiento de los componentes eléctricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallas en el suministro de energía a los componentes.</li> <li>- Fallas de los componentes del circuito.</li> <li>- Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.</li> <li>- No ventila</li> </ul>

Fallos funcionales en escáner.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Escáner	Escanear señales emitidas por los fotomultiplicadores para reconstrucción de las imágenes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe emisión de luz láser.</li> <li>- Ausencia de transmisión de señales.</li> <li>- Fallas de los componentes del circuito.</li> </ul>

Fallos funcionales en lámparas de borrado.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Lámparas de borrado	Mediante emisión intensa de luz permite realizar un proceso de borrado de las láminas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallas en emisión de luz.</li> <li>- Desperfecto en tubo fluorescente.</li> <li>- Rotura de guías plásticas.</li> </ul>

Fallos funcionales en disco duro.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Disco duro	Permite acceder continuamente a datos almacenados y de arranque del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallas de arranque del sistema.</li> <li>- Desperfecto en tareas de lectura y escritura.</li> <li>- Error de acceso.</li> </ul>

Fallos funcionales en memorias.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Memorias	Sirve para el procesamiento volátil de los procesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo en arranque del sistema.</li> <li>- Fallo en el procesamiento de datos.</li> </ul>

Fallos funcionales en mainboard.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Mainboard	Interconexión de componentes del computador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apagado repentino del equipo</li> <li>- Falla en circuitos del componente.</li> <li>- Pérdida de señal de video.</li> </ul>

Fallos funcionales en periféricos.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Periféricos	Permite la entrada de datos para ser procesados en la CPU.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desconexión de los periféricos.</li> <li>- Fallas en los materiales.</li> </ul>

Fallos funcionales en fuente de poder del CPU.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Fuente de poder	Suministro de energía para el CPU.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallas en el suministro de energía.</li> <li>- Fallas de los componentes del circuito.</li> <li>- Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.</li> <li>- No ventila.</li> </ul>

Fallos funcionales en ventiladores.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Ventiladores	Mantener el aire en movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No ventila.</li> <li>- Gira muy lento</li> </ul>

Fallos funcionales en procesador.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Procesador	Procesar los datos ingresados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla en circuitos del componente.</li> </ul>

Fallos funcionales en monitor de grado médico.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Monitor de grado médico	Periférico de salida que permite el diagnóstico médico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla en circuitos del componente.</li> <li>- No enciende.</li> <li>- Enciende intermitente.</li> </ul>

Fallos funcionales en seguros de apertura y cierre.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Seguros de apertura y cierre	Asegurar la tapa para que no se caiga la lámina IP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No asegura.</li> <li>- Salta el protector.</li> <li>- Desgaste y holguras excesivas.</li> </ul>

Fallos funcionales en protectores de felpa.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Protectores de felpa	Proteger la lámina IP.	No protege la lámina IP.

Fallos funcionales en lámina de fósforo.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Lámina de fósforo	Latencia de imágenes que van a ser digitalizadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desgaste excesivo.</li> <li>- Presencia de artefactos en imágenes.</li> </ul>

Fallos funcionales en software.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
Software	Adquisición, edición y diagnóstico de los estudios médicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla en servicios de base de datos.</li> <li>- Paros del sistema inesperados.</li> <li>- Infección de virus y malware.</li> </ul>

2.3.4. Determinación de los modos de fallas por cada falla funcional y sus formas de detección.

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en motores de pasos.

Tabla 8: Modo de falla y formas de detección  
Fuente: Autor

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
El motor no gira.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bobinado roto o quemado.</li> <li>- Fallo de alimentación del motor.</li> </ul>	Verificación y monitoreo del estado mediante software. Mediciones con multímetro.
El motor gira muy lento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamientos en mal estado.</li> <li>- Mala lubricación de rodamientos.</li> <li>- Suciedad excesiva.</li> <li>- Alta temperatura en la carcasa</li> </ul>	Medidores. Cámara termográfica.

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en sensores infrarrojos.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
No censa el paso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de señal por suciedad excesiva.</li> <li>- Mala manipulación en mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia mantenimiento y contexto operacional.</li> <li>- Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> </ul>

		– Circuitos de comprobación
--	--	-----------------------------

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en unidades de transporte de lámina.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
No transporta las láminas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Motores en corto circuito.</li> <li>– Sensores obstruidos.</li> <li>– Suciedad u oxidamiento de rodamientos.</li> <li>– Rodamientos dañados.</li> <li>– Guías de rodillos desenchajadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Circuitos de comprobación de motores.</li> <li>– Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> </ul>
Existe trabado de láminas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Láminas deterioradas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Monitoreo de condición.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en fuente de poder del digitalizador.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Fallas en el suministro de energía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reguladores de voltaje defectuosos.</li> <li>– Fusibles quemados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Multímetro</li> </ul>
Fallas de los componentes del circuito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fuente de potencia averiada.</li> <li>– Condensadores dañados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> </ul>
Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reguladores de voltaje defectuosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> <li>– Multímetro</li> </ul>
No ventila	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Excesiva acumulación de impurezas.</li> <li>– Ausencia de lubricación.</li> <li>– Ausencia de alimentación eléctrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Monitoreo de condición.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en escáner.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
No existe emisión de luz láser.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Señales de equipos cercanos que producen interferencia.</li> <li>–</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> </ul>
Ausencia de transmisión de señales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Daños en circuitos integrados y placas controladoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> </ul>

Fallas de los componentes del circuito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuente de potencia averiada.</li> <li>- Condensadores dañados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> </ul>
---	--	--

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en lámparas de borrado.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Fallas en emisión de luz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exceso de tiempo de vida útil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación y monitoreo del estado mediante software.</li> </ul>
Desperfecto en tubo fluorescente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exceso de tiempo de vida útil.</li> <li>- Mala manipulación en mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>
Rotura de guías plásticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre calentamiento.</li> <li>- Exceso de tiempo de vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en disco duro.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Fallas de arranque del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala manipulación del elemento.</li> <li>- Golpes.</li> <li>- Humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo y comprobación de errores por software del fabricante.</li> </ul>
Desperfecto en tareas de lectura y escritura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daño del cabezal de lectura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo y comprobación de errores por software del fabricante.</li> </ul>
Error de acceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cabezal dañado.</li> <li>- Exceso de vida útil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo y comprobación de errores por software del fabricante.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en memorias.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Fallo en arranque del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesiva acumulación de impurezas.</li> <li>- Mal contacto con la placa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo y comprobación de errores por software del fabricante.</li> </ul>
Fallo en el procesamiento de datos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de capacidad de memoria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo y comprobación de errores por software del fabricante.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en mainboard.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Apagado repentino del equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daño del disipador de calor.</li> <li>- Incremento de temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>
Falla en circuitos del componente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo y comprobación de errores por software del fabricante.</li> </ul>
Pérdida de señal de video.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corto circuito del chip de video.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en periféricos.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Desconexión de los periféricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala manipulación de los cables de conexión.</li> <li>- Humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>
Fallas en los materiales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesiva acumulación de impurezas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en fuente de poder del CPU.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Fallas en el suministro de energía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reguladores de voltaje defectuoso.</li> <li>- Fusibles quemados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>
Fallas de los componentes del circuito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesiva acumulación de impurezas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>
Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reguladores de voltaje defectuoso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multímetro</li> </ul>
No ventila.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesiva acumulación de impurezas.</li> <li>- Ausencia de lubricación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en ventiladores.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
No ventila.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesiva acumulación de impurezas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>
Gira muy lento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rozamiento con tapas o cables.</li> <li>- Falta de lubricación del eje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de condición.</li> </ul>

	– Excesiva acumulación de impurezas.	
--	--------------------------------------	--

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en procesador.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Falla en circuitos del componente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Falta de aislante térmico.</li> <li>– Excesiva acumulación de impurezas</li> </ul>	– Monitoreo de condición.

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en monitor de grado médico.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Falla en circuitos del componente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Humedad.</li> <li>– Altas temperaturas ambientales.</li> </ul>	– Monitoreo de condición.
No enciende.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Quemado las lámparas led.</li> <li>– Quemado la fuente de poder.</li> </ul>	– Monitoreo de condición.
Enciende intermitente.	– Condensadores dañados	– Multímetro.

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en seguros de apertura y cierre.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
No asegura.	– Desgaste de seguros	– Monitoreo de condición.
Salta el protector.	– Cimbra deteriorada	– Monitoreo de condición.
Desgaste y holguras excesivas	– Excesiva acumulación de impurezas.	– Monitoreo de condición.

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en protectores de felpa.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
No protege la lámina IP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Felpa rota.</li> <li>– Impurezas insertadas en la felpa.</li> </ul>	– Monitoreo de condición.

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en láminas de fósforo.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Desgaste excesivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exceso de vida útil.</li> <li>– Rodamientos en mal estado.</li> </ul>	– Monitoreo de condición.
Presencia de artefactos en imágenes.	– Excesiva acumulación de impurezas.	– Monitoreo de condición.

Causas y formas de detección de los fallos funcionales en software.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	FORMAS DE DETECCIÓN.
Falla en servicios de base de datos.	– Daño del sistema operativo.	– Monitoreo de condición.
Paros del sistema inesperados	– Infección de virus y malware.	– Escaneo con Antivirus
Error de base de datos.	– Cortes de energía en procesos de escritura	– Multímetro

2.3.5. Determinación de los efectos sobre otros componentes y sobre el sistema.

Describen lo que sucede cuando ocurre un modo de fallo.

Incluye toda la información necesaria para la posterior evaluación de las consecuencias.

- Evidencia del fallo.
- Riesgos para el medio ambiente y la seguridad.
- Afectaciones a la producción y/o la operación.
- Daños físicos ocasionados.
- Acciones correctivas. (L, Sexto;2016).

Tabla 9: Efectos de las fallas funcionales

Fuente: Autor

Efectos de los fallos funcionales en motores de pasos.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
El motor no gira.	– No funciona la unidad de transporte de lámina.	No funciona.
El motor gira muy lento	– Se puede quemar las bobinas	No funciona.

Efectos de los fallos funcionales en sensores infrarrojos.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
No censa el paso.	– No actúan los motores, unidad de transporte, unidad de borrado y escaneo de lámina.	– No funciona.

Efectos de los fallos funcionales en unidades de transporte de lámina.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
No transporta las láminas.	– No funciona el escáner, unidad de borrado	– No funciona.
Existe trabado de láminas.	– No funciona el escáner, unidad de borrado	– No funciona.

Efectos de los fallos funcionales en fuente de poder del digitalizador.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Fallas en el suministro de energí.	– No se enciende el digitalizador.	– No funciona.
Fallas de los componentes del circuito.	– Encienden parcialmente	– No funciona.
Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.	– Enciende con dificultades	– No funciona.
No ventila.	– Enciende con dificultades	– Funciona con dificultad.

Efectos de los fallos funcionales en escáner.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
No existe emisión de luz láser.	– No hay adquisición de imagen en el software.	– No funciona.
Ausencia de transmisión de señales.	– No hay adquisición de imagen en el software.	– No funciona.
Fallas de los componentes del circuito.	– No hay adquisición de imagen en el software.	– No funciona.

Efectos de los fallos funcionales en lámparas de borrado.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Fallas en emisión de luz.	– Función inadecuada de la unidad de borrado	– Presencia de artefactos en las imágenes
Desperfecto en tubo fluorescente.	– Función inadecuada de la unidad de borrado	– Presencia de artefactos en las imágenes
Rotura de guías plásticas	– Trabado de láminas en transporte.	– No funciona

Efectos de los fallos funcionales en disco duro.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Fallas de arranque del sistema.	– Software	– No funciona
Desperfecto en tareas de lectura y escritura.	– CPU	– Funciona con dificultad.

Error de acceso.	– CPU, Software	– No Funciona.
------------------	-----------------	----------------

Efectos de los fallos funcionales en memorias.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Fallo en arranque del sistema.	– No arranca el sistema operativo	– No funciona
Fallo en el procesamiento de datos.	– No arranca aplicaciones y servicios de bases de datos.	– No funciona

Efectos de los fallos funcionales en mainboard.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Apagado repentino del equipo.	– No procesa los datos	– No funciona
Falla en circuitos del componente	– No procesa los datos	– No funciona
Pérdida de señal de video.	– No se diagnostica el estudio.	– No funciona

Efectos de los fallos funcionales en periféricos.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Desconexión de los periféricos.	– Función inadecuada del software	– No funciona.
Fallas en los materiales.	– Función inadecuada del software	– No funciona.

Efectos de los fallos funcionales en fuente de poder del CPU.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Fallas en el suministro de energía.	– No arranca el sistema operativo y software.	– No funciona.
Fallas de los componentes del circuito.	– No arranca el sistema operativo y software	– Función intermitente.
Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.	No arranca el sistema operativo y software	– No funciona.
No ventila.	– Función inadecuada del procesador, memorias, mainboard y disco duro.	– Función intermitente.

Efectos de los fallos funcionales en ventiladores.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
No ventila	– Peligro para la salud.	– Contaminación ambiental.
Gira muy lento.	– Desgaste de elementos – Recalentamiento en CPU, Fuentes de poder y procesador.	– Consumo alto de energía.

Efectos de los fallos funcionales en procesador.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Falla en circuitos del componente.	– No permite manipular el software.	– No funciona.

Efectos de los fallos funcionales en monitor de grado médico.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Falla en circuitos del componente.	– No permite manipular el software.	– No funciona.
No enciende.	– No permite utilizar el sistema.	– Mal diagnóstico médico.
Enciende intermitente	– No permite visualizar los estudios.	– No funciona

Efectos de los fallos funcionales en seguros de apertura y cierre.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
No asegura.	– Posible atasco de lámina en digitalizador.	– No funciona.
Salta el protector.	– Posible atasco de lámina en digitalizador.	– No funciona.
Desgaste y holguras excesivas	– Afecta la función del digitalizador.	– No funciona.

Efectos de los fallos funcionales en protectores de felpa.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
No protege la lámina IP.	– Desgaste de elementos de transporte de lámina.	– Mal diagnóstico médico.

Efectos de los fallos funcionales en láminas de fósforo.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Desgaste excesivo.	– Desgaste de elementos de transporte de lámina.	– Mal diagnóstico médico.

Presencia de artefactos en imágenes.	– Desgaste de elementos de transporte de lámina.	– Mal diagnóstico médico.
--------------------------------------	--	---------------------------

Efectos de los fallos funcionales en software.

FALLA FUNCIONAL	Efectos	
	Otros componentes	Sistema
Falla en servicios de base de datos.	– No funciona el digitalizador de imágenes.	– No funciona.
Paros del sistema inesperados	– No funciona el digitalizador de imágenes.	– Función intermitente y pérdida de información.
Error de base de datos.	– No funciona el digitalizador de imágenes.	– Función intermitente y pérdida de información.

#### 2.4 Estudio de la criticidad.

Cada vez que se presenta una falla, la organización que utiliza el bien se ve afectada en algún grado. Algunas fallas afectan el rendimiento, la calidad del producto, o el servicio al cliente. Otras amenazan la seguridad del medioambiente. Algunas incrementan los costos operativos, por ejemplo, mediante un aumento en el consumo de energía, mientras que unas pocas tienen un impacto en cuatro, cinco, o hasta seis de estas áreas. Hay inclusive fallas que aparentan no afectar en nada en sí misma, pero exponen a la organización al riesgo de fallas mucho más serias. Moubrey, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Aladon LLC. Pag 87.

Para el análisis de la criticidad utilizaremos una matriz en donde se multiplica la consecuencia por la frecuencia del fallo y es evaluado según su criticidad.

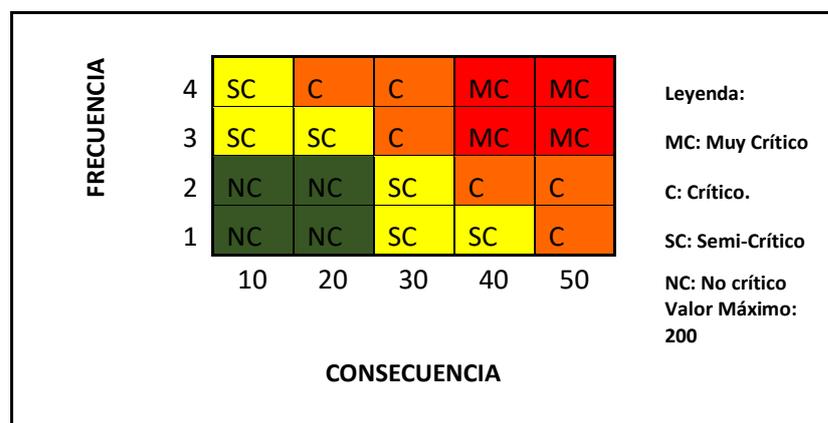


Figura 18:Matriz de criticidad

Fuente: John Moubrey, *Mantenimiento centrado en confiabilidad*.

Para el efecto de análisis de criticidad se tomará en cuenta los criterios a continuación mostrados.

### 2.4.1 Clasificación de la severidad.

Los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía tiene una alta importancia en la disponibilidad operacional dentro de las casas de salud, debido a que se trata de servicios especializados de diagnóstico médico por imagen, los mismos que se vuelven de un gran interés social en especial en urgencias críticas como politraumatismos o cirugías.

La severidad del fallo, según la norma IEC 60812:2006 (Analysis techniques for system reliability–Procedure for failure mode and effects analysis) (FMEA), la severidad del fallo lo clasifica en cuatro categorías siendo éstas:

**Catastróficas:** Un modo de falla, el cual afecta a la función principal o tiene potencial probabilidad de producir serios daños en el ambiente o lesiones personales o inclusive la muerte de personas.

**Crítica:** Un modo de falla, el cual afecta directamente a la función primaria de un sistema o causa daño considerable en el ambiente, pero no constituye una amenaza en contra de los daños a personas.

**Marginal:** Un modo de falla, el cual podría degradar la actuación del sistema, sin apreciar daño en el mismo o daños personales.

**Insignificante:** Un modo de falla, el cuál puede afectar potencialmente la degradación de las funciones del sistema, sin causar daño al sistema y daños personales.

### CRITERIOS DE CRITICIDAD Y SU CUANTIFICACIÓN

CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD	CUANTF.
<b>Frecuencias de Falla</b>	
Mayor a 4 fallas/año	4
2-4 fallas/año	3
1-2 fallas/año	2
Mínimo de 1 falla/año	1
<b>Impacto Operacional</b>	
Parada inmediata de toda la empresa	10
Parada de toda la planta (recuperable en otras plantas)	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
<b>Flexibilidad Operacional</b>	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
<b>Costos de Mantenimiento</b>	
Mayor o igual a \$20.000	2
Menor o inferior a \$20.000	1
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambiente	0

Figura 19: Criterios de criticidad y su cuantificación

Fuente:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13353/4/TESIS%20COMPLETA%20%28FINAL%29.pdf>

### 2.4.2 Frecuencias de Fallas.

A continuación se detalla el criterio de frecuencia de falla para los procesos, equipos o accesorios utilizados que en un sistema de digitalización de Rayos x y mamografía, los mismos que están basados en históricos de fallos disponibles por parte del personal de ingeniería y soporte de la empresa Oriental Medical del Ecuador ORIMEC C.A. representante exclusivo de la marca Fujifilm.

Tabla 10: Tabla de establecimiento de las frecuencias de los fallos  
Fuente: Autor

PROCESOS, EQUIPOS O ACCESORIOS	FRECUENCIA	CUANTIFICACION
Motores de pasos	Mínimo 1 falla/año	1
Sensores infrarrojos	2-4 fallas/año	3
Bombas de succión	Mínimo 1 falla/año	1
Guías de paso de lámina	Mínimo 1 falla/año	1
Rodillos y bandas de transportación.	Mínimo 1 falla/año	1
Lámpara de borrado	Mínimo 1 falla/año	1
Bases de datos	2-4 fallas/año	3
Software de adquisición de imágenes	2-4 fallas/año	3
Disco duro	Mínimo 1 falla/año	1
Escáner	Mínimo 1 falla/año	1

### 2.4.3 Impacto operacional.

A continuación, se detalla el criterio del impacto operacional producido por cada fallo con su cuantificación, tomado de la tabla de criterios y su cuantificación, basado en la experiencia del personal de ingeniería y soporte de la empresa ORIMEC.

Tabla 11: Impacto operacional y su cuantificación  
Fuente: Autor

PROCESOS, EQUIPOS O ACCESORIOS	IMPACTO OPERACIONAL	CUANTIFICACION
Motores de pasos	Parada inmediata de servicio de rayos x y mamografía	10
Sensores infrarrojos	Parada inmediata de servicio de rayos x y mamografía	10
Bombas de succión	Impacto a niveles de producción o calidad.	4
Guías de paso de lámina	Parada inmediata de servicio de rayos x y mamografía	10
Rodillos y bandas de transportación.	Impacto a niveles de producción o calidad.	4
Lámpara de borrado	Impacto a niveles de producción o calidad.	4
Bases de datos	Parada inmediata de servicio de rayos x y mamografía	10

Software de adquisición de imágenes	Parada inmediata de servicio de rayos x y mamografía	10
Disco duro	Parada inmediata de servicio de rayos x y mamografía	10
Escáner	Impacto a niveles de producción o calidad.	4

#### 2.4.4 Flexibilidad operacional.

Tabla 12: Flexibilidad operacional y su cuantificación  
Fuente: Autor

PROCESOS, EQUIPOS O ACCESORIOS	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	CUANTIFICACION
Motores de pasos	Función de repuesto disponible	1
Sensores infrarrojos	Función de repuesto disponible	1
Bombas de succión	Función de repuesto disponible	1
Guías de paso de lámina	Función de repuesto disponible	1
Rodillos y bandas de transportación.	Función de repuesto disponible	1
Lámpara de borrado	Función de repuesto disponible	1
Bases de datos	No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Software de adquisición de imágenes	No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Disco duro	No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Escáner	Función de repuesto disponible	1

#### 2.4.5 Costos de Mantenimiento.

Tabla 13: Costos del mantenimiento  
Fuente: Autor

PROCESOS, EQUIPOS O ACCESORIOS	COSTOS DE MANTENIMIENTO	CUANTIFICACION
Motores de pasos	Menor o inferior a \$ 20000	1
Sensores infrarrojos	Menor o inferior a \$ 20000	1
Bombas de succión	Menor o inferior a \$ 20000	1
Guías de paso de lámina	Menor o inferior a \$ 20000	1
Rodillos y bandas de transportación.	Menor o inferior a \$ 20000	1
Lámpara de borrado	Menor o inferior a \$ 20000	1

Bases de datos	Menor o inferior a \$ 20000	1
Software de adquisición de imágenes	Menor o inferior a \$ 20000	1
Disco duro	Menor o inferior a \$ 20000	1
Escáner	Menor o inferior a \$ 20000	1

#### 2.4.6 Impacto en la seguridad Ambiental y Humana.

Tabla 14: Impacto en la seguridad ambiental y humana  
Fuente: Autor

PROCESOS, EQUIPOS O ACCESORIOS	I.S.A.H.	CUANTIFICACION
Motores de pasos	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Sensores infrarrojos	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Bombas de succión	No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambiente	0
Guías de paso de lámina	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Rodillos y bandas de transportación.	No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambiente	0
Lámpara de borrado	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Bases de datos	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Software de adquisición de imágenes	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Disco duro	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Escáner	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8

2.5 Valoración de criterios de criticidad de un sistema de digitalización de rayos x y mamografía.

Para el cálculo de la criticidad total de los criterios de criticidad, se debe aplicar la siguiente fórmula:

Criticidad total = FRECUENCIA \* CONSECUENCIA.

De donde la consecuencia viene dada de la siguiente fórmula:

CONSECUENCIA = (IMPACTO OPERACIONAL \* FLEXIBILIDAD OPERACIONAL) + COSTOS MTTO + I.S.A.H.

Dado las fórmulas para la aplicación procedemos a determinar los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 15: Valoración de criterios de criticidad

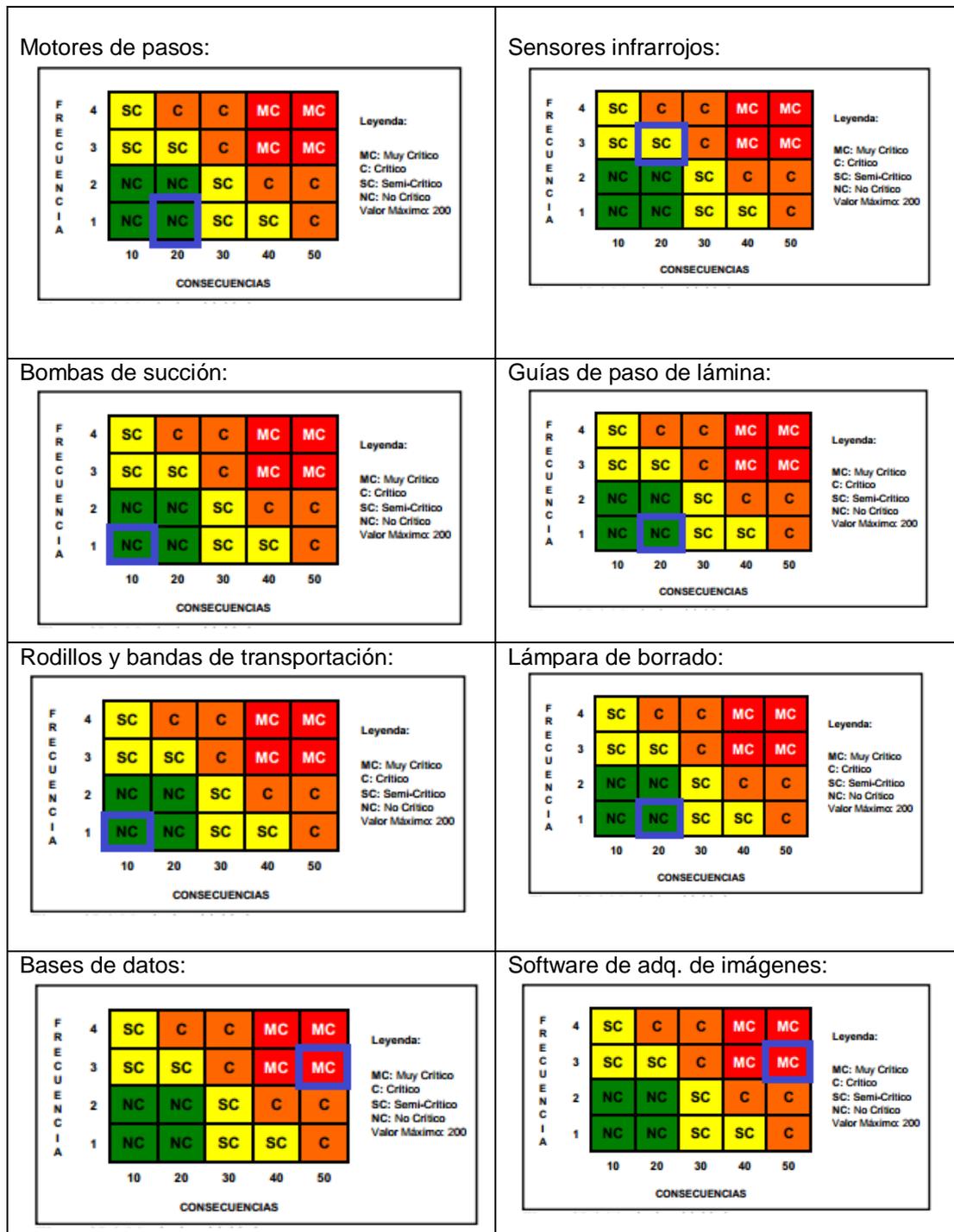
Fuente: Autor

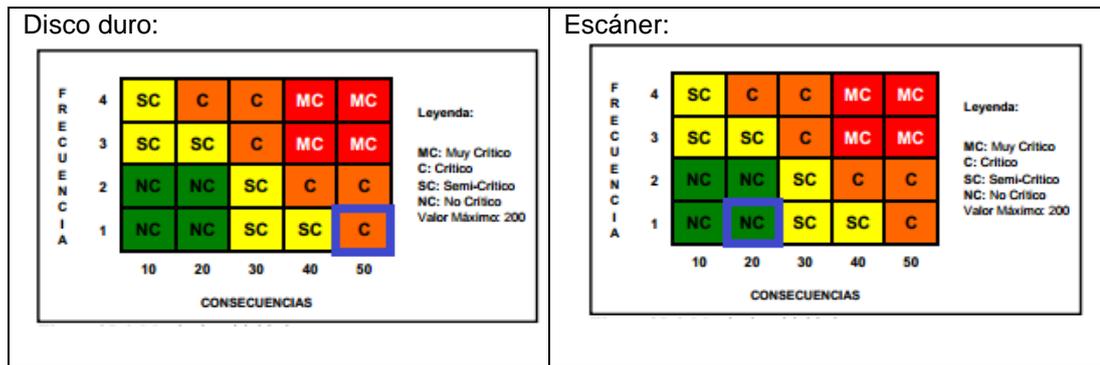
PROCESOS, EQUIPOS O ACCESORIOS	FRECUENCIA (VECES QUE FALLA)	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MTTO.	I.S.A.H.	CONSECUENCIA ((Imp. Oper. * Flex. Oper.) + Cost. Mtto. + ISAH)	TOTAL (FRECUENCIA * CONSECUENCIA)
Motores de pasos	1	10	1	1	8	$((10*1) + 1+8) = 19$	$1 * 19 = 19$
Sensores infrarrojos	3	10	1	1	8	$((10*1) + 1+8) = 19$	$3 * 19 = 57$
Bombas de succión	1	4	1	1	0	$((4 * 1) + 1 +0) = 5$	$1 * 5 = 5$
Guías de paso de lámina	1	10	1	1	8	$((10*1) + 1+8) = 19$	$1 * 19 = 19$
Rodillos y bandas de transportación.	1	4	1	1	0	$((4 * 1) + 1 +0) = 5$	$1 * 5 = 5$
Lámpara de borrado	1	4	1	1	8	$((4 * 1) + 1 +8) = 13$	$1 * 13 = 13$
Bases de datos	3	10	4	1	8	$((10 * 4) + 1 +8) = 49$	$3 * 49 = 147$
Software de adquisición de imágenes	3	10	4	1	8	$((10 * 4) + 1 + 8) = 49$	$3 * 49 = 147$
Disco duro	1	10	4	1	8	$((10*4) + 1 +8) = 49$	$1 * 49 = 49$
Escáner	1	4	1	1	8	$((4 * 1) + 1 +8) = 13$	$1 * 13 = 13$

Evaluando los resultados podemos apreciar que los servicios de bases de datos y el software de adquisición de imágenes son los procesos más críticos en un sistema de digitalización de rayos x y mamografía.

Posteriormente se procederá a establecer los valores calculados dentro de la matriz de riesgos por cada proceso o componente del sistema de digitalización de rayos x y mamografía.

Tabla 16: Matriz de riesgos  
Fuente: Autor





2.6 Establecimiento de la probabilidad de ocurrencia del fallo.

Hace referencia a la posibilidad de que pueda suscitarse algún evento que tenga como resultado la presencia de un modo de fallo. Para el establecimiento de la probabilidad de ocurrencia del fallo lo cuantificaremos mediante la siguiente tabla:

	de ocurrencia	
Probabilidad remota de ocurrencia. Sería irrazonable esperar que se produjera el fallo.	[0% – 0,005%]	1
Promedio de fallo bajo. Generalmente asociado con diseños parecidos, para las mismas condiciones de utilización, con un número relativamente bajo de fallos.	]0,005% – 0,01%]	2
Promedio de fallo bajo. Generalmente asociado con diseños parecidos a otros previos usados en entornos diferentes, con un número relativamente bajo de fallos.	]0,01% – 0,05%]	3
Promedio de fallo moderado. Generalmente asociado con diseños parecidos a otros previos que han experimentado fallos esporádicos en condiciones de utilización ligeramente diferentes.	]0,05% – 0,1%]	4
Promedio de fallo moderado. Generalmente asociado con diseños parecidos a otros previos que han experimentado fallos más frecuentes, que necesitan atenciones particulares.	]0,1% – 0,5%]	5
Promedio de fallo moderado. Generalmente asociado a productos sin diseños parecidos previos y sin probabilidades de fallo medidas.	]0,5% – 1%]	6
Problema de fallo alto. Asociado con fallos de productos parecidos que han causado problemas de diseño en el pasado.	]1% – 5%]	7
Problema de fallo alto. Asociado con diseños previos parecidos, con problemas de fabricación.	]5% – 10%]	8
Promedio de fallo muy alto. Generalmente asociado con productos previos parecidos, con problemas de diseño y fabricación.	]10% – 50%]	9
Promedio de fallo sumamente alto. Los fallos ocurrirán casi con certeza.	> 50%	10

Figura 20: Criterios para probabilidad de ocurrencia del fallo  
 Fuente: Elena Mulet Escrig y otros (2011) Problemas resueltos de análisis de riesgos. Método AMFE (35)

Mediante cálculo de probabilidades, en donde se detalla los modos de fallas, frecuencia, tasa de fallos, tiempo de indisponibilidad, se logra calcular la probabilidad de ocurrencia del fallo para posterior cuantificar en la tabla 10 de probabilidades de ocurrencia del fallo, obteniéndose como resultados una probabilidad bastante alta que se produzca un fallo en los sensores infrarrojos, servicios de base de datos y en la consola de adquisición de imágenes

**PROBABILIDAD DE NO FALLAR EN EL TIEMPO DE LOS SISTEMAS DE  
DIGITALIZACION DE RX Y MAMOGRAFÍA.**

Tabla 17: Probabilidad de no fallar  
Fuente: Autor.

<b>TIEMPO ESPERAD O DE OPERACIÓ N</b>	<b>TIEMPO DE OPER. 8760</b>			PTSF	PDF
<b>DETALLE DE FALLOS</b>	<b>FRECUEN CIA DE FALLO (HORAS)</b>	<b>TASA DE FALLOS <math>\lambda = 1 /</math> FRECUEN CIA DE FALLO</b>	<b>TIEMPO DE INDISPONIBILI DAD SISTEMA (HORAS)</b>	<b>PROBABILID AD DE TRABAJO SIN FALLO = EXP (-<math>\lambda</math>* TIEMPO OPER)</b>	<b>PROBABILID AD DE FALLO= 1- PTSF.</b>
Fallo en motores de pasos	35040	2,85388E-05	24	0,778800783	0,221199217
Fallo en sensores infrarrojo	2920	0,000342466	6	0,049787068	0,950212932
Fallo en bombas de succión	35040	2,85388E-05	24	0,778800783	0,221199217
Rotura de guías por desgaste térmico	25000	0,00004	24	0,704406271	0,295593729
Fallo en rodillos y bandas de transportación	26280	3,80518E-05	24	0,716531311	0,283468689
Fallo en lámparas de borrado.	26280	3,80518E-05	24	0,716531311	0,283468689
Error en base datos	6570	0,000152207	4	0,263597138	0,736402862
Fallo en el software de adquisición de imágenes	4380	0,000228311	5	0,135335283	0,864664717
Fallo en disco duro	20000	0,00005	5	0,645325783	0,354674217
Fallo en el escáner	35040	2,85388E-05	24	0,778800783	0,221199217
		<b>0,000974703</b>	<b>164</b>	<b>0,000195803</b>	<b>0,999804197</b>

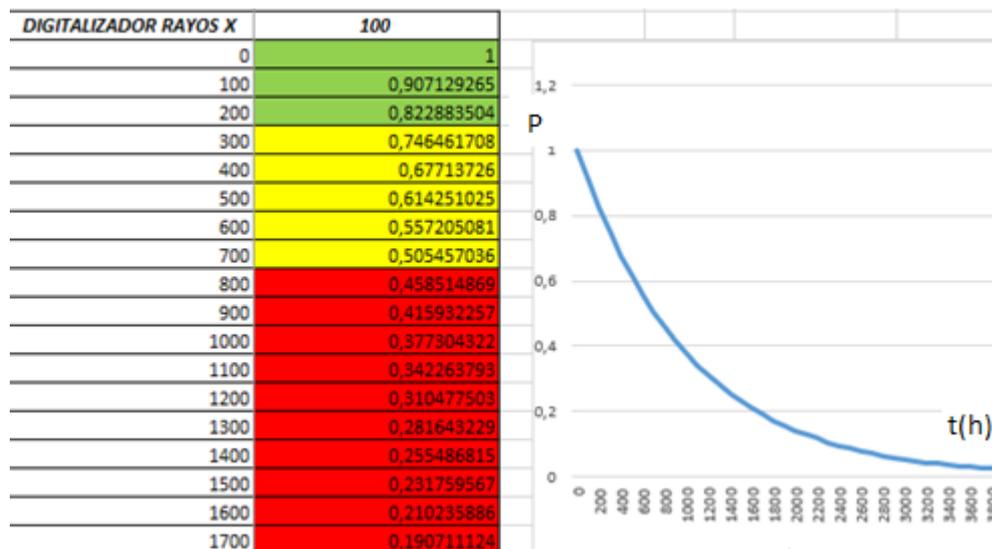


Figura 21: Curva de fiabilidad de un sistema de digitalización de rayos x y mamografía

Fuente: Autor.

Establecimiento de la probabilidad de ocurrencia.

Tabla 18: Establecimiento de la probabilidad de ocurrencia

Fuente: Autor

PROCESOS EQUIPOS O ACCESORIO	PUNTAJE OBTENIDO	CRITERIO	CUANTIFICACIÓN
Motores de pasos	22 %	MUY ALTO	9
Sensores infrarrojos	95%	SUMAMENTE ALTO	10
Bombas de succión	22%	MUY ALTO	9
Guías de paso de lámina	29%	MUY ALTO	9
Rodillos y bandas de transportación	28%	MUY ALTO	9
Lámpara de borrado	28%	MUY ALTO	9
Bases de datos	73%	SUMAMENTE ALTO	10
Software de adquisición de imágenes	86%	SUMAMENTE ALTO	10
Disco duro	35%	MUY ALTO	9
Escáner	22%	MUY ALTO	9

## 2.7 Establecimiento de la gravedad.

Gravedad del fallo (G). Este índice está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo. El índice de gravedad valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo, por lo que se calcula en base a una escala de 1 a 10. Elena Mullet Escrig y otros (2011).

Los criterios para establecer la gravedad del fallo lo determinaremos en la siguiente figura:

Criterio	Gravedad (G)
Imperceptible por el cliente	1
Perceptible pero no molesto	2
Perceptible y ligeramente molesto	3
Predispone negativamente al cliente	4
Degradación del sistema	5
Degradación del sistema y exigencia de cambio/reparación	6
Degradación del sistema y reparación costosa	7
Degradación del sistema, que llega a afectar a otros sistemas de la instalación	8
Afecta a la seguridad, con aviso previo	9
Afecta a la seguridad, sin previo aviso	10

Figura 22: Establecimiento del criterio de la gravedad

Fuente: Elena Mulet Escrig y otros (2011) Problemas resueltos de análisis de riesgos. Método AMFE (36)

## Establecimiento de la gravedad.

Tabla 19: Establecimiento de la gravedad

Fuente: Autor

PROCESOS EQUIPOS O ACCESORIO	CRITERIO	CUANTIFICACIÓN
Motores de pasos	Degradación del sistema y exigencia de cambio o reparación.	6
Sensores infrarrojos	Afecta la seguridad sin previo aviso.	10
Bombas de succión	Degradación del sistema y exigencia de cambio o reparación.	6
Guías de paso de lámina	Afecta a la seguridad, sin previo aviso	10
Rodillos y bandas de transportación.	Degradación del sistema y exigencia de cambio o reparación.	6
Lámpara de borrado	Degradación del sistema y exigencia de cambio o reparación.	6
Bases de datos	Afecta a la seguridad, sin previo aviso	10
Software de adquisición de imágenes	Afecta a la seguridad, sin previo aviso	10
Disco duro	Degradación del sistema y exigencia de cambio o reparación.	6
Escáner	Degradación del sistema y reparación costosa	7

## 2.8 Establecimiento de la probabilidad de la detección.

Este índice marca la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. Este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa de fallo. Para su determinación se utiliza una escala de 1 a 10. (Elena Mulet Escrig y otros, 2011).

Criterio	Probabilidad de que el defecto individual llegue al cliente	D
Probabilidad remota de que el defecto llegue al cliente. Sería poco razonable que un defecto no fuese detectado durante la inspección, prueba o montaje (dificultad de montaje)	0-5%	1
Probabilidad baja de que el defecto llegue al cliente	6-15%	2
	16-25%	3
	26-35%	4
Probabilidad moderada de que el defecto llegue al cliente	36-45%	5
	46-55%	6
	56-65%	7
Probabilidad alta de que el defecto llegue al cliente	66-75%	8
	76-85%	9
Probabilidad muy elevada de que el defecto llegue al cliente	86-100%	10

Figura 23: Establecimiento del criterio de la probabilidad de detección

Fuente: Elena Mulet Escrig y otros (2011) Problemas resueltos de análisis de riesgos. Método AMFE (36)

Tabla 20: Cuantificación de la probabilidad de detección

Fuente: Autor

PROCESOS EQUIPOS O ACCESORIO	CRITERIO	CUANTIFICACIÓN
Motores de pasos	Moderada media	5
Sensores infrarrojos	Alta	9
Bombas de succión	Moderada media	5
Guías de paso de lámina	Moderada media	5
Rodillos y bandas de transportación.	Moderada media	5
Lámpara de borrado	Moderada baja	4
Bases de datos	Moderada alta	6
Software de adquisición de imágenes	Muy elevada	9
Disco duro	Moderada media	5
Escáner	Moderada baja	4

## 2.9 Análisis de los efectos del modo de fallo (FMEA).

Hasta el momento disponemos de los resultados la frecuencia del fallo, la gravedad y la probabilidad de detección para lo cual, procederemos al cálculo del índice de prioridad de riesgo (IPR) para cada modo de falla y causa.

Cálculo de los nuevos coeficientes F', G' y D' y el IPR' para cada medida correctora.

Tabla 21: Análisis de modo de fallas y efectos  
Fuente: Autor

PROCESOS EQUIPOS O ACCESORIO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA ( F )	GRAVEDAD ( G )	PROBABILIDAD DE DETECCIÓN ( D )	IPR (F x G x D)	METODO DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD.
Motores de pasos	9	6	5	270	NO CRITICO
Sensores infrarrojos	10	10	9	900	SEMI CRITICO
Bombas de succión	9	6	5	270	NO CRITICO
Guías de paso de lámina	9	10	5	450	NO CRITICO
Rodillos y bandas de transportación.	9	6	5	270	NO CRITICO
Lámpara de borrado	9	6	4	216	NO CRITICO
Bases de datos	10	10	6	600	MUY CRITICO
Software de adquisición de imágenes	10	10	9	900	MUY CRITICO
Disco duro	9	6	5	270	CRITICO
Escáner	9	7	4	252	NO CRITICO

#### 2.10 Determinación de las medidas preventivas.

Luego del análisis de fallas y efectos de los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía, se determinará las medidas preventivas que ayudarán a evitar el fallo o reducir el impacto del mismo. Se puede considerar las siguientes tareas:

##### Inspecciones visuales.

Consiste en la observación de todo el sistema de digitalización de rayos x y mamografía, incluyendo su contexto operacional, con el fin de determinar posibles causas que provocan los fallos, así como crear rutinas de control de calidad de imagen con personal especializado en el área.

##### Limpieza de componentes.

La limpieza de partes y piezas es una tarea muy importante que debe estar claramente establecida su frecuencia ya que al tratarse de un sistema complejo que brinda un servicio de diagnóstico por imagen, no se debe presenciar "artefactos" que incidan en la evaluación del estudio y conlleve a un mal diagnóstico médico que pueda comprometer la integridad del paciente.

##### Lubricación de partes y piezas.

La lubricación es una tarea muy importante dentro de los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía y debe estar presente en todas las intervenciones preventivas realizadas a los equipos que componen dicho sistema. La ausencia o mala lubricación permite el desgaste acelerado de los componentes que conllevan a daños más serios.

Verificación del correcto funcionamiento.

La verificación del correcto funcionamiento es una tarea extensa y a su vez bastante útil ya que los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía cuentan con software específico que monitorea y activa cada componente del sistema tales como motores, sensores, bombas de succión, emisión de láser para escaneo, estado de lámparas de borrado, etc. Por lo que resulta bastante importante realizar este chequeo al menos dos veces por año.

Determinación de niveles de ruido.

La determinación del correcto funcionamiento mediante niveles de ruido logra determinar alguna anomalía en el comportamiento del componente o del sistema en conjunto por lo que se debe identificar correctamente los ruidos extraños que podrían estar causando algún desgaste o aviso previo de avería.

Determinación de verificaciones para los diferentes equipos o accesorios.

Tabla 22: Determinación de medidas preventivas  
Fuente: Autor

	Inspecciones visuales	Limpieza de componentes	Lubricación de partes y piezas	Verificación del correcto funcionamiento	Determinación de niveles de ruido.
Motores de pasos	x	x		x	x
Sensores infrarrojos	x	x		x	
Bombas de succión	x	x		x	
Guías de paso de lámina	x	x			
	Inspecciones visuales	Limpieza de componentes	Lubricación de partes y piezas	Verificación del correcto funcionamiento	Determinación de niveles de ruido.
Rodillos y bandas de transporte.	x	x	x	x	x
Lámpara de borrado	x	x		x	
Bases de datos	x			x	
Software de adquisición de imágenes	x			x	
Disco duro	x	x		x	x
Escáner	x	x		x	

2.11 Definición de las tareas apropiadas.

¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada fallo?

Las tareas apropiadas se definirán con el objetivo de predecir, prevenir o mitigar el modo de fallo para reducir el riesgo que puede conllevar a una parada del sistema de digitalización de rayos x y mamografía.

Partiendo del análisis efectuado a los modos de fallos, procedemos a dar seguimiento mediante la secuencia lógica de la "Hoja de decisión", de donde se obtendrá las tareas de mantenimiento.

La secuencia lógica de la hoja de decisión RCM, se lo lleva acabo desde la parte superior izquierda hacia la parte derecha, respondiendo las preguntas planteadas en el gráfico, estando clasificadas dichas preguntas por las consecuencias que conlleva el fallo tales como: Ocultas, Seguridad, Operacionales, No operacionales.

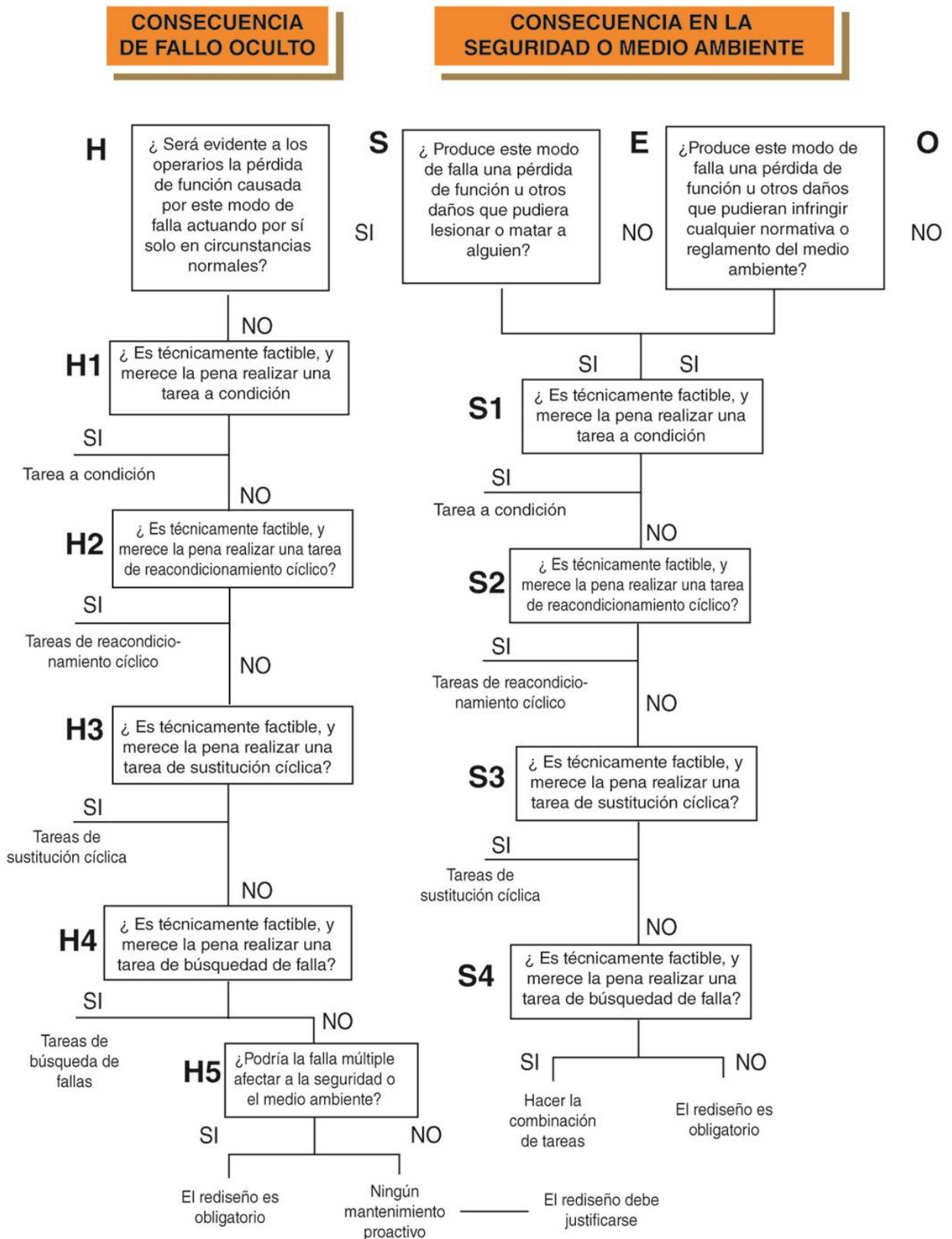


Figura 24:Diagrama de decisión (Parte1)  
 Fuente: Barreda S. 2015: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

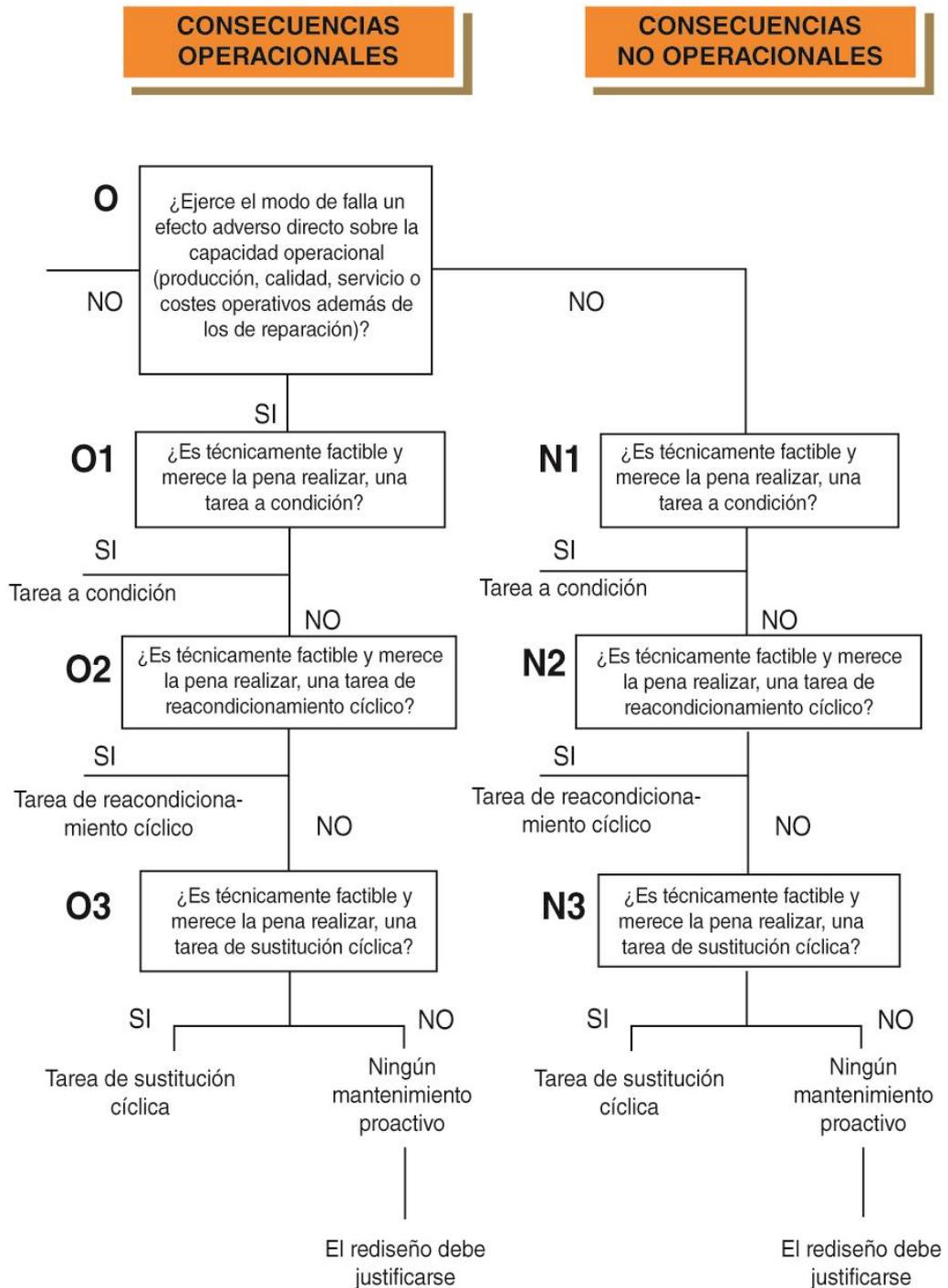


Figura 25: Diagrama de decisión (Parte2)  
 Fuente: Barreda S. 2015: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

Por ejemplo, para los fallos más críticos seguimos la secuencia lógica de la hoja de decisión y nos arroja el siguiente resultado:

**Equipo:** Sensores infrarrojos

**Fallo funcional:** Activar o desactivar una señal en función del paso de algún componente. Iniciamos con la pregunta en "Consecuencias de fallo oculto".

¿Será evidente a los operarios la pérdida de función causada por este modo de falla actuando por si solo en circunstancias normales? Respuesta = SI.

Continuando con la secuencia del gráfico, vemos que nos realiza una nueva consulta.

¿Produce este modo de falla una pérdida de función u otros daños que pudiera lesionar o matar a alguien? Respuesta = SI.

¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición? Respuesta = SI.

Resultado: Realizar la tarea a condición.

A continuación, se detalla la decisión por cada modo de fallo expuesto.

Tabla 23: Tabla de decisión  
Fuente: Autor

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	TAREA	DECISIÓN
El motor no gira.	Bobinado roto o quemado. Fallo de alimentación del motor.	Diagnóstico del estado por software.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución programada.
El motor gira muy lento	Rodamientos en mal estado. Mala lubricación de rodamientos. Suciedad excesiva. Alta temperatura en la carcasa	Revisión y lubricación de acoplamientos.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
No censa el paso.	Obstrucción de señal por suciedad excesiva. Mala manipulación en mantenimiento.	Limpieza de sensores infrarrojos y verificación de estado de funcionamiento. Limpieza de componentes	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
No transporta las láminas.	Motores en corto circuito. Sensores obstruidos. Suciedad u oxidamiento de rodamientos. Rodamientos dañados. Guías de rodillos desenchajados.	Revisión y lubricación de guías, rodamientos y bandas de transportación.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Existe trabado de láminas.	Láminas deterioradas	Revisión y lubricación de guías, rodamientos y bandas de transportación. Limpieza y revisión de láminas IP.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Fallas en el suministro de energía.	Reguladores de voltaje defectuosos. Fusibles quemados.	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Fallas de los componentes del circuito.	Fuente de potencia averiada. Condensadores dañados.	Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.

<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>TAREA</b>	<b>DECISIÓN</b>
Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.	Reguladores de voltaje defectuoso.	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
No ventila	Excesiva acumulación de impurezas. Ausencia de lubricación. Ausencia de alimentación eléctrica.	Limpieza y lubricación de los ejes.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
No existe emisión de luz láser.	Señales de equipos cercanos que producen interferencia.	Diagnóstico del estado por software.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.
Ausencia de transmisión de señales.	Daños en circuitos integrados y placas controladoras.	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Fallas de los componentes del circuito.	Fuente de potencia averiada. Condensadores dañados.	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Fallas en emisión de luz.	Exceso de tiempo de vida útil.	Diagnóstico del estado por software.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.
Desperfecto en tubo fluorescente.	Exceso de tiempo de vida útil. Mala manipulación en mantenimiento.	Reemplazo de tubo.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.

<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>TAREA</b>	<b>DECISIÓN</b>
Rotura de guías plásticas	Sobre calentamiento. Exceso de tiempo de vida útil	Reemplazo de guías.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.
Fallas de arranque del sistema.	Mala manipulación del elemento. Golpes. Humedad.	Reemplazo del disco duro.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.
Desperfecto en tareas de lectura y escritura.	Daño del cabezal de lectura.	Reemplazo del disco duro.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.
Error de acceso.	Cabezal dañado. Exceso de vida útil.	Reemplazo del disco duro	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.
Fallo en arranque del sistema.	Excesiva acumulación de impurezas. Mal contacto con la placa.	Limpieza y lubricación de componentes.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Fallo en el procesamiento de datos.	Falta de capacidad de memoria	Liberación de espacio del disco duro.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Apagado repentino del equipo.	Daño del disipador de calor.	Limpieza y lubricación de ventiladores.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Falla en circuitos del componente	Aumento de temperatura.	Limpieza y lubricación de ventiladores.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Pérdida de señal de video.	Corto circuito del chip de video.	Instalación de tarjeta de video adicional.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.

<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>TAREA</b>	<b>DECISIÓN</b>
Desconexión de los periféricos.	Mala manipulación de los cables de conexión. Humedad.	Inspección visual.	Evaluación de la condición periódica.
Fallas en los materiales.	Excesiva acumulación de impurezas.	Limpieza de los componentes.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Fallas en el suministro de energía.	Reguladores de voltaje defectuoso. Fusibles quemados.	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Fallas de los componentes del circuito.	Excesiva acumulación de impurezas.	Limpieza de los componentes.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Desperfectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores, reguladores de voltaje.	Reguladores de voltaje defectuoso.	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
No ventila.	Excesiva acumulación de impurezas. Ausencia de lubricación.	Limpieza y lubricación de los ejes.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
No ventila.	Excesiva acumulación de impurezas.	Limpieza y lubricación de los componentes	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Gira muy lento.	Rozamiento con tapas o cables. Ausencia de lubricación. Excesiva acumulación de impurezas.	Inspección visual y de ruido en ventiladores.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Falla en circuitos del componente.	Falta de aislante térmico. Excesiva acumulación de impurezas	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.

<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>TAREA</b>	<b>DECISIÓN</b>
Falla en circuitos del componente.	Humedad. Altas temperaturas ambientales.	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.
No enciende.	Quemado de la fuente de poder. Quemado de las lámparas led.	Limpieza y lubricación de los componentes	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Enciende intermitente.	Condensadores dañados	Diagnóstico del estado por software. Revisión de suministro de energía.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.
No asegura.	Desgaste de seguros	Inspección visual.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Salta el protector.	Cimbra deteriorada	Inspección visual.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
Desgaste y holguras excesivas	Excesiva acumulación de impurezas.	Limpieza de los componentes.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.
No protege la lámina IP.	Felpa rota. Impurezas insertadas en la felpa.	Inspección visual. Reemplazo de porta chasis	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	TAREA	DECISIÓN
Desgaste excesivo.	Exceso de vida útil. Rodamientos en mal estado.	Limpieza y lubricación de los componentes	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.
Presencia de artefactos en imágenes.	Excesiva acumulación de impurezas.	Limpieza de los componentes	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Falla en servicios de base de datos.	Daño del sistema operativo.	Ejecución de procesos de reconstrucción de base de datos.	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Paros del sistema inesperados	Infección de virus y malware.	Diagnóstico y eliminación de amenazas en el sistema operativo	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.
Error de base de datos.	Cortes de energía en procesos de escritura	Revisión y ejecución de los servicios de base de datos cada tres meses Revisión de calidad de corriente	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.

## 2.12 Formulario de factibilidad y sostenibilidad.

La hoja de factibilidad y sostenibilidad nos permite tomar decisiones para la ejecución o no de la tarea propuesta conjuntamente con el o los responsables de la ejecución, frecuencia y el costo de cada tarea.

El plan de mantenimiento de una instalación es el conjunto de tareas preventivas que hay que realizar en ésta antes de que ocurra un fallo, y precisamente con la intención de evitarlo. Además de determinar las tareas, hay que fijar la frecuencia con la que se realiza cada una de ellas. Existen tres formas de determinar la frecuencia, y además, ésta puede indicarse en forma de periodos fijos de tiempo o en función de las horas de funcionamiento.

Existen tres formas de determinar la frecuencia: utilizando métodos estadísticos, utilizando modelos matemáticos o basándose en la experiencia de los técnicos que deben elaborar el plan de mantenimiento. La primera es compleja, y no siempre (más bien rara vez) se dispone de datos suficientes como para realizar un estudio estadístico adecuado. En estos casos se utiliza la distribución de Weibull para fijar el momento más adecuado para llevar a cabo una tarea de mantenimiento.

Fuente: <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento/145-frecuencia-de-las-tareas-de-mantenimiento>.

Para nuestro análisis el cálculo de la frecuencia lo determinaremos mediante la experiencia de los técnicos y el análisis del contexto operacional en donde operan los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía.

A continuación, se detalla el criterio con su respectiva frecuencia:

Tabla 24: Criterio y frecuencia  
Fuente: Autor

CRITERIO	FRECUENCIA
Evaluación de la condición periódica	TRIMESTRAL Y SEMESTRAL
Ejecutar sustitución programada	CADA 30000 HORAS DE USO
Ejecutar tarea predictiva	TRIMESTRAL Y SEMESTRAL
Ejecutar sustitución por condición	BASADO EN CONDICIÓN

### 2.13 Establecimiento de las medidas de seguridad.

Las medidas de seguridad, se categorizará de acuerdo al riesgo presentado en la manipulación de los componentes de los activos y las acciones a realizarse por parte del personal técnico. Para este caso de sistemas utilizaremos tres tipos de seguridades descritas en el siguiente cuadro.

Tabla 25: Medidas de seguridad  
Fuente: Autor

TIPO DE SEGURIDAD	DESCRIPCIÓN	USO DE PROTECCIÓN Y PROCESOS A REALIZARSE
BAJO	No implica riesgo mayor en las actividades a realizarse por parte del personal técnico	Uso de guantes.
MEDIO	Implica riesgo medio en las actividades a realizarse por parte del personal técnico.	Uso de multímetros. Uso de guantes. Uso de gafas protectoras contra rayos láser 3B.
ALTO	Implica riesgo alto en las actividades de a realizarse por parte del personal técnico	Uso de gafas protectoras contra rayos láser 3B. Uso de protección plomada. Rutinas de descarga de capacitores. Uso de dosímetros personales. Uso de medidores de radiación ionizante.

Resulta de suma importancia la protección al momento de realizar tareas de mantenimiento, especialmente cuando los equipos se encuentran energizados ya que emiten luz láser tipo 3B en la lectura de las láminas las mismas que son potencialmente peligrosas para los ojos y la piel y la recomendación es no exponerse al rayo en un rango menor a 13 centímetros de distancia de la fuente y tampoco una exposición mayor a los 10 segundos. Existe un posible riesgo de incendio si el rayo entra en contacto con material inflamable.

Las zonas del láser se encuentran claramente identificadas mediante señales de advertencia adecuadas.

Así también, el monitoreo del comportamiento del sistema de digitalización se lo debería de realizar preferentemente fuera del área de trabajo, debido a que constantemente se encuentran realizando exposiciones de radiación ionizante, representando un riesgo altamente peligroso para la salud del personal técnico que interviene en los activos, es por esto que si el monitoreo no se lo puede realizar en un área diferente, se recomienda el uso de protección plomada tales como guantes, gafas, collarín, chaleco, etc.

#### 2.14 Tareas comunes.

Son tareas predefinidas que deben realizarse en las intervenciones preventivas y por condición. Estas tareas implican la limpieza, revisión y lubricación de los componentes del activo.

#### 2.15 Tareas basado en RCM.

Son tareas basadas en decisiones aplicadas con la metodología del RCM en las cuales fueron evaluadas su modo de fallo, consecuencia, decisión a tomarse, frecuencia, duración de la actividad, medidas de seguridad, especializaciones que participan, materiales y responsable de cada tarea.

#### 2.16 Tareas especiales.

Se realizan dependiendo del estado en que se encuentre el equipo. No es necesario realizarlas si el equipo no da síntomas de encontrarse en mal estado. Estas tareas pueden ser:

Limpiezas condicionales, si el equipo da muestras de encontrarse sucio. Este es el caso, de motores y bombas.

Ajustes condicionales, si el comportamiento del equipo refleja un desajuste en alguno de sus parámetros, como desbalanceo en el ventilador o ruido fuerte en la bomba. Ventiladores y motores deben ser balanceados conforma a la norma ISO std 1940/1- (1986).

Cambio de piezas, si tras una inspección o verificación, se observa que es necesario realizar la sustitución de algún elemento, cambios de sellos en válvulas debido a fugas, cambio de rodamientos cuando estos se vuelven muy ruidosos. (R. Cabrera, 2015).

Tabla 26: Sostenibilidad de la tarea.  
Fuente: Autor

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DECISION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
<b>MOTORES DE PASOS</b>										
1	El motor no gira.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución programada.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	50	SI
2	El motor gira muy lento.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI
<b>SENSORES INFRARROJOS</b>										
3	No censa el paso.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	SI	NO	ALTO	20	SI
<b>UNIDAD DE TRANSPORTE DE LÁMINA</b>										
4	No transporta las láminas.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	20	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DECISION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
5	Existe trabado de láminas.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	MEDIO	20	SI
<b>FUENTE DE PODER DEL DIGITALIZADOR</b>										
6	Fallas en el suministro de energía.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	MEDIO	40	SI
7	Fallas de los componentes del circuito.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	MEDIO	240	SI
8	Desperfechos en	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	BAJO	40	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DECISION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
	diodos, condensadores, fusibles, conector		Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.							
9	No ventila.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	TRIMESTRAL  CADA 30000 HORAS DE USO	Ing. Diego Azuero	SI	SI	BAJO	40	SI
<b>ESCANER</b>										
10	No existe emisión de luz láser.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.	TRIMESTRAL  CADA 30000 HORAS DE USO	Ing. Diego Azuero	SI	SI	BAJO	2500	SI
11	Ausencia de	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	BAJO	300	SI

	transmisión de señales.		Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.							
<b>No</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>DESICION</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.</b>	<b>La mayoría de los ítems sobreviven esa edad</b>	<b>RIESGO</b>	<b>COSTO</b>	<b>SOSTENIBLE</b>
12	Fallas de los componentes del circuito.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	ALTO	300	SI
<b>LÁMPARAS DE BORRADO</b>										
13	Fallas en emisión de luz.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada	SEMESTRAL  CADA 30000 HORAS DE USO	Ing. Diego Azuero	SI	SI	BAJO	30	SI
14	Desperfecto en tubo fluorescente.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	SEMESTRAL						

No .	FALLA FUNCION AL	CONSECUENCIA	DESICION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven en esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
			Ejecutar sustitución programada	CADA 30000 HORAS DE USO						
15	Rotura de guías plásticas	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.	SEMESTRAL  CADA 30000 HORAS DE USO	Ing. Diego Azuero	SI	SI	ALTO	100	SI
<b>DISCO DURO</b>										
16	Fallas de arranque del sistema.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	ALTO	150	SI
17	Desperfecho en tareas de lectura y escritura.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	ALTO	150	SI
18	Error de acceso.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	ALTO	150	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DESICION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
<b>MEMORIAS</b>										
19	Fallo en arranque del sistema.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	SI	NO	ALTO	150	SI
20	Fallo en el procesamiento de datos.	SEGURIDAD	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	ALTO	40	SI
<b>MAINBOARD</b>										
21	Apagado repentino del equipo.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	BAJO	30	SI
22	Falla en circuitos del componente	OCULTO	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	ALTO	400	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DESICION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
			Ejecutar sustitución por condición.							
23	Pérdida de señal de video.	OCULTO	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	80	SI
<b>PERIFÉRICOS</b>										
24	Desconexión de los periféricos.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO		SI
25	Fallas en los materiales.	OCULTO	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO		SI
<b>FUENTE DE PODER DEL CPU</b>										
26	Fallas en el suministro de energía.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DECISION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
27	Fallas de los componentes del circuito.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azüero	NO	NO	MEDIO	10	SI
28	Defectos en diodos, condensadores, fusibles, conectores,	OCULTO	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azüero	NO	NO	MEDIO	10	SI
<b>VENTILADORES</b>										
29	No ventila.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azüero	NO	NO	MEDIO	10	SI
30	Gira muy lento.	OPERACIONAL	Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azüero	NO	NO	MEDIO	10	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DECISION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
<b>PROCESADOR</b>										
31	Falla en circuitos del componente.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	MEDIO	10	SI
<b>MONITOR DE GRADO MÉDICO</b>										
32	Falla en circuitos del componente.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	MEDIO	10	SI
33	No enciende		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	MEDIO	10	SI
34	Enciende intermitente.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuelo	NO	NO	MEDIO	10	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DECISION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
<b>SEGUROS DE APERTURA Y CIERRE</b>										
35	No asegura.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azüero	NO	NO	MEDIO	10	SI
36	Salta el protector.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azüero	NO	NO	MEDIO	10	SI
37	Desgaste y holguras excesivas		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azüero	NO	NO	MEDIO	10	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DESICION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
<b>PROTECTORES DE FELPA</b>										
38	No protege la lámina IP.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución por condición.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI
<b>LÁMINAS DE FÓSFORO</b>										
39	Desgaste excesivo.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva. Ejecutar sustitución programada.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI
40	Presencia de artefactos en imágenes.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	SEMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI

No	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	DESICION	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Se puede identificar la edad a la cual el ítem exhibe un rápido incremento en la probabilidad condicional de fallo.	La mayoría de los ítems sobreviven esa edad	RIESGO	COSTO	SOSTENIBLE
<b>SOFTWARE</b>										
41	Falla en servicios de base de datos.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI
42	Paros del sistema inesperados		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI
43	Error de base de datos.		Evaluación de la condición periódica. Ejecutar tarea predictiva.	TRIMESTRAL	Ing. Diego Azuero	NO	NO	MEDIO	10	SI



3.2 Plan de mantenimiento para el hospital Vicente Corral Moscoso.

Debido a su contexto operacional y el número de horas de uso del equipo, se elabora el plan de mantenimiento para el periodo comprendido entre enero a diciembre del 2018, con recomendación de unos cambios en las guías plásticas, reemplazo de sensores y cambio de las lámparas de borrado.

Tabla 28: Plan de mantenimiento HVCM  
Fuente: Autor

PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE RX Y MAMOGRAFÍA								
<b>Hospital:</b> Vicente Corral Moscoso					<b>Año fabricación:</b> 2007			
<b>Sistema:</b> Digitalización de rayos X y Mamografía.					<b>Fecha:</b> Enero – diciembre 2018.			
<b>Marca:</b> Fujifilm					<b>Responsable:</b> Ing. Diego Fernando Azuero.			
<b>Modelo:</b> Cápsula XI2					<b>Tipo de intervención:</b> Preventiva y correctiva			
TAREAS COMUNES								
Tare a No.	Equipo o componente	Frecuenci a	Actividad sugerida	Medidas de seguridad	Tiempo requerid o minutos	Material o proceso	Costo activida d	Responsable
1	Motores de pasos	Trimestral	Limpieza exhaustiva de motores. Lubricación de rodamientos.	Bajo	15	Blower brocha paños lubricante Alcohol	30	Ing. Diego Azuero
2	Sensores infrarrojos	Trimestral	Limpieza exhaustiva de sensores. Verificación de estado con circuito comprobador y software.	Bajo	20	Blower brocha paños Alcohol Software Circuito	30	Ing. Diego Azuero

Tarea No.	Equipo o componente	Frecuencia	Actividad sugerida	Medidas de seguridad	Tiempo requerido o minutos	Material o proceso	Costo actividad	Responsable
3	Bombas de succión	Trimestral	Limpieza exhaustiva de sensores.	Bajo	15	Blower brocha paños Alcohol	30	Ing. Diego Azuelo
4	Guías de paso de lámina	Trimestral	Limpieza y verificación de estado de guías de paso de lámina.	Bajo	15	Blower brocha paños Alcohol	30	Ing. Diego Azuelo
5	Rodillos y bandas de transportación.	Trimestral	Limpieza exhaustiva de rodillos. Lubricación de rodamientos.	Bajo	20	Blower brocha paños Alcohol Lubricante	30	Ing. Diego Azuelo
6	Bases de datos	Trimestral	Reconstrucción de base de datos.	Bajo	5	Software	25	Ing. Diego Azuelo
7	Limpieza de cpu, ventiladores, mainboard, memorias y disco duro	Trimestral	Limpieza exhaustiva de computador. Revisión del estado por software.	Bajo	5	Blower brocha paños Alcohol Software	30	Ing. Diego Azuelo

TAREAS ESPECIALES								
Tarea No.	Equipo o componente	Frecuencia	Actividad sugerida	Medidas de seguridad	Tiempo requerido o minutos	Material o proceso	Costo actividad	Responsable
1	Lámpara de borrado	Semestral	Limpieza exhaustiva de tubos fluorescentes	Medio	20	Blower brocha paños Alcohol	50	Ing. Diego Azüero
2	Software de adquisición de imágenes	Semestral	Revisión de configuraciones	Bajo	10	Software	25	Ing. Diego Azüero
3	Escáner	Semestral	Limpieza exhaustiva del escáner. Revisión del estado por software	Bajo	5	Blower brocha paños Alcohol Software	50	Ing. Diego Azüero

TAREAS BASADAS EN RCM											
Tarea No.	Equipo o componente	Tipo de falla	Causa	Frecuencia	Actividad sugerida	Tiempo requerido (minutos)	Medidas seguridad	Especialista Participa	Materiales	Costo repuesto USD	Responsable
1	Motores de pasos	No gira	Bobinado roto o quemado	Evaluación semestral Sustitución cada 40000 horas de uso	Verificación por software. Sustitución por condición	20	Baja	Técnico especializado en fujifilm	Herramienta. Software motores	150	Ing. Diego Azüero
2	Sensores infrarrojos	No censa	Quemado u obstruido el sensor	Evaluación trimestral.	Verificación por software.	20	Baja	Técnico especializado	Software Sensores	60	Ing. Diego Azüero

Tarea No.	Equipo o componente	Tipo de falla	Causa	Frecuencia	Actividad sugerida	Tiempo requerido (minutos)	Medidas de seguridad	Especialista Participa	Materiales	Costo repuesto USD	Responsable
3	Unidad de transporte	No transporta	Rodamientos dañados o sucios Guías dañadas	Evaluación trimestral. Sustitución cada 30000 horas	Sustitución por condición.	30	Baja	Técnico especializado en fujifilm	Rodamientos Guías Lubricante	80	Ing. Diego Azuelo
4	Lámparas de borrado	No borra. Rotura de guías. No emite luz. Existe remanencia de imágenes.	Sobrecalentamiento Exceso de vida útil Tubo fluorescente quemado	Evaluación trimestral Sustitución cada 30000 horas de uso	Sustitución por condición.	10	Alta	Técnico especializado en fujifilm	Tubo fluorescente Paños Alcohol	800	Ing. Diego Azuelo
5	Unidad de lectura o escaneo	No existe emisión de láser Ausencia de transmisión de señal	Daño en la fuente de poder. Daño en circuitos y placas controladoras	Evaluación semestral Sustitución cada 40000 horas de uso	Verificación por software. Sustitución por condición	5	Baja	Técnico especializado en fujifilm	Software Placa controladora	2500	Ing. Diego Azuelo
6	Consola de adquisición	No arranca Falta capacidad de memoria. No enciende No ventila	Daño del software Daño de base de datos	Evaluación trimestral. Sustitución por condición.	Verificación por software. Sustitución por condición	15	Media	Técnico especializado en fujifilm	Blower Paños Alcohol Guantes Mascarilla Software	100	Ing. Diego Azuelo

		No enciende el monitor El monitor enciende intermitente	Daño disco duro Daño en memorias Daño en procesador Daño en fuente de poder. Quemado lámparas led del monitor Daño en ventiladores						Disco Memoria Fuente de poder		
Tarea No.	Equipo o componente	Tipo de falla	Causa	Frecuencia	Actividad sugerida	Tiempo requerido (minutos)	Medidas de seguridad	Especialista Participa	Materiales	Costo repuesto USD	Responsable
7	Chasis	No asegura. Salta el protector.	Daño en los seguros. Desgaste excesivo	Evaluación trimestral. Sustitución por condición.	Limpieza y lubricación Sustitución por condición	10	Baja	Técnico especializado en fujifilm	Blower Paños Alcohol Guantes Mascarilla Lubricante	500	Ing. Diego Azuelo
8	Láminas	Presencia de artefactos en imágenes	Desgaste excesivo Exceso de vida útil Deterioro	Evaluación trimestral. Sustitución por condición	Limpieza y lubricación Sustitución por condición	10	Baja	Técnico especializado en fujifilm	Paños Alcohol Guantes Mascarilla	400	Ing. Diego Azuelo

De acuerdo a lo establecido en el cuadro anterior, el plan de mantenimiento para el hospital Vicente Corral Moscoso, correspondiente a los años 2018 y 2019, quedaría de la siguiente manera:

Tabla 29: Plan de mantenimiento 2018 y 2019 HVCM  
Fuente: Autor

FECHA	ACTIVIDAD	No. Tarea	COSTO USD	RESPONSABLE
Enero 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
Abril 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
Julio 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas Basadas en RCM	1,2,3,4,6,8	1990	
Octubre 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
<b>TOTAL EN EL AÑO</b>			<b>3060</b>	

FECHA	ACTIVIDAD	No. Tarea	COSTO USD	RESPONSABLE
Enero 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
Abril 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
Julio 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas Basadas en RCM	1 - 8	4590	
Octubre 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
<b>TOTAL EN EL AÑO</b>			<b>5660</b>	

## 3.3 Plan de mantenimiento para el Dispensario del Seguro Social de Cuenca.

De acuerdo a lo establecido en el cuadro anterior, el plan de mantenimiento para el centro de salud CAA 302 IESS Cuenca, correspondiente a los años 2018 y 2019, quedaría de la siguiente manera:

Tabla 30: Plan de mantenimiento Dispensario Central IESS 2018 y 2019

Fuente: Autor

FECHA	ACTIVIDAD	No. Tarea	COSTO USD	RESPONSABLE
Enero 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
Mayo 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
Septiembre 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas Basadas en RCM	1 - 8	4590	
	<b>TOTAL EN EL AÑO</b>		<b>5330</b>	

FECHA	ACTIVIDAD	No. Tarea	COSTO USD	RESPONSABLE
Enero 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
Mayo 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
Septiembre 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas Basadas en RCM	2	60	
	<b>TOTAL EN EL AÑO</b>		<b>800</b>	

## 3.4 Plan de mantenimiento para el Centro de Diagnóstico Medimagen.

De acuerdo a lo establecido en el cuadro anterior, el plan de mantenimiento para el centro de diagnóstico Medimagen, correspondiente a los años 2018 y 2019, quedaría de la siguiente manera:

Tabla 31: Plan de mantenimiento Medimagen 2018 y 2019

Fuente: Autor

FECHA	ACTIVIDAD	No. Tarea	COSTO USD	RESPONSABLE
Enero 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
Mayo 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
Septiembre 2018	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas Basadas en RCM	8	400	
	<b>TOTAL EN EL AÑO</b>		<b>1140</b>	

FECHA	ACTIVIDAD	No. Tarea	COSTO USD	RESPONSABLE
Enero 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
Mayo 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas especiales	1 - 3	125	
Septiembre 2019	Tareas comunes	1 - 7	205	Ing. Diego Azuelo
	Tareas Basadas en RCM	4	500	
	<b>TOTAL EN EL AÑO</b>		<b>1240</b>	

## 3.5 Lista de chequeo.

Para el control del desarrollo del mantenimiento se recomienda llevar un control con la lista de chequeo que a continuación se presenta.

Este formato controla actividades realizadas para tener la seguridad en su cumplimiento.

Tabla 32: Lista de chequeo ( Check list)

Fuente: Autor

TAREA	FREC	OK	NG	OBSERVACIONES
Revisión y ejecución de servicios	Trimestral			
Revisión de software e instalación de nuevas versiones.	Semestral			
Revisión visual del cableado estructurado	Semestral			
Revisión de configuraciones del sistema	Trimestral			
Revisión visual de periféricos	Trimestral			
Reestructuración de base de datos	Trimestral			
Revisión de virus en el sistema	Trimestral			
Limpieza de cpu, ventiladores, mainboard y memorias	Trimestral			
Limpieza y revisión del estado de chasis	Trimestral			
Limpieza de motores y diagnóstico por software	Trimestral			
Diagnóstico, limpieza y desobstrucción de mangueras	Trimestral			
Diagnóstico por software de bobinas solenoides	Trimestral			
Limpieza de sensores infrarrojos	Trimestral			
Diagnóstico por software de escáner	Semestral			
Limpieza de láminas de fósforo	Trimestral			
Revisión de conexiones del escáner.	Trimestral			

Control de calidad operacional	Semestral			
Limpieza y revisión de conexiones de lámpara de borrado	Trimestral			
Limpieza y revisión de guías de lámina	Trimestral			
Limpieza y lubricación de brazos de carga de lámina	Trimestral			
Revisión y evaluación de los recursos del sistema.	Semestral			

Posterior a ejecución del plan de mantenimiento, se recomienda para todo el sistema de digitalización de rayos x y mamografía, brindar la capacitación necesaria al personal operativo para la aplicación de un programa de mantenimiento autónomo, el mismo que ayudará a reducir el riesgo de que el sistema entre en falla funcional.

### 3.6 Mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo es uno de los pilares fundamentales para la implementación del modelo de producción japonés Mantenimiento Productivo Total (TPM) y tiene como objetivo principal el fomentar el cuidado de los activos de la empresa mediante rutinas de limpieza, lubricación, reparaciones menores, e intervenciones sencillas que un operador esté en capacidad de realizarla con el fin de eliminar el deterioro avanzado de los activos.

A continuación, se detalla un formulario en donde se explica la metodología para realizar un mantenimiento autónomo que será recomendado su aplicación en los hospitales mencionados.

Tabla 33: Mantenimiento autónomo  
Fuente: Autor

#### 1. Limpieza superficial del equipo.

AREAS DE LIMPIEZA	
ESTANDARES DE LIMPIEZA	Limpiar para eliminar polvo y suciedad, principalmente en el cuerpo del equipo.
METODOS DE LIMPIEZA	Limpieza externa de forma uniforme en todo el equipo.
UTILES DE LIMPIEZA	Franela-limpiador de plásticos
TIEMPO DE LIMPIEZA	5 MINUTOS
CICLO DE LIMPIEZA	UNA VEZ AL DIA

**2. Limpieza de filtros de aire.**

AREAS DE LIMPIEZA	
ESTANDARES DE LIMPIEZA	Limpiar impurezas que obstruyan la fluidez del aire.
METODOS DE LIMPIEZA	Limpieza externa de forma uniforme en todos los filtros.
UTILES DE LIMPIEZA	franela-limpiador de plásticos
TIEMPO DE LIMPIEZA	3 MINUTOS
CICLO DE LIMPIEZA	UNA VEZ POR DIA

**3. Limpieza de scanner.**

AREAS DE LIMPIEZA	
ESTANDARES DE LIMPIEZA	Activar las escobillas para limpieza del escaner.
METODOS DE LIMPIEZA	Limpieza mediante proceso establecido por fabricante vía software.
UTILES DE LIMPIEZA	
TIEMPO DE LIMPIEZA	2 MINUTOS
CICLO DE LIMPIEZA	UNA VEZ POR SEMANA
PROCEDIMIENTO	En el panel principal pulsamos la tecla "Utility" y en siguiente menú pulsamos "Scanner Cleaning" y comienza el proceso de limpieza de escáner.

**4. Limpieza de láminas y chasis.**

AREAS DE LIMPIEZA	
ESTANDARES DE LIMPIEZA	Limpiar para eliminar restos de suciedad
METODOS DE LIMPIEZA	Limpieza interna y externa uniforme en láminas y chasis
UTILES DE LIMPIEZA	Toallas libres de pelusas - Etanol
TIEMPO DE LIMPIEZA	5 MINUTOS
CICLO DE LIMPIEZA	UNA VEZ POR SEMANA

**5. Borrados primarios de láminas de fósforo.**

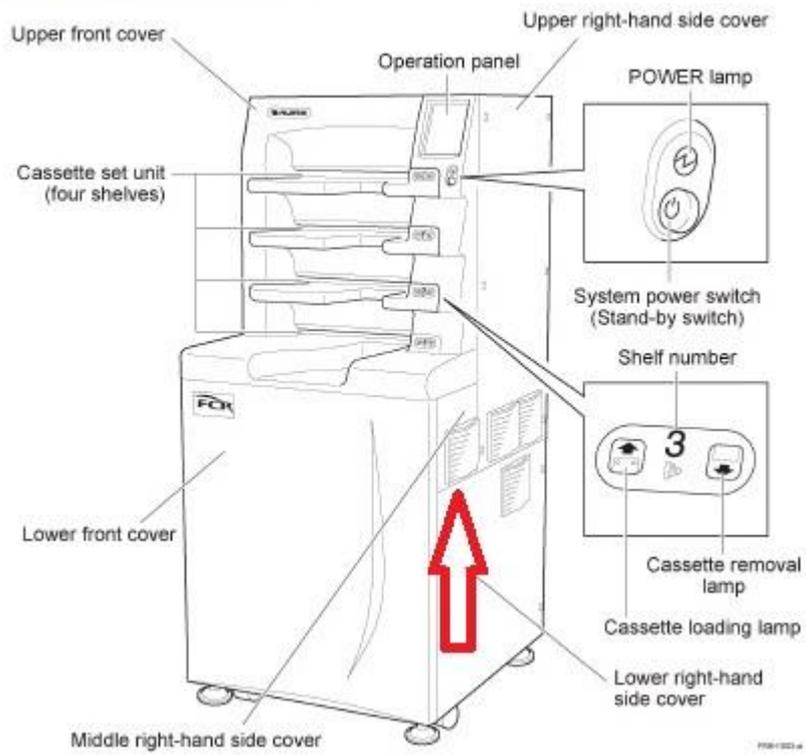
AREAS DE LIMPIEZA	
-------------------	--

ESTANDARES DE LIMPIEZA	Ejecución de sistema de borrado para evitar remanencia de imágenes.
METODOS DE LIMPIEZA	Limpieza mediante proceso establecido por fabricante vía software.
UTILES DE LIMPIEZA	OPERADOR
TIEMPO DE LIMPIEZA	15 MINUTOS
CICLO DE LIMPIEZA	DOS VECES POR MES
	Pulsamos la tecla "Image Reading". Pulsamos "Erasure primary". Introducimos el chasis a ser borrado.
	

#### 6. Comprobación de dosis y control de calidad.

AREAS DE LIMPIEZA	
ESTANDARES DE LIMPIEZA	Medición de dosis de radiación para protección de personal y pacientes.
METODOS DE LIMPIEZA	Medición de dosis de radiación con equipos especiales
UTILES DE LIMPIEZA	Dosímetro
TIEMPO DE LIMPIEZA	5 MINUTOS
CICLO DE LIMPIEZA	UNA VEZ POR MES
PROCEDIMIENTO	Encender el dosímetro y colocar bajo el tubo de Rayos X. Ingresar parámetros de disparo del rayo. Comprobar la dosis marcada con la dosis medida en el dosímetro y registrar las novedades.
	

■ External View of Machine



1.3 Overall Machine Configuration and Component Names

■ External View of Machine

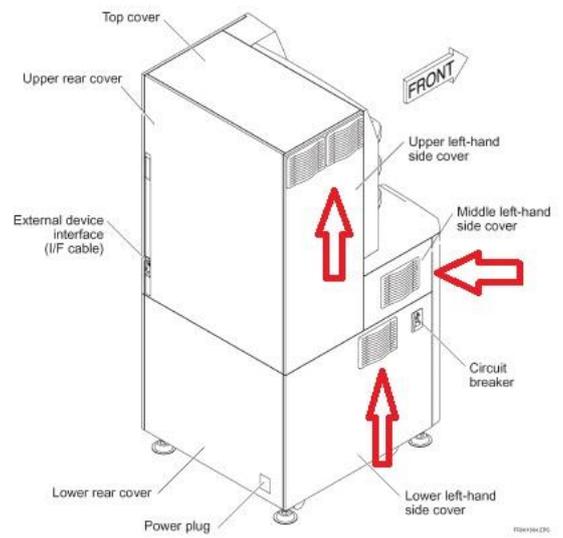
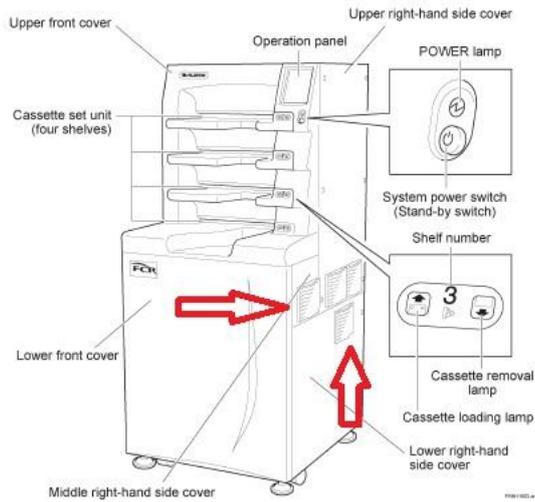


Figura 26: Descripción gráfica del mantenimiento autónomo  
Fuente: Autor

Tabla 34: Mantenimiento autónomo Profect CS  
Fuente: Autor

						AUTOR: ING. DIEGO AZUERO.		
ÁREAS DE LIMPIEZA		ESTANDARES DE LIMPIEZA	METODOS DE LIMPIEZA	UTILES DE LIMPIEZA	TIEMPO DE LIMPIEZA	CICLO DE LIMPIEZA		
N	CATEGORIA					DIARIO	SEMANA	MES
1	Equipo	Limpiar para eliminar polvo y suciedad, principalmente en el cuerpo del equipo.	Limpieza externa de forma uniforme en todo el equipo.	franela-limpiador de plásticos	5 MINUTOS	1		
2	Filtros	Limpiar impurezas que obstruyan la fluidez del aire.	Limpieza externa de forma uniforme en todos los filtros.	franela-limpiador de plásticos	3 MINUTOS	1		
3	Escáner	Activar las escobillas para limpieza del escáner.	Limpieza mediante proceso establecido por fabricante vía software.	Software de limpieza, Energía eléctrica.	2 MINUTOS		1	
4	Láminas y chasis	Limpiar para eliminar restos de suciedad	Limpieza interna y externa uniforme en láminas y chasis	Toalla libre de pelusas - Etanol	5 MINUTOS		1	
5	Láminas y chasis	Ejecución de sistema de borrado para evitar remanencia de imágenes.	Limpieza mediante proceso establecido por fabricante vía software.	Software de limpieza, Energía eléctrica.	5 MINUTOS			2
6	Dosis de radiación	Medición de dosis de radiación para protección de personal y pacientes.	Lectura de dosis de radiación con equipos especiales	Dosímetro	5 MINUTOS			1
<b>PUNTOS DE CHEQUEO</b>		Monitoreo de sensores de entrada y salida de chasis y láminas, mediante el proceso establecido por el fabricante una vez al mes por 5 minutos.						1

## CAPÍTULO 4

Aplicación del plan de mantenimiento y verificación de resultados.

Para la aplicación del plan de mantenimiento propuesto se definirá los tipos de recursos necesarios para la actividad que será denominada "Recursos de mantenimiento".

Tipos de recursos:

- Personal
- Material
- Equipo
- Herramientas
- Datos
- Información técnica
- Recursos informáticos

#### 4.1 Recursos para mantenimiento.

A continuación, se detalla los recursos utilizados para la ejecución del plan de mantenimiento categorizado por tipo y su costo de adquisición:

Tabla 35: Recursos para mantenimiento  
Fuente: Autor

TIPO	RECURSO	COSTO
Personal	Ingeniero especializado	\$ 150 por hora
Herramientas	Sopladora o aspiradora	\$ 70
Herramientas	Pulsera anti estática	\$ 15
Herramientas	Brochas	\$ 5
Material	Limpiador de circuitos	\$ 7
Material	Limpiador de pantallas	\$ 8
Material	Alcohol isopropílico	\$ 5
Herramientas	Juego de desarmadores	\$ 25
Material	Guantes	\$ 10
Herramientas	Pinzas	\$ 10
Material	Paño de micro fibra	\$ 8
Material	Pasta térmica	\$ 5
Herramientas	Linterna	\$ 12
Material	Lubricante	\$ 6
Información técnica	Manual de servicio	
Recursos informáticos	Laptop	\$ 800
Recursos informáticos	Software mantenimiento	
Datos	Índice de disponibilidad	

#### 4.2 Formación del personal.

La preparación del personal es un factor muy importante para la realización de los mantenimientos preventivos y correctivos de una empresa, por lo que se debe poner énfasis a nivel de la dirección, la capacitación constante de su personal de ingeniería

y exigir a las marcas ofertantes del activo la preparación del personal propio de la institución de salud y así poder desempeñar de mejor manera los procesos descritos anteriormente.

De igual manera, es primordial la preparación del personal operativo para poder realizar el mantenimiento autónomo antes mencionado.

#### 4.3 Costo del mantenimiento.

Los costos del mantenimiento han sido calculados por hora técnica establecida por la empresa ORIMEC por 150 dólares. Los precios de las partes o piezas requeridas para el mantenimiento han sido cotizados por la empresa ORIMEC FUJIFILM. (Ver: Figura 27:Anexo de proforma de partes y piezas).

Los costos generados por cada institución de salud para el 2018 y 2019, serán los siguientes:

- Hospital Vicente Corral Moscoso:  
Año 2018: \$ 3060,00  
Año 2019: \$ 5660,00
- Dispensario Central less Cuenca:  
Año 2018: \$ 5330,00  
Año 2019: \$ 800,00
- Centro de diagnóstico Medimagen:  
Año 2018: \$ 1140,00  
Año 2019: \$ 1240,00

#### 4.4 Verificación de resultados

En la tabla de factibilidad y sostenibilidad de las tareas se definieron los costos por cada tarea ejecutada dando un total de 1010 dólares por cada mantenimiento preventivo, de allí se debe sumar el costo del cambio de algunas partes recomendadas en ciertos hospitales para garantizar la disponibilidad del sistema de digitalización de rayos x y mamografía.

Luego de la aplicación del plan de mantenimiento propuesto y las recomendaciones emitidas a cada hospital se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **Hospital Vicente Corral Moscoso.**

Tabla 36: Costo de mantenimiento HVCM  
Fuente: Autor

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	TOTAL
1	Contrato de Mantenimiento preventivo y correctivos 2018	3060	3060,00
1	Contrato de Mantenimiento	5660	5660,00

	preventivo y correctivos 2019		
1	Aire acondicionado para el área.	800	800.00
		TOTAL	9,520.00

## Comparativo de resultados

SIN RCM	CON RCM
Periodo Octubre a noviembre 2016	Periodo Octubre a noviembre 2017
Horas totales de trabajo: 1464	Horas totales de trabajo: 1464
Número de horas paradas:225	Número de horas paradas:14
Disponibilidad: $(1464-225) / 1464 = 0.8463 = 84\%$	Disponibilidad: $(1464-14) / 1464 = 0.9904 = 99\%$

Cuadro comparativo de la disponibilidad operacional del Hospital Vicente Corral Moscoso.

Tabla 37: Comparativo disponibilidad 2016 2017 HVCM  
Fuente: Autor

Hospital Vicente Corral Moscoso		
	2016	2017
octubre	110	8
noviembre	115	6
Horas paradas	225	14
Total horas	1464	
Disponibilidad	0,84631148	0,99043716
	85%	99%

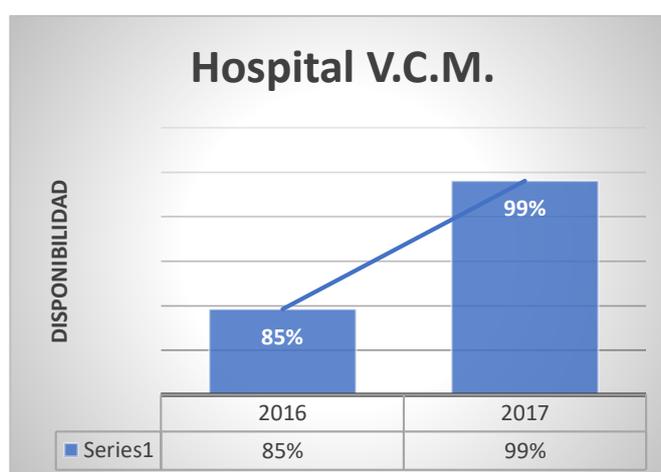


Figura 28: Descripción gráfica comparativa de disponibilidad Hospital V.C.M  
Fuente: Autor

### Dispensario central del IESS Cuenca.

Tabla 38: Costo de mantenimiento less Central Cuenca.

Fuente: Autor

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	TOTAL
1	Contrato de Mantenimiento preventivo y correctivos 2018	5330.00	5,330.00
1	Contrato de Mantenimiento preventivo y correctivos 2019	800.00	800.00
1	UPS 3kva	1100	1100,00
		TOTAL	7,230.00

Comparativo de resultados

SIN RCM	CON RCM
Periodo Octubre a noviembre 2016	Periodo Octubre a noviembre 2017
Horas totales de trabajo: 440	Horas totales de trabajo: 440
Número de horas paradas:40	Número de horas paradas:10
Disponibilidad: $(440-30)/440 = 0.9090 = 90\%$	Disponibilidad: $(440-10)/440 = 0.9772 = 97\%$

Cuadro comparativo de la disponibilidad operacional del Dispensario Central del IESS Cuenca.

Tabla 39: Comparativo disponibilidad 2016 - 2017 Dispensario less Central Cuenca.

Fuente: Autor

Dispensario central less Cuenca		
	2016	2017
octubre	25	7
noviembre	15	3
Horas paradas	40	10
Total horas	440	
Disponibilidad	0,90909091	0,97727273
	91%	98%

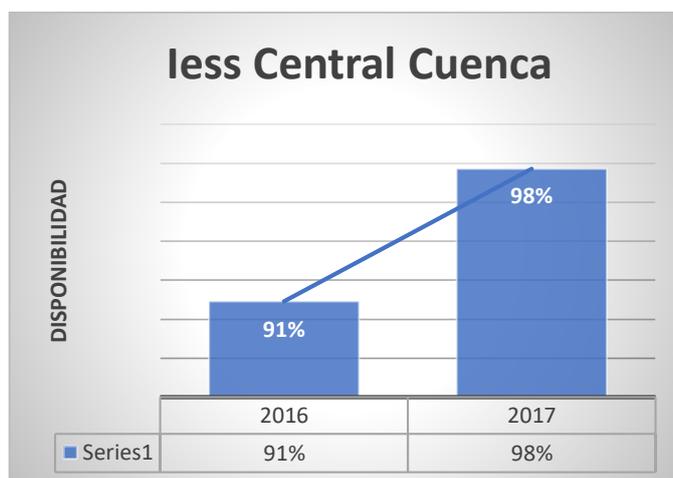


Figura 29:: Descripción gráfica comparativa de disponibilidad less Central Cuenca  
Fuente: Autor

### Centro de diagnóstico Medimagen.

Tabla 40:Costo de mantenimiento Centro diagnóstico Medimagen  
Fuente: Autor

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	TOTAL
1	Contrato de Mantenimiento preventivo y correctivo 2018	1,140.00	1,140.00
1	Contrato de Mantenimiento preventivo y correctivo 2019	1,240.00	1,240.00
1	UPS 3kva	1100	1100,00
		TOTAL	3,480.00

Comparativo de resultados

SIN RCM	CON RCM
Periodo Octubre a noviembre 2016	Periodo Octubre a noviembre 2017
Horas totales de trabajo: 624	Horas totales de trabajo: 1464
Número de horas paradas:35	Número de horas paradas:12
Disponibilidad: $(624-35) / 624 = 0.9439 = 94\%$	Disponibilidad: $(624-12) / 624 = 0.9807 = 98\%$

Cuadro comparativo de la disponibilidad operacional del Centro de diagnóstico Medimagen.

Tabla 41: Comparativo disponibilidad 2016 - 2017 Centro diagnóstico Medimagen.  
Fuente: Autor

Centro de diagnóstico Medimagen		
	2016	2017
octubre	25	4
noviembre	10	8
Horas paradas	35	12
Total horas	624	
Disponibilidad	0,94391026	0,98076923
	94%	98%

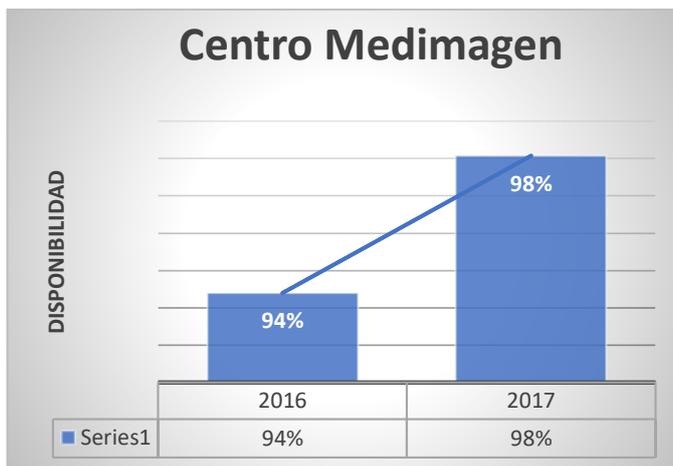


Figura 30: Descripción gráfica comparativa de disponibilidad Centro diagnóstico Medimagen  
Fuente: Autor

### Conclusiones:

Con la aplicación de los planes de mantenimiento propuestos y las respectivas recomendaciones emitidas para cada hospital, podemos apreciar un incremento muy importante en la disponibilidad de los sistemas de digitalización de rayos x y mamografía en especial en el hospital Vicente Corral Moscoso, que en el periodo comprendido entre octubre y noviembre del 2017, presenta un incremento del 15% en comparación al mismo periodo del año anterior, así también en el dispensario Central less Cuenca, muestra un aumento de la disponibilidad del sistema del 7% y en el centro de diagnóstico Medimagen un incremento de la disponibilidad del 4% en relación al año anterior, concluyendo que la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es una herramienta muy útil que se basa en un análisis crítico del funcionamiento de los activos en las empresas o instituciones en especial de servicios de salud ya que las mismas centran sus objetivos en el servicio social que conllevan alto grado de criticidad al tratarse del cuidado de las vidas humanas.

Así también, pudimos optimizar las tareas de mantenimiento, evitando las innecesarias y repetitivas según el análisis del mantenimiento centrado en confiabilidad, permitiéndonos de esta manera conocer con mucha precisión el costo de las actividades y el tiempo necesario para la aplicación de las mismas.

### Recomendaciones:

Se recomienda la aplicación del plan de mantenimiento exclusivo para cada hospital teniendo muy en cuenta el reemplazo de ciertas partes del activo que por su vida útil es necesario reemplazarlas, así como la exigencia de las debidas protecciones eléctricas y ambientales recomendadas por el fabricante. La limpieza frecuente del área es una política muy importante que debería considerarse ya que ayuda a mantener en buenas condiciones a los activos.

Se recomienda también mantener permanentemente un contrato para soporte técnico de los equipos y exigir un stock considerable de los repuestos al distribuidor, así como mejorar los tiempos de respuesta en sitio para acciones correctivas de forma contractual.

Para la aplicación del mantenimiento autónomo propuesto, se necesita capacitar al personal y disponer de la herramienta necesaria con el fin de ejecutarlo según lo planificado.

Se debe fomentar el buen uso y manejo de los activos para prolongar la vida útil de los mismos, así como la aplicación del mantenimiento autónomo propuesto en este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

Pedroso L y Vásquez B (2005). Imagenología.

Mulet E. y otros (2011). Problemas de análisis de riesgos en instalaciones industriales.

Pesántez A. (2007). "Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón".

Cabrera R. (2015). "Implementación de un modelo de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para el parque acuático Los Elenes cantón Guano".

Gangi S. y otros (2015). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad: Ejemplo de Aplicación en una Industria Farmacéutica.

Moubray J. (2000). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Sánchez B. (2016). Diseño de un plan de mantenimiento mediante metodología RCM para una línea de valorización de PEBD.

Norma IEC 60812. (2006) "Analysis techniques for system reliability—Procedure for failure mode and effects analysis". (FMEA),

Norma Europea EN13306 (2011). "Maintenance Terminology".

Norma SAE JA1011. (1999) "Reliability Centered Maintenance RCM".

Norma IEC 61000-4-2. (2011). "standard testing".

Norma MIL STD-3034 Rliability-Centered Maintenance (RCM) Process.

Radical management <http://se-gestiona.radical-management.com/p/radical-management.html>.

Fujifilm Corp. (2008) "Service Manual CR-IR368".

Fujifilm Corp. (2009) "Service Manual CR-IR363".

Fujifilm Corp. (2009) "Service Manual CR-IR359".

Barreda S. (2015). "Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad(RCM) en la Edar de Nules- VillaVella".

Sexto, L. F. (2016). Fundamentos de mantenimiento y gestión de activos. Lissone: Radical Management.

Sexto, L. F. (2017). Fundamentos de Gestión de Activos. Cuenca: Universidad Del Azuay.

Meganeboy D, 2014: Aficionados a la mecánica. <http://www.aficionadosalamecanica.net>

ANEXOS

REPORTES TECNICOS.

Reemplazo de sensores infrarrojos del hospital del niño y la mujer de la ciudad de Cuenca.

<b>ORIMEC</b> Oriental Medical del Ecuador C.A.		<b>FUJIFILM</b>		
<b>REPORTE DE SERVICIO TECNICO</b>			<b>N° 000072</b>	
CLIENTE: Hospital Municipal de la Mujer y el Niño		TIPO DE EQUIPO: TCM		
DIRECCION: Av. 10 de Agosto		MARCA: Fujifilm		
CIUDAD: Cuenca	PROVINCIA: Azuero	MODELO: 3841232	N° SERIE	
PAIS: Ecuador	TELEFONO: 062 251111	TIPO DE MANTENIMIENTO: Preventivo		
FECHA: 1 de febrero 2017	CONTRATO N°	PREVENTIVO <input type="checkbox"/> CORRECTIVO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>		
<b>DESCRIPCION DEL PROBLEMA:</b>				
Sensores de infrarrojo 040.				
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>				
Se procedió a reemplazar los sensores de infrarrojo del tipo de sensor SIO del tipo de sensor SIO antiguo, se colocó el reemplazo del mismo.				
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Falta OK, el equipo queda operativo por el seguimiento de las actividades.				
<b>REPUESTOS:</b>		<b>EQUIPOS INSTALADOS:</b>		
CANT.	DESCRIPCION	CANT.	DESCRIPCION	N° SERIE
<b>FACTURAR:</b>		<b>SERVICIO</b>		
REPUESTOS <input type="checkbox"/>	MANO DE OBRA <input type="checkbox"/>	LOCAL <input type="checkbox"/>		
GARANTIA <input checked="" type="checkbox"/>	CONV. COMERCIAL <input type="checkbox"/>	DISTANCIA <input type="checkbox"/>		
FECHA DE TRABAJO: 1 de febrero 2017		FECHA DE REPORTE: 1 de febrero 2017		
<b>REALIZADO POR:</b>		<b>FIRMA DE RESPONSABILIDAD:</b>		
				
<b>FUJIFILM</b> <small>VILLACOLLO HGA-187 Y MADRID - TELEFONO: 2237-304 / 2983-988 / 2982-731 TELEFAX: 2228-846 (OUTO)          COLA KENNEDY NORTE N° 504 SOLAR 3 - 4 Y 5 EDIFICIO COLON 104 PRIMER PISO OFIC. 1A          TELF.: 042861481 - 048021480 - 048021481 - GUAYAGUS          orimec@fuji.sabtel.com</small>				

Figura 31: Anexo reporte de servicio técnico 1

Reinstalación de software de adquisición de imágenes de la Dirección Distrital de Salud 01D06 de la ciudad de Paute.

**ORMEC**  
Oriental Medical del Ecuador C.A.

**FUJIFILM**

**REPORTE DE SERVICIO TECNICO N° 003622**

CLIENTE: <u>Asesoría Hospital 01D06</u>		TIPO DE EQUIPO: <u>FCP</u>		
DIRECCION:		MARCA: <u>FUJIFILM</u>		
CIUDAD: <u>Paute</u>	PROVINCIA: <u>Azuay</u>	MODELO: <u>COMORA 2</u>	N° SERIE: <u>8204674</u>	
PAIS: <u>Ecuador</u>	TELEFONO:	TIPO DE MANTENIMIENTO: <u>2013</u>		
FECHA: <u>16/07/2016</u>	CONTRATO N°	PREVENTIVO <input type="checkbox"/>	CORRECTIVO <input checked="" type="checkbox"/>	OTROS <input type="checkbox"/>

**DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:**  
El sistema no responde y fue revisado de acuerdo de programación

**TRABAJO REALIZADO:**  
Revisión de todo el sistema de adquisición de imágenes, instalación y configuración de software de Fujifilm, proceso de transferencia de datos.

**OBSERVACIONES:**  
Los equipos funcionan normalmente.

REPUESTOS:		EQUIPOS INSTALADOS:		
CANT.	DESCRIPCION	CANT.	DESCRIPCION	N° SERIE

**ACTUAR:**  
 REPUESTOS  MANO DE OBRA   
 GARANTIA  CONV. COMERCIAL

**SERVICIO:**  
 LOCAL   
 DISTANCIA

FECHA DE TRABAJO: 16/07/2016      FECHA DE REPORTE: 16/07/2016

REALIZADO POR: [Firma]      FIRMA DE RESPONSABILIDAD: [Firma]

SERVICIO TECNICO ORMEC C.A.      GOBIERNO DEL AZUAY      GOBIERNO DEL AZUAY      GOBIERNO DEL AZUAY

Figura 32: Anexo de servicio técnico 2

Limpieza y lubricación del ventilador de la fuente de poder del digitalizador en la Fundación Pablo Jaramillo de la ciudad de Cuenca.

<b>ORMEC</b> Oriental Medical del Ecuador C.A		<b>FUJIFILM</b>			
<b>REPORTE DE SERVICIO TECNICO</b>				N° 0004886	
CLIENTE: FUNDACION PABLO JARAMILLO		TIPO DE EQUIPO: DEX			
DIRECCION: Av. SPINOSA Y AV. ANTONIO		MARCA: FUJIFILM			
CIUDAD: CUENCA	PROVINCIA: AZUAY	MODELO: AUS	N° SERIE		
PAIS: ECU	TELEFONO:	TIPO DE MANTENIMIENTO:			
FECHA: 15/11/2017	CONTRATO N°	PREVENTIVO <input type="checkbox"/> CORRECTIVO <input checked="" type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>			
<b>DESCRIPCION DEL PROBLEMA:</b> ENTE PUNTO AL ENTENDIDO.					
<b>TRABAJO REALIZADO:</b> LIMPIEZA Y LUBRICACION DEL VENTILADOR DE LA FUENTE DE ALIMENTACION.					
<b>OBSERVACIONES:</b> SE RECOMIENDA EL USO CONSTANTE DEL AIRE CONDICIONADO EN EL AREA					
<b>REPUESTOS:</b>		<b>EQUIPOS INSTALADOS:</b>			
CANT.	DESCRIPCION	CANT.	DESCRIPCION	N° SERIE	
<b>FACTURAR:</b>		<b>SERVICIO</b>			
REPUESTOS	<input type="checkbox"/>	MANO DE OBRA	<input type="checkbox"/>	LOCAL	<input type="checkbox"/>
GARANTIA	<input type="checkbox"/>	CONV. COMERCIAL	<input type="checkbox"/>	DISTANCIA	<input type="checkbox"/>
FECHA DE TRABAJO 15/NOV/2017		FECHA DE REPORTE 15/NOV/2017			
<b>REALIZADO POR:</b> ING. GILBERTO AZUERO ING. ANDRÉS LÓPEZ		<b>FIRMA DE RESPONSABILIDAD:</b> 			
SERVICIO TECNICO ORMEC C.A.					
<b>FUJIFILM</b> <small>                 VALLEJOLO-NOA-187 Y MADRID - TELÉFONO: 3281-304 / 2983-389 / 2983-721 TELEFAX: 3226-046 (SUITO)                  CDIA. KENNEDY NORTE N2. 504 SOLAR 2 - 4 Y 5 EDIFICIO C-33,039 104 PRIMER PISO OFIC. 1A                  TELF.: 043281401 - 043281483 - 043281481 - GUAYACUL                  ormec@nettle.ec             </small>					

Figura 33: Anexo de servicio técnico 3

## PROFORMA DE PARTES Y PIEZAS VARIAS.

 <b>ORMEC</b> Oriental Medical del Ecuador C.A. RUC: 1791271750001 DIRECCIÓN: Valladolid N24-187 y Madrid - Quito	 <b>FUJIFILM</b>
<b>PROFORMA No. 051 – 2017 – CUE</b>	
<b>Ciente:</b> 011.X07 <b>RUC:</b> 0160006790001 <b>Nombre:</b> DR. JAIME JERVES MEDIMAGEN <b>Dirección:</b> PASEO DE LOS CAÑARIS Y PUMAPUNGO <b>Teléfono:</b> <b>Fax:</b> <b>Ciudad:</b> CUENCA <b>Comentarios:</b>	<b>Fecha:</b> 01 DE JULIO DE 2017  <b>Validez de la proforma:</b> 30 DÍAS <b>Vendedor:</b> JORGE ASTUDILLO V.

ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	NOMBRE COMERCIAL	MARCA / PROCEDENCIA / REG. SAN.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	UNIDAD	LÁMPARA DE BORRADO	LAMPARA DE BORRADO	FUJIFILM / JAPON / (no requerido)	\$800.00	\$800.00
						<b>SUBTOTAL:</b>	\$800.00
						<b>IVA 12%:</b>	\$96.00
						<b>TOTAL:</b>	\$896.00

SON: OCHOCIENTOS NOVENTA Y SEIS CON 00/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, INCLUIDO IVA.

**Tiempo de entrega:** 15 (QUINCE) DÍAS, contados a partir de la aprobación de la oferta.

**Forma de pago:** 50% de anticipo y 50% contra entrega.

**Garantía:** 1 año contra defectos de fábrica.

**Contacto:** Jorge ASTUDILLO VILLA  
 Cel: 093 927 1968  
 E-mail: [jastudillo@orimec.com.ec](mailto:jastudillo@orimec.com.ec)

Será un gusto poder servirles con nuestros productos.

 <b>ORMEC</b> Oriental Medical del Ecuador C.A. RUC: 1791271750001 Jorge ASTUDILLO V <b>REPRESENTANTE DE VENTAS – AUSTRO</b>	 <b>FUJIFILM</b>
QUITO: VALLADOLID N24-187 Y MADRID TELÉFONOS: 02 223 7204 / 02 256 3389 / 02 256 2721 TELÉFAX: 02 222 6645 GUAYAS: COLA KENNEDY NORTE N2. 354 SOLAR 3-4 Y 5 EDIFICIO COLÓN 104 PRIMER PISO OFICINA 1A TELÉFONOS: 04 266 1490 / 04 602 1480 / 04 602 1481 CUBENCA: CALLE PINCHO VILLA SUR Y Av. GONZÁLES SUÁREZ TELÉFONO: 07 410 7482 C.A.M.P.I.	VALLADOLID N24-187 Y MADRID TELÉFONOS: 02 223 7204 / 02 256 3389 / 02 256 2721 TELÉFAX: 02 222 6645 COLA KENNEDY NORTE N2. 354 SOLAR 3-4 Y 5 EDIFICIO COLÓN 104 PRIMER PISO OFICINA 1A TELÉFONOS: 04 266 1490 / 04 602 1480 / 04 602 1481 CALLE PINCHO VILLA SUR Y Av. GONZÁLES SUÁREZ TELÉFONO: 07 410 7482 C.A.M.P.I.

Figura 34: Anexo de proforma de partes y piezas 1

**ORIMEC**

Oriental Medical del Ecuador C.A.

RUC: 1791271750001

DIRECCIÓN: Valladolid N24-187 y Madrid - Quito

**FUJIFILM****PROFORMA No. 062 - 2017 - CUE**

Cliente : 01.X01

RUC : 0160037860001

Nombre : IESS - CENTRO DE ESPECIALIDADES CENTRAL  
CUENCA

Dirección : SIMÓN BOLÍVAR 6-90 Y ANTONIO BORRERO

Fecha : 4 DE SEPTIEMBRE DE  
2017

Teléfono : 07 282 3477

Fax :

Válidos de la proforma : 30 DÍAS

Ciudad : CUENCA

Vendedor : JORGE ASTUDILLO V.

Comentarios :

ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	NOMBRE COMERCIAL	MARCA / PROCEDENCIA / REG. SAN.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	3	UNIDAD	IP PARA CHASIS 14X17 (RAYOS X)	IMAGING PLATE 14X17	FUJIFILM / JAPÓN / (no requerido)	\$450.00	\$1,350.00
2	3	UNIDAD	IP PARA CHASIS 24X30 (RAYOS X)	IMAGING PLATE 24X30	FUJIFILM / JAPÓN / (no requerido)	\$400.00	\$1,200.00
3	2	UNIDAD	IP PARA CHASIS 18X24 (RAYOS X)	IMAGING PLATE 18X24	FUJIFILM / JAPÓN / (no requerido)	\$380.00	\$760.00
4	5	UNIDAD	IP PARA CHASIS DE MAMOGRAFÍA 18X24	IMAGING PLATE HIGH RESOLUTION 18X24	FUJIFILM / JAPÓN / (no requerido)	\$375.00	\$1,875.00
						<b>SUBTOTAL :</b>	<b>\$5,185.00</b>
<b>SON: SEIS MIL TRESCIENTOS VEINTE Y OCHO CON 00/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, INCLUIDO IVA.</b>						<b>IVA 12% :</b>	<b>\$622.20</b>
						<b>TOTAL :</b>	<b>\$5,807.20</b>

**Tiempo de entrega :** IP's de Rayos X: 5 días hábiles contados desde la recepción de la orden de compra;

IP's de Mamografía: 90 (NOVENTA) DÍAS, contados desde la recepción de la orden de compra.

**Forma de pago:** Contra entrega

**Contacto :** Jorge ASTUDILLO VILLA

Cel: 093 927 1968

E-mail: [jastudillo@orimec.com.ec](mailto:jastudillo@orimec.com.ec)

Será un gusto poder servirles con nuestros productos.

**ORIMEC**Oriental Medical del Ecuador C.A.  
RUC: 1791271750001

Jorge ASTUDILLO V.

REPRESENTANTE DE VENTAS - AUSTRO

**FUJIFILM**

QUITO: VALLADOLID N24-187 Y MADRID  
TELÉFONOS: 02 222 7304 / 02 256 8389 / 02 256 7722 TELEFAX: 02 222 8845  
GUAYACUL: CALA. KENNEDY NORTH ME. 304 SEJAS 3-4 Y 5 EDIFICIO COLÓN 304 PRIMER PISO OFICINA 1A  
TELÉFONOS: 04 268 3481 / 04 602 1480 / 04 602 3481  
CUENCA: CALLE PAICHO VILLA SIN Y AV. GONZÁLEZ-SÁNCHEZ

Figura 35: Anexo de proforma de partes y piezas 2

**ORMEC**

Oriental Medical del Ecuador C.A.

RUC: 1791271750001

DIRECCIÓN: Valladolid N24-187 y Madrid - Quito

**FUJIFILM****PROFORMA No. 051 – 2017 – CUE**

Cliente : 011.X07

RUC : 0160006390001

Nombre : DR. JAIME JERVES MEDIMAGEN

Dirección : PASEO DE LOS CAÑARIS Y PUMAPUNGO

Fecha : 01 DE JULIO DE 2017

Teléfono :

Fax :

Ciudad : CUENCA

Validez de la proforma : 30 DÍAS

Vendedor : JORGE ASTUDILLO V.

Comentarios :

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	NOMBRE COMERCIAL	MARCA / PROCEDENCIA / REG. SAN.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	UNIDAD	LÁMPARA DE BORRADO	LAMPARA DE BORRADO	FUJIFILM / JAPÓN / (no requerido)	\$800.00	\$800.00
						<b>SUBTOTAL :</b>	\$800.00
						<b>IVA 12% :</b>	\$96.00
						<b>TOTAL :</b>	\$896.00

SON: OCHOCIENTOS NOVENTA Y SEIS CON 00/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA, INCLUIDO IVA

Tiempo de entrega : 15 (QUINCE) DÍAS, contados a partir de la aprobación de la oferta.

Forma de pago: 50% de anticipo y 50% contra entrega.

Garantía: 1 año contra defectos de fábrica.

Contacto: Jorge ASTUDILLO VILLA  
 Cel: 093 927 1968  
 E-mail: [jastudillo@orimec.com.ec](mailto:jastudillo@orimec.com.ec)

Será un gusto poder servirles con nuestros productos.

 **ORMEC**  
 Oriental Medical del Ecuador C.A.  
 RUC: 1791271750001

Jorge ASTUDILLO V.

REPRESENTANTE DE VENTAS – AUSTRO

**FUJIFILM**

QUITO: VALLADOLID N24-187 Y MADRID  
 TELÉFONOS: 02 221 7104 / 02 256 3389 / 02 256 2721 TELEFAX: 02 222 6643  
 GUAYAS: CALA KENNEDY NORTE MZ. 504 SOLAR 3-4 Y 5 BARRIO COLÓN 104 PRIMER PISO OFICINA 1A  
 TELÉFONOS: 04 249 1490 / 04 902 1490 / 04 002 1491  
 CUENCA: CALLE PINCHO VILLA SIN Y AL GONZÁLES SUÁREZ

Figura 36: Anexo de proforma de partes y piezas 3