



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Bachiller: Segundo Juan Marrufo Delgado

Bachiller: Roberto Cachi Bacón

**Asesor:**

Mg. Ing. Karla Rossemary Sisniegas Noriega.

Cajamarca – Perú

2017

## APROBACIÓN DE LA TESIS

La asesora y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres Roberto **Cachi Bacon** y **Segundo Juan Marrufo Delgado**, denominada:

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTION DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS  
EQUIPOS BIOMEDICOS EN EL DEPARTAMENTO DE DIAGNOSTICO POR  
IMÁGENES DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA**

---

Mg. Ing. Karla Rossemary Sisniegas Noriega  
**ASESOR**

---

Ing. Ricardo Fernando Ortega Mestanza  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Ana Rosa Mendoza Azañero  
**JURADO**

---

Ing. Elmer Aguilar Briones  
**JURADO**

## DEDICATORIA

### **Juan.**

A mi padre Fausto Marrufo Pérez, a mi madrecita Luzmila Delgado Campos, a mis hermanos y familiares que me brindaron su apoyo incondicional y siempre me sostuvieron con una mano llena de aliento y amor infinito, sin la cual no estaría culminando una etapa importante de mi vida.

A nuestros guías en el arduo camino académico de la UPNC, en especial a la Ing. Karla Rossemay Sisniegas Noriega quien fue el apoyo fundamental para continuar para la realización de este trabajo.

### **Roberto.**

A mis padres Isidora y Andrés, mi hija Kim Yamileth y mi esposa Irene, que son mi motivación principal para no quebrantarme ante las adversidades de la vida y seguir adelante en el cumplimiento de mis anhelos.

A mis hermanos y familiares que siempre estuvieron con una mano extendida de apoyo en las circunstancias buenas y en las malas.

A mis amigos de la universidad que de una u otra manera significaron un aporte importante para el desarrollo de este trabajo.

## AGRADECIMIENTO

### **Juan**

A mis familiares y amigos los que me respaldaron durante este proceso de superación y me ofrecieron su apoyo incondicional, sin la cual no estaría culminando una etapa importante de mi vida.

A nuestros profesores que fueron nuestros guías en el arduo camino académico de la UPNC, en especial al Mg. Ing. Karla Rossemary Sisniegas Noriega quien fue el apoyo fundamental para continuar para la realización de este trabajo.

### **Roberto.**

A Dios por darme la vida y por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, por hacer realidad este sueño tan anhelado.

A mis padres, Isidora y Andrés porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional, su paciencia y su amor infinito, todo lo que voy logrando no es más que gracias ellos.

Así mismo a mis maestros que me guiaron en el arduo camino académico de la UPNC, en especial al Mg. Ing. Karla Rossemary Sisniegas Noriega quien fue el apoyo fundamental para la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.4. Limitaciones.....	16
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo General.....	17
1.5.2. Objetivos Específicos.....	17
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases teóricas.....	20
2.2.1. Qué es el Mantenimiento.....	20
2.2.2. Función de mantenimiento.....	20
2.2.3. Objetivos de Mantenimiento.....	21
2.2.4. Legislación del mantenimiento.....	21
2.2.5. Mantenimiento Preventivo.....	22
2.2.6. Ventajas del mantenimiento Preventivo.....	22
2.2.7. Mantenimiento Preventivo orientado a Riesgos.....	23
2.2.8. Gestión del Mantenimiento Preventivo.....	23
2.2.8.1. Recursos humanos.....	23
2.2.8.2. Inventario técnico de equipos.....	24
2.2.8.3. Gestión de órdenes de trabajo.....	24
2.2.8.4. Guías de internamiento.....	25
2.2.8.5. Cronograma anual de Mantenimiento.....	25
2.2.8.6. Cuadrillas de mantenimiento.....	25
2.2.8.7. Gestión de Materiales para el Mantenimiento.....	26
2.2.8.8. Formatos de control.....	26
2.2.9. Análisis de los indicadores para el mantenimiento preventivo.....	27
2.2.9.1. Disponibilidad.....	27
2.2.9.2. Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF).....	27
2.2.9.3. Tiempo Medio de Reparación (MTTR).....	28
2.2.10. Área de diagnóstico por imágenes de un hospital.....	28
2.2.11. Diferenciación del Equipamiento hospitalario teniendo tres niveles de Riesgo.....	28
2.2.11.1. Equipos biomédicos de alto riesgo según el instituto ECRI.....	29
2.2.11.2. Equipos de Riesgo medio según el Instituto ECRI.....	30
2.2.11.3. Equipos biomédicos de riesgo bajo según ECRI.....	31
2.2.12. Clasificación de los equipos Biomédicos en un Hospital.....	31

2.2.12.1. Clasificación de los equipos biomédicos.....	31
2.3. Definición de términos básicos.....	33
2.4. Hipótesis.....	34
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
3.1. Operacionalización de variables.....	35
3.2. Diseño de investigación.....	37
3.2.1. Pre experimental.....	37
3.2.2. Transversal.....	37
3.3. Unidad de estudio.....	37
3.4. Población.....	37
3.5. Muestra.....	37
3.6. Técnicas, procedimientos e instrumentos para recolectar datos.....	38
3.6.1. Entrevista.....	39
a. Objetivo:.....	39
3.6.2. Guía de observación-Check list.....	39
3.6.3. Matriz AMFE.....	40
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos para procesar datos.....	41
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
4.1. Diagnóstico del Área de estudio.....	42
4.1.1. Diagrama de Ishikawa del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.....	42
4.1.2. Check List.....	44
4.1.3. Matriz AMFE de riesgo de impacto para evaluar las dimensiones del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo.....	47
4.1.4. Determinación de la disponibilidad de los equipos Biomédicos.....	51
4.2. Resultados del Diagnóstico.....	55
4.3. Diseño de la Propuesta de implementación de un sistema de Gestión de mantenimiento.....	56
4.3.1. FASE 1: Capacitación del personal de mantenimiento y operario.....	57
4.3.1.1. Capacitación al personal sobre el mantenimiento sobre gestión de mantenimiento preventivo.....	57
4.3.1.2. Capacitación al personal sobre el uso de Equipos de Protección Personal (EPP).....	58
4.3.1.3. Elaboración de un formato de control de asistencia y especificación de temas de capacitación.....	59
4.3.2. FASE 2: Establecer un inventario técnico de los equipos biomédicos.....	62
4.3.2.1. Recolección de información y documentación del inventario de equipos médicos y hospitalarios.....	62
4.3.2.2. Elaborar un inventario técnico de cada uno de los equipos Biomédicos.....	63
4.3.3. FASE 3: Establecer herramientas y recursos para el desarrollo de las actividades programadas en el Mantenimiento Preventivo.....	64
4.3.3.1. Elaborar formatos de órdenes de Trabajo, Guía de Internamiento, tarjetas de control de mantenimiento.....	64
4.3.3.2. Elaboración del cronograma anual de mantenimiento preventivo.....	68
4.3.3.3. Asignación de Cuadrillas y materiales para el cumplimiento de las actividades programadas.....	69

4.3.4. Fase 4: Evaluación e Inspección de las actividades programadas en el sistema de MP.....	70
4.3.4.1. Elaborar formatos de inspección de cumplimiento de las actividades programadas.....	70
4.3.4.2. Perfil del Ingeniero Clínico Supervisor para el cumplimiento de las actividades programadas.....	72
4.3.4.3. Diseño del proceso de mantenimiento preventivo.....	73
4.3.4.4. Presentación de reportes mensuales (Check List) a cargo del Ingeniero Supervisor a cargo de las Cuadrillas.....	76
4.4. Indicadores de la disponibilidad después de la propuesta de implementación en el Hospital Regional de Cajamarca.....	79
4.5. Análisis Costo – Beneficio de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.....	83
4.5.1. Costos de implementación de la mejora.....	83
4.5.2. Flujo de caja.....	91
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>92</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla n° 1. Equipos de alto riesgo, según la ECRI.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla n° 2: Equipos biomédicos de riesgo medio, según ECRI.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla n° 3: Equipos de bajo riesgo, según ECRI.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla n° 4. Operacionalización de Variables. ....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla n° 5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos .....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla n° 6. Detalle de Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla n° 7. Check List para evaluar el área de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla n° 8. Leyenda: Valores asignados a la evaluación realizada en esta área de estudio.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla n° 9. Matriz AMFE para identificar causas posibles y el efecto en el sistema de mantenimiento. ....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla n° 10. Ponderaciones para la matriz AMFE. ....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla n° 11. Calculo de los indicadores de disponibilidad de los equipos biomédicos de área de Diagnóstico por imágenes. ....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla n° 12: resultados de los indicadores en MTTF y MTTR. ....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla n° 13. Resultados de las Operacionalización de variables.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla n° 14. Formato de control de asistencia y temas de capacitación. ....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla n° 15. Formato de inventario técnico de los equipos biomédicos del departamento de Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla n° 16 Formato de Orden de Trabajo para un equipo biomédico. ....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla n° 17 Guía de Internamiento de un equipo biomédico.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla n° 18 Frecuencia de mantenimiento de los equipos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla n° 19. Establecimiento de cuadrillas de mantenimiento. ....</i>	<i>70</i>



<i>Tabla n° 20. Tarjeta de control de mantenimiento preventivo. ....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla n° 21. Perfil del ingeniero clínico supervisor para el cumplimiento de actividades... 72</i>	<i>72</i>
<i>Tabla n° 22. Check list para determinar el % de mejora del sistema de mantenimiento preventivo.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla n° 23. Calculo de los indicadores de disponibilidad de los equipos biomédicos de área de Diagnóstico por imágenes después de la implementación. ....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla n° 24: comparativo del indicador de disponibilidad de los equipos antes y después de la mejora.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla n° 25: comparativo de los indicadores MTBF y MTTR antes y después de la mejora.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla n° 26: Matriz con representación del comparativo de mejora de indicadores. ....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla n° 27. Costo por procedimiento (maquinaria, equipos y herramientas). ....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla n° 28. Costo por incurrir en el proceso de mantenimiento preventivo (5 trabajadores)....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla n° 29. Costo de personal por cuadrilla.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla n° 30 Implementos.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla n° 31. Costo en material de registro y control (mensual).....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla n° 32. Costo en implementos de protección personal EPP (anual).....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla n° 33. Costos en insumos para higiene de los trabajadores (mensual).....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla n° 34. Costos en botiquín de primeros auxilios (anual) .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla n° 35. Costos por procedimientos (materiales). ....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla n° 36. Costos de horas hombre adicionales por reparación de equipos biomédicos (Mantenimiento Correctivo). ....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla n° 37. Costos por incurrir en la propuesta de mejora.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla n° 38. Costos por no incurrir en la propuesta de mejora.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla n° 39. Costos por no incurrir en la propuesta de mejora.....</i>	<i>90</i>

<i>Tabla n° 40. Indicadores económicos. ....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla n° 41: Inventario físico y funcional de los equipos biomédicos del departamento de diagnóstico por imágenes del HRC. ....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla n° 42: expediente del equipo biomédico.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla n° 43: Evaluación integral de equipos Biomédicos de Riesgo.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla n° 44: Evaluación Integral del equipo biomédico de riesgo medio.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla n° 45: Evaluación Integral del equipo biomédico de riesgo bajo.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla n° 46. Inventario para el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos del departamento de Diagnóstico en el Hospital Regional de Cajamarca.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla n° 47. Pruebas de seguridad eléctrica para equipos médicos tipo BF/B, clase I y II</i>	<i>106</i>
<i>Tabla n° 48. Pruebas de seguridad eléctrica para equipos médicos tipo CF, clase I y II, registrados dentro del departamento de estudio. ....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla n°49. Formato de orden de trabajo para las actividades de mantenimiento. ....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla n° 50. Cálculo de carga para el plan de mantenimiento anual de los equipos biomédicos del departamento de dx. Por imágenes del HRC.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla n° 51. Diseño del plan anual de mantenimiento preventivo en los equipos Biomédicos en el área de diagnóstico por Imágenes.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla n° 52. Cronograma de un plan de capacitación anual para el personal de mantenimiento del Hospital Regional de Cajamarca.....</i>	<i>118</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura n° 1. Diagrama General de Ishikawa en los equipos biomédicos del área de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura n° 2. Nivel de capacitación del personal en el área de Tecnología Hospitalaria.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura n° 3. Nivel de uso de EPP en el área de Tecnología Biomédica. ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura n° 4. Diseño de la propuesta de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura n°5: elaboración de proceso de mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos.....</i>	<i>73</i>

## RESUMEN

La investigación se realizó en el Hospital Regional de Cajamarca en el departamento de diagnóstico por imágenes, dedicada a la atención de pacientes de todo el ámbito regional en el aspecto de detección de enfermedades; el cual, actualmente no cuenta con un sistema de mantenimiento preventivo establecido ya que solo se pudo detectar que los trabajos que se llevan a cabo son de mantenimiento correctivo; por lo que, los problemas encontrados recaen directamente en la falta de disponibilidad de los equipos lo que afecta la aceptabilidad a la calidad de servicio por parte de los pacientes de esta institución.

La investigación tiene como objetivo principal garantizar una operación segura, un mayor porcentaje de disponibilidad, mejorar la productividad y mejorar la satisfacción de los clientes en todos los equipos biomédicos usados en el departamento de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca, ya que dicha institución no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, presentado así falta de capacitación en el personal, falta de inventario técnico, ordenes de trabajo, guíase de internamiento, formatos de control, programas anuales de mantenimiento, etc. Lo que perjudica directamente a la disponibilidad de los equipos biomédicos es por ello se ha creído conveniente realizar esta investigación con el objetivo proponer la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos del centro anteriormente mencionado y teniendo como hipótesis que si al implementar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos en el departamento de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca, se logrará aumentar significativamente la disponibilidad de estos.

Para ello se establecieron los indicadores de mantenimiento preventivo los cuales permitieron analizar el sistema de mantenimiento en general. En primera instancia se realizó un diagnóstico total determinar la medida de los indicadores establecidos, para lo cual se utilizó técnicas y diagramas Ishikawa, check list, matriz AMFE, observación directa, entrevistas y formulas propias para cálculo de determinados indicadores MTBF y MTTR lo que permiten el cálculo de la disponibilidad siendo 63%.

Finalmente se llegó a la conclusión que con la propuesta implementación de un plan de mantenimiento preventivo es viable ya que las mejoras de los indicadores de mantenimiento son significativas y por consiguiente la mejora de disponibilidad es 23 % en promedio de los 5 equipos objeto de estudio, teniendo una disponibilidad de 83% después de implementación del sistema. Así también el proyecto tubo como indicadores económicos un VAN de S/. 28,323.22 y un TIR de 25 % de darse la ejecución de mismo.

## ABSTRACT

The research was carried out in the Regional Hospital of Cajamarca in the department of diagnostic imaging, dedicated to the care of patients from all over the region in the aspect of disease detection; which, currently, does not have a preventive maintenance system in place since it was only possible to detect that the work carried out is corrective maintenance; therefore, the problems encountered are directly related to the lack of availability of the equipment, which affects the acceptability to the quality of service by the patients of this institution.

The main objective of the research is to guarantee a safe operation, a higher percentage of availability, improve productivity and improve customer satisfaction in all the biomedical equipment used in the Diagnostic Imaging Department of the Regional Hospital of Cajamarca, since this institution it does not have a preventive maintenance management system, presented as lack of training in the personnel, lack of technical inventory, work orders, guiding of internment, control formats, annual maintenance programs, etc. What directly harms the availability of biomedical equipment is why it has been considered convenient to carry out this research with the aim of proposing the implementation of a preventive maintenance system to improve the availability of the aforementioned center equipment and having as hypothesis that By implementing a preventive maintenance management system for biomedical equipment in the Diagnostic Imaging Department of the Regional Hospital of Cajamarca, it will be possible to significantly increase the availability of these.

For this purpose, the preventive maintenance indicators were established, which allowed analyzing the maintenance system in general. In the first instance, a total diagnosis was made to determine the measure of the established indicators, for which Ishikawa techniques and diagrams, check list, AMFE matrix, direct observation, interviews and own formulas were used to calculate certain MTBF and MTTR indicators. The calculation of availability being 63%.

Finally, it was concluded that with the proposed implementation of a preventive maintenance plan it is viable since the maintenance indicators improvements are significant and therefore the improvement of availability is 23% on average of the five equipment under study, having an availability of 83% after implementation of the system. So also the project tube as economic indicators a NPV of S / . 28,323.22 and a 25% IRR for the execution thereof.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

Uno de los mayores problemas que existen a nivel mundial, para la correcta gestión del mantenimiento industrial, es la falta de un verdadero significado de lo que es esta función (Gaitán, 2000). Ante ello (García, 2012). Define al mantenimiento preventivo como una actividad paralela a la producción y al control de calidad y al implantarlo no solamente previene paros improductivos, sino que también aporta al incremento de utilidades. Sin embargo y a pesar de esta realidad innegable, los procesos de gestión de mantenimiento hospitalario no son tomados en cuenta a cabalidad; por lo que (Muños, 2014) Sostiene que las exigencias en los diferentes rubros de producción provocadas por el continuo desarrollo de la tecnología en todos los sectores de la industria hospitalaria involucra en forma creciente el aporte del área de mantenimiento preventivo como uno de los elementos base para buscar la satisfacción de los ciudadanos.

En el Perú no se está dejando desapercibido ya que se vienen ejecutando planes de mantenimiento preventivo en los diferentes establecimientos de salud; esto debido a que se ha establecido una RM-533-2016/MINSA; la cual tiene como objetivo establecer la metodología e instrumentos para la elaboración, ejecución, seguimiento y control de los Planes Multianuales de Mantenimiento del equipamiento de los Establecimientos de Salud a nivel nacional. En el cual también se resalta que los programas correspondientes de mantenimiento preventivo y correctivo deben ejecutarse en un periodo establecido indicándose la frecuencia, horas y el costo referencial de cada actividad.

Según (salas ,2012). Las empresas nacionales buscan obtener resultados optimistas, como incremento de sus ventas, prolongar la vida útil de sus recursos y aumentar la disponibilidad de sus equipos. Del mismo modo (Rodríguez, 2012) indica que lo que se espera como resultado de la aplicación de la metodología de mantenimiento es disminuir las fallas y sus consecuencias, incrementando así, las ventas por la recuperación de costos por mantenimiento; pero (Ricaldi, 2013) considera que el avance y desarrollo de una compañía no suele estar acompañado de actividades de apoyo como el mantenimiento, ya que desde siempre, ha sido considerado como un mal necesario.

(Estrada & Sifuentes, 2011) consideran que el manejo de indicadores de gestión, la prolongación de la vida útil del equipamiento, la relación de costo- efectivo de los equipos médicos/ hospitalarios, son otras de las razones por la cuales la institución se ve motivada a adoptar la cultura que la ingeniería clínica mediante el mantenimiento preventivo está imponiendo. Por otro lado (Gallara & Pontelli, 2005) sostienen que la implementación del mantenimiento preventivo tiene las características de un proyecto que debe ser evaluado por

la alta dirección del establecimiento por lo tanto el éxito del mismo depende del impulso y el apoyo de los niveles superiores ya que el mantenimiento preventivo trae consigo la anticipación a las fallas lo que se logra mediante un acercamiento periódico al equipo lo que permiten determinar mediante señales de alerta una posible falla potencial futura.

Así mismo (Dounce, 2013) indica que al no estar consiente el personal de mantenimiento contingente, sus acciones traspasan con frecuencia los límites de la conservación programada, por lo que se elevan los costos, no solo por trabajos inapropiados de conservación sino también por el tiempo perdido, desperdicios de material y repetición de procesos. Ante esto (Gallara & Pontelli, 2005) recomiendan que es necesario definir y manejar los cambios culturales y de conducta para que una organización se desenvuelva en este nuevo ambiente y puedan adecuarse a los nuevos cambios mediante un proceso de aprendizaje permanente, para esto es necesario evaluar continuamente el estado actual de desempeño del personal.

El Hospital Regional de Cajamarca que atiende a una población de 1 529.755 millones del departamento Cajamarca y sus respectivas Provincias, según el INEI (Instituto Nacional de Estadística en Informática) al año 2015, debido a la poca valoración del área de mantenimiento viene acarreado estos problemas, específicamente el área de Diagnóstico por Imágenes presentado escasa disponibilidad de los equipos. Es por ello que se analiza distintos indicadores del área tales como personal capacitado correctamente, equipos biomédicos operativos y obsoletos, órdenes de trabajo, programas de mantenimiento y control de procesos y la disponibilidad propiamente dicha de los equipos biomédicos en el departamento de Diagnóstico por Imágenes.

Luego de haber determinado los indicadores de estudio estos fueron los resultados: el personal del área no se encuentra capacitado en temas relacionados a mantenimiento preventivo indicando 30% de implementación, en manejo de equipos de protección personal EPP en 33% de implementación, el 33% de equipos biomédicos se encontraron en estado obsoletos; las ordenes de trabajo implementadas en un 33%, programas anual de mantenimiento con 33% de implementación, formatos de control de procesos de mantenimiento con 33% de implementación. Así también se determinó la disponibilidad de todos los equipos del área, encontrando dentro de los más críticos al Tomógrafo Computarizado Helicoidal, Densitómetro Óseo, Mamógrafo, Ecógrafo Ultrasonido y Equipo de Rayos X. Los cuales muestran como disponibilidad: 73%, 71%, 56%, 56% y 61% respetivamente.

Para (Gallara & Pontelli, 2005) la gestión de mantenimiento según la jerga del taller es un metodología de intervención a los equipos partiendo de la definición de los indicadores de los mismos. Así también (Dounce, 2006) sostiene que la gestión del mantenimiento preventivo recae en una actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionan, continúe dentro de los

límites establecidos. Por otra parte un programa de mantenimiento para (García, 2012) incluye dos actividades básicas que son, la inspección periódica de los equipos de industria, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción y conservación e la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos cuando se encuentren aun en etapa inicial.

La disponibilidad de un equipo es la relación entre la diferencia del tiempo calendario del periodo puntos críticos de los equipos con la finalidad de minimizar los tiempos de paradas o de bajo rendimiento observado y el total de horas de intervenciones y también es un porcentaje (Gallara & Pontelli, 2005). La disponibilidad, es objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado esto según (Pinto, 1997). Por su parte (García, 2012) sostiene que a través de estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el tiempo medio entre la falla y el tiempo medio de reparación, es posible para la alta gerencia evaluar alternativas de acción para mejorar la disponibilidad de sus equipos productivos.



## 1.2. Formulación del problema.

- ¿En qué medida la propuesta de Implementación de un sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, mejorará la disponibilidad de los equipos biomédicos del departamento de diagnóstico por imágenes, en el Hospital Regional de Cajamarca?

## 1.3. Justificación.

- La presente investigación está orientada al estudio de ingeniería de Mantenimiento y el uso de las herramientas básicas, que son fundamentales para mejorar la productividad de las empresas, se ve reflejado en los indicadores de disponibilidad. El mantenimiento de equipos en las empresas posee múltiples herramientas y técnicas entre las cuales está el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, controlado, cero horas, predictivo, conductivo, modificativo, entre otros.
- En el aspecto aplicativo se pretende dar solución a los problemas que presenta la institución referente a la no disponibilidad de sus equipos biomédicos en el departamento de Diagnóstico por Imágenes.
- Al emplear las herramientas y técnicas como: indicadores de disponibilidad, mantenibilidad, costos, vida útil de los equipos, respectivamente, se espera obtener resultados en cantidad, calidad de la disponibilidad y funcionamiento para mejorar la atención, una mejora en los diagnósticos para su bienestar de los usuarios que son el objetivo principal.
- En el aspecto valorativo, permite aplicar métodos y herramientas de la Ingeniería Industrial en un caso real permitiéndonos reforzar los conocimientos adquiridos en el periodo académico y mejorar nuestra formación como futuros Profesionales de las Ingeniería.
- Con respecto a las herramientas y técnicas aplicados en la investigación se demostrará los resultados que se obtienen en base a la disponibilidad de los equipos biomédicos de dicha área de estudio.
- Se espera contribuir de forma positiva en el aprendizaje de futuras generaciones ligadas a la ingeniería industrial, mecánica, eléctrica, entre otras y así reforzar sus conocimientos.

## 1.4. Limitaciones.

- La escasa información y accesibilidad a los ambientes donde funciona el área de mantenimiento de equipos biomédicos del Hospital Regional de Cajamarca.
- Falta de información de antecedentes de investigación relacionados al tema de mantenimiento en el Hospital Regional de Cajamarca
- Poca acceso a las instalaciones de los equipos biomédicos, por tener un significado de sensibilidad y respeto a los pacientes.

- Demora en la implementación de nuevas metodologías de trabajo en lo que respecta a mantenimiento preventivo en equipos biomédicos.

Sin embargo, estas limitaciones no son impedimento para realizar adecuadamente la investigación por lo que se llevará a cabo con normalidad.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General.

Proponer la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos biomédicos en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.

### 1.5.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico del mantenimiento preventivo actual en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.
- Analizar la disponibilidad de equipos biomédicos actual en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.
- Diseñar la propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el Hospital Regional de Cajamarca.
- Medir los indicadores de la disponibilidad de los equipos biomédicos después de la propuesta de implementación en el Hospital de Cajamarca.
- Realizar un análisis Costo – Beneficio de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1. Antecedentes

Para García, (2013), en su trabajo especial de grado, titulado: *Plan de Mantenimiento Preventivo para la Blisteadora GM Penta II de Laboratorios Farma S.A.* Ubicado en Maracay estado Aragua. Este estudio tuvo como propósito principal diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la Blisteadora GM Penta II de Laboratorios Farma S.A., ubicado en Maracay estado Aragua, con el fin de otorgar una herramienta administrativa que facilite el trabajo administrativo y operativo en función de mantenimiento; para ello la investigación se desarrolló a través de la modalidad de proyecto factible, apoyado en una investigación de campo, de tipo descriptivo y en una revisión bibliográfica y documental.

Se tomó una población de estudio de cinco (5) personas: dos mecánicos, dos operarios y un supervisor, los cuales son responsables del manejo y mantenimiento de la máquina, la muestra se considera de carácter censal ya que se tomó la población en su totalidad. Las técnicas aplicadas fueron la encuesta y la observación directa y como instrumentos el cuestionario y el registro de observación respectivamente. El cuestionario estuvo conformado por trece (13) preguntas cerradas (SI) o (NO) de tipo dicotómicas.

Los datos fueron analizados a través de la estadística descriptiva, permitiendo comprobar que no existe un plan de mantenimiento en esta institución, con tal afirmación se evidencia que no existe un plan de actividades para preservar la vida útil de los equipos biomédicos, por lo tanto se recomienda aplicar esta propuesta.

El aporte de esta investigación es que ambos persiguen el mismo objetivo que es el de proporcionar una herramienta administrativa para mejorar el mantenimiento de equipos, además este trabajo trató conceptos relacionados con los objetivos de mantenimiento por lo que el autor tomó ciertas teorías y la estructura metodológica abordada.

(Muños ,2014) *Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento industrial en una empresa de fabricación de cartón corrugado* (Titulo en Ingeniería Industrial), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú. El autor planteó como objetivo la elaboración de la propuesta de implementación, desarrollo y análisis de la gestión de mantenimiento, que permita asegurar la eficiente operación y óptima conservación de la maquinaria, conservando los valores de calidad del producto y los plazos de atención ofrecidos al cliente, apoyándose en estrategias de gestión logística, de procesos y de calidad. Presentándose como problema un excesivo tiempo de paradas por fallas mecánicas lo que afecta directamente la eficiencia de las líneas productivas, todo esto por falta de un mantenimiento adecuado y la falta oportuna de repuestos que según los cálculos la empresa en mención pierde un promedio de S/34627.00 en ventas debido a la falta de disponibilidad de las líneas operativas. Ante ello con el desarrollo y análisis de gestión del mantenimiento,

lo que permitió que los procesos que generan valor al producto se realicen eficientemente y se mantengan dentro de los márgenes de seguridad y calidad esperado.

Finalmente se realizó el análisis económico del proyecto con una inversión inestimada inicial de este proyecto es de S/.124000 y en un tiempo calculado de 5 años la inversión ofrecería un TIR del 18% (escenario pesimista) o 107% (escenario más favorable).

Este antecedente es de mucha contribución en la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el Hospital Regional de Cajamarca, podemos destacar que en ambas situaciones lo que se busca es mejorar la disponibilidad de las líneas productivas y los equipos respetivamente, lo que finaliza en la disminución de sobrecostos y la satisfacción del cliente o usuario.

(Portal & Salazar, 2016) *Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en la Gestión de Mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa Multiservicios Punre SRL* (Título en ingeniería industrial), Universidad Privada del Norte, Cajamarca. La cual tiene como finalidad incrementar la disponibilidad operativa de los equipos utilizados para la empresa, por lo cual se realizó un diagnóstico situacional de la empresa, encontrando un porcentaje de disponibilidad de los equipos en un 79%; sin embargo lo que se requiere es como mínimo un disponibilidad mayor o igual a 85 % ocasionando un sobrecosto de 140 000 dólares americanos.

Ante esto, Luego de la implementación de la propuesta de TPM en la gestión de mantenimiento de los equipos de movimiento de tierras, se concluye que se incrementara la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras, manteniéndola igual o mayor al 85%, es decir que la disponibilidad de los equipos incremento en 6%.

Según el análisis realizado a dicho trabajo de investigación podemos determinar que se asemeja a nuestra investigación ya que la finalidad es el incremento de la disponibilidad de los equipos, lo que refleja como resultado en una disminución de los costos de mantenimiento de la empresa, que es lo que finalmente se busca.

(Chávez & Espinoza, 2016) *Propuesta de Implementación de un Plan de Mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja S.R.L.* (Tesis de titulación) Universidad Privada del Norte, Cajamarca. La finalidad la investigación fue incrementar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos por lo que se realizó la recopilación de la información mediante visita técnica utilizando técnicas tales como observación de los equipos , entrevista de los operarios, supervisores del área etc. Así mismo se realizó un análisis de criticidad de los equipos obteniendo como resultado 5 equipos críticos (calentador industrial, cámara de congelación, cámara de fermentación, horno combistar y lavavajilla de arrastre) posteriormente se calcularon la disponibilidad de los equipos con datos históricos del 2015. Luego de simular la

propuesta de un plan de mantenimiento preventivo se obtuvo un aumento significativo de esta disponibilidad: calentador industrial de 77.38% a 90.92%, cámara de congelación de 81.60% a 88.04%, cámara de fermentación de 73.69% a 90.48%, horno comisar de 75.17% a 90.28% y lavavajilla de arrastre de 79.03% a 91.81%. Dichos resultados se obtuvieron por la reducción de MTTR y un aumento significativo del MTBF.

Finalmente luego de realizar el análisis de viabilidad del proyecto, con una inversión de S/ 52,256.00 se obtuvieron como (VAN): S/20,276.89 y (TIR): 29.61%, para un periodo de 5 años, teniendo al 2015 como año de implementación.

Este proyecto de investigación es de mucha relevancia con respecto a nuestra investigación realizada en el hospital regional de Cajamarca, ya que las finalidades de ambas investigaciones fluctúan en el incremento de la disponibilidad de los equipos de producción, lo que finaliza en procesos más eficientes y productos y servicios de mejor calidad.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Qué es el Mantenimiento.

Según (Gallara & Pontelli) Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

- Prevenir y/o corregir averías.
- Cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.
- Aspecto económico (costos).

### 2.2.2. Función de mantenimiento.

En el año de 1970, surge un proceso de cambio para la Ingeniería Clínica al publicarse un artículo en donde se afirmaba que durante ese año, 1200 estadounidenses habían sufrido choques eléctricos mientras se les practicaban procedimientos clínicos. Esta información condujo al desarrollo de la legislación correspondiente a la seguridad del equipamiento biomédico por parte del gobierno norteamericano y fue impulsada por el *Emergency Care Research Institute* (ECRI), brindando así la oportunidad de la creación de departamentos internos de Ingeniería Clínica entre los hospitales grandes e intermedios y la creciente necesidad de los ingenieros clínicos (término otorgado por el Dr. César Cáceres en 1974).

### 2.2.3. Objetivos de Mantenimiento

En mantenimiento, su organización, planificación e información, deben estar encaminados a la consecución de varios objetivos; al respecto (Molina, 2006), cita los siguientes: Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.

- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o parada de máquina.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Haciendo un breve resumen se puede mencionar que el mantenimiento encierra todo lo referido a la organización, aplicación y ejecución de toda actividad que brinde, mejore y conserve el funcionamiento de una máquina al más bajo costo posible.

### 2.2.4. Legislación del mantenimiento.

Según el DECRETO SUPREMO N° 013-2006-SA, De conformidad con lo dispuesto por la ley N° 26842; Ley General de salud y de acuerdo con las facultades conferidas por el inciso 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; en el Artículo 32° dice: "Los equipos médicos utilizados en los establecimientos de salud deben corresponder a los servicios médicos que prestan. Estos deberán mantenerse operativos, según el plan de mantenimiento preventivo elaborado por el establecimiento.

Los equipos electro médicos deben exhibir en lugar visible un rotulado en el que conste la última fecha de revisión técnica y otro en el cual se detalle las instrucciones de su manejo".

El plan de mantenimiento anual es visto como la herramienta de gestión que proporciona directrices a los departamentos de mantenimiento en todos los hospitales. El plan debe incluir los objetivos, las actividades de programación y los recursos físicos, humanos, técnicos y económicos para alcanzar los objetivos de cada hospital. Este debe incluir por lo menos dos partes, una sobre la infraestructura física y la otra sobre el equipamiento del hospital.

### **2.2.5. Mantenimiento Preventivo.**

Para (García, 2012) el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos se define como el conjunto de acciones técnicas administrativas y programadas que se ejecutan para el cuidado e inspección sistemático de un instrumento o equipo con el propósito de asegurar su rendimiento óptimo, evitar y detectar fallas y/o averías menores y así garantizar la seguridad y proteger el medio ambiente. El mantenimiento preventivo se debe considerar un proceso, el cual tiene como objetivo principal mantener en buen estado de funcionamiento los equipos o instrumentos.

La aplicación del mantenimiento preventivo permite que los equipos puedan ser usados de manera permanente o cuando sea requerido su uso para un procedimiento específico eliminando los posibles riesgos de paralización prolongada, discontinuidad del servicio y la falta de seguridad al paciente en el entorno hospitalario. El programa de mantenimiento preventivo se basa en la ejecución periódica de actividades tales como inspección, cambio de accesorios, repuestos, componentes o algún otro tipo de elemento que permita que el equipo funcione eficientemente (Gallara & Pontelli, 2005).

### **2.2.6. Ventajas del mantenimiento Preventivo.**

Según (Boero, 2006) las ventajas del mantenimiento preventivo son:

- ✓ Disminuir la frecuencia de las paradas,
- ✓ Aprovechar la intervención para realizar varias reparaciones,
- ✓ Realizar las intervenciones en los momentos oportunos de producción y mantenimiento,
- ✓ Disponer de los utillajes y repuestos necesarios,
- ✓ Distribuir el trabajo de mantenimiento evitando excesos o bajas en las tareas del servicio,
- ✓ Evita que las averías se aumenten,
- ✓ Disminuye los riesgos para los sistemas de seguridad.

### **2.2.7. Mantenimiento Preventivo orientado a Riesgos.**

El inventario para el mantenimiento orientado a riesgo se basa en la asignación de prioridad a partir de una evaluación integral de cada equipo.

Según TENA AGUILAR, Luis Alberto. "Diagnóstico Tecnológico de las UPS Equipos Biomédicos (II congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, la Habana, Cuba 2001), afirma que puede haber equipos que por su bajo nivel de riesgo no se incluyen en el inventario para el mantenimiento y son atendidos durante la inspección o mantenimiento programado a su entorno, a solicitud del usuario o en mantenimiento correctivo solamente. La experiencia demuestra que si el inventario no se hace para los equipos significativos, este se hace inmanejable o ineficiente. Se recomienda dar prioridad al mantenimiento del equipo basándose en criterios de riesgo.

### **2.2.8. Gestión del Mantenimiento Preventivo.**

#### **2.2.8.1. Recursos humanos.**

No puede existir una organización que no esté integrada por personas, de allí la importancia de los recursos humanos, pues se puede contar tecnológicamente con el equipamiento más moderno o con las mejores instalaciones, pero si se carece de un grupo humano motivado y bien dirigido, el éxito de la organización será imposible (Gallara & Pontelli, 2005). Para conservar un buen desempeño de los mismos se necesita tener personal capacitado en temas relacionados al sistema tales como:

- ✓ Herramientas del Sistema Gestión de Mantenimiento Preventivo.
- ✓ En uso de equipos adecuado Equipos de Protección Personal EPP.

Del mismo modo como elementos de desmotivantes a superar podríamos citar:

- ✓ Falta de organización de la empresa
- ✓ Supervisión desgastante
- ✓ Condiciones de trabajo no adecuadas
- ✓ Salario no adecuado.



### **2.2.8.2. Inventario técnico de equipos.**

Para (Gallara & Pontelli ,2005) es evidente que antes de comenzar se debe conocer el entorno y los medios donde se efectuara la planificación. Por lo tanto esta etapa consiste en el relevamiento de las instalaciones, las máquinas y los equipos, sus características, sus localizaciones y sus antecedentes.

Así mismo según (Estrada & Sifuentes, 2011) el inventario para el mantenimiento de los equipos médicos deberá especificar:

- ✓ El nombre y código del equipo ( según clasificador adoptado por el sistema de salud del país)
- ✓ Numero de inventario
- ✓ ubicación del equipo
- ✓ frecuencia de inspecciones.

### **2.2.8.3. Gestión de órdenes de trabajo.**

Son solicitudes de intervención emitidas para realizar tareas de mantenimiento y pueden ser emitidas por cualquier ente de la empresa pero seguramente el que más hace uso de las mismas es producción, así las actividades de mantenimiento mensual o semanal se realizaran previo consenso con la gerencia de producción, (Gallara& Pontelli, 2005).

Los datos a consignar por el solicitante, en líneas generales, en un formulario impreso deben ser:

- Numero de O.T.
- Fecha y hora de la emisión de la O.T.
- Línea o sector que solicita el servicio
- Numero de centro de costo, a los fines de imputar los gastos del trabajo
- Instalación o maquina con problema
- Descripción del problema
- Asignación de la prioridad
- Horario y plazo de disponibilidad de equipo
- Firma del emisor.

#### **2.2.8.4. Guías de internamiento.**

Documento que sirve para internar un equipo en el taller de mantenimiento para su respectiva intervención. En este documento se detalla algunos criterios de información tal como:

- ✓ Fecha
- ✓ Datos del equipo
- ✓ Nativos de internamiento
- ✓ Componentes y partes del equipo
- ✓ Observaciones y recomendaciones al usuario
- ✓ Firmas de los implicados.

#### **2.2.8.5. Cronograma anual de Mantenimiento.**

El programa implica establecer a lo largo del tiempo una serie de actividades. En este mismo se deben definir las actividades del mantenimiento y tiene un alcance de un ejercicio anual. La primera tarea que se realiza para la planificación del mantenimiento es fijar las prioridades y para esto es necesario determinar los periodos en los que la planta no producirá o tendrá disponibilidad de los equipos. Existen intervenciones de frecuencia anual, las de orden mensual, las semanales y finalmente las diarias. El conjunto constituye el programa de mantenimiento (Gallara & Pontelli, 2005).

#### **2.2.8.6. Cuadrillas de mantenimiento**

Para (García, 2012) La confianza en el talento humano es el bien más importante del área de mantenimiento; cada actividad realizada es indispensable para una buena organización. Todo individuo debe conocer bien sus tareas y el sitio que ocupa; así poder integrarse y conformar un equipo solidario. Por lo que debe entenderse que los objetivos del sistema de gestión de mantenimiento y de cada uno del individuo integrante de la cuadrillas son los mismos.

### 2.2.8.7. Gestión de Materiales para el Mantenimiento.

Según (Gallara & Pontelli, 2005) el nivel de existencias del almacén se compone de elementos que se quede agrupar en seis grandes grupos.

- ✓ **Ferretería:** tales como tornillos, sogas, alambres, clavos, pinturería etc.
- ✓ **Suministros:** combustibles, solventes, lubricantes, barras de ferrosos, etc.
- ✓ **Repuestos universales:** rulemanes, sellos, juntas, crapodinas etc.
- ✓ **Repuestos específicos:** estos dependen de cada uno de los equipos. Su provisión está a cargo de fabricante original o por determinados proveedores.
- ✓ **Repuestos comunes:** motores eléctricos, reductores de velocidad, acoplamientos etc.

Las existencias se deben mantener en inventario dos grupos:

- ✓ **Clase A:** materiales de elevado precio unitario, alto valor de consumo y alto grado de criticidad.
- ✓ **Clase C:** todos los demás materiales.

### 2.2.8.8. Formatos de control.

Según (Dounce, 2006) El control se observa haciendo mediciones esporádicas analizando y corrigiendo los resultados, repitiéndose el proceso cuantas veces sea necesario para lo cual se requiere del uso de diversas herramientas de control tales como formatos estructurado adecuadamente.

Es indispensable verificar el desempeño del personal y del sistema en general durante la ejecución de las órdenes de trabajo para corroborar su calidad, así como detectar si los recursos físicos presentan deficiencias de diseño, instalación, funcionamiento, fiabilidad o mantenibilidad (Dounce, 2006). Las herramientas de control informan sobre tres sucesos importantes para detectar el desarrollo del programa:

- ✓ Lo que se supone que debe acontecer
- ✓ Lo que está aconteciendo
- ✓ El grado de desviación tolerable que puede existir entre los puntos 1 y 2.

Del mismo modo (García, 2012) considera al control como la última fase del ciclo administrativo y su objetivo central es ejecutar la medición de los resultados actuales o pasados y compararlos con los esperados, ya sea de forma total o parcial, con el fin de detectar las diferencias o brechas reales entre lo planeado y lo ejecutado, para corregir las deficiencias, mejorar los procedimientos o formular nuevos planes de acción.

## 2.2.9. Análisis de los indicadores para el mantenimiento preventivo.

### 2.2.9.1. Disponibilidad.

Es la relación entre la diferencia del tiempo calendario del periodo observado y el total de horas de intervenciones (Gallara & Pontelli, 2005).

Así mismo (García, 2012) enfoca a la disponibilidad como una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue diseñado y se calcula empleando la siguiente formulas.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de trabajo del equipo}}{\text{Tiempo de trabajo} + \text{Tiempo equipo detenido}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

### 2.2.9.2. Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)

Es uno de los indicadores más importantes en la determinación de la performance del mantenimiento. Según (Gallara & Pontelli, 2005) se define como la relación entre la suma de todos los tiempos de operación de los equipos analizados en el periodo T y la cantidad de fallas que estos tienen en idéntico periodo.

Así también (García, 2012) sostiene que el MTBF indica el intervalo de tiempo más probable entre el arranque del equipo y la aparición de una falla; es decir, es el tiempo promedio transcurrido hasta la llegada a la falla.

Para calcularlo se emplea la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n} \quad \text{Donde:}$$

T1: es el lapso entre las dos primeras averías

T2: el tiempo transcurrido entre la segunda y las tercera averías, etc.

n : es la cantidad de fallas en el periodo T evaluado.

### 2.2.9.3. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

Para (García, 2012) es la medida de la distribución de tiempos de reparación del equipo o del sistema. Mide la efectividad en restituir la unidad a las condiciones óptimas de operación una vez que a unidad se encuentra fuera de servicio por falla y se calcula empleando la siguiente fórmula.

$$MTTR = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}$$

Donde:

t: es la demora en la intervención de la primera avería

### 2.2.10. Área de diagnóstico por imágenes de un hospital.

El Servicio de Diagnóstico por Imágenes, consiste en generar e interpretar imágenes diagnósticas mediante agentes diversos como son los rayos X (Radiología convencional, TAC, Mamografía), los ultrasonidos (Ecografía), los campos magnéticos (Resonancia Magnética), entre otros, y utilizar estas imágenes para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de diferentes enfermedades que se presentan en los pacientes que acuden con frecuencia a este centro hospitalario.

### 2.2.11. Diferenciación del Equipamiento hospitalario teniendo tres niveles de Riesgo.

**Alto:** equipos de soporte a la vida, resucitación y aquellos en que un fallo puede causar serios daños a pacientes u operadores.

**Medio:** una anomalía puede tener un significativo impacto sobre el cuidado del paciente, pero no provoca de manera inmediata daños severos.

**Bajo:** cualquier anomalía no causa serias consecuencias.

Según ECRI (Emergency Care Research Institute) agrupa a los equipos médicos en estos tres niveles de riesgo, como se puede ver:

### 2.2.11.1. Equipos biomédicos de alto riesgo según el instituto ECRI.

Tabla n° 1. Equipos de alto riesgo, según la ECRI

ORDEN	NOMBRE DEL EQUIPO	RIESGO
1	Unidades de Anestesia y Vaporizadores	Alto
2	Ventiladores de Anestesia	Alto
3	Monitores de Apnea (neonatales)	Alto
4	Unidades de Autotransfusión	Alto
5	Desfibriladores	Alto
6	equipo de diagnóstico radiológico	Alto
7	Equipo de Electrocirugía	Alto
8	Monitores Fetales	Alto
9	Unidades de Bypass (corazón Pulmón)	Alto
10	Equipos de hemodiálisis	Alto
11	Humificadores	Alto
12	Unidades de hipo/hipertermia	Alto
13	Incubadoras	Alto
14	bombas controladoras de Infusión	Alto
15	Láseres	Alto
16	Oxímetros	Alto
17	Analizadores y monitores de oxígeno	Alto
18	Marcapasos	Alto
19	Unidades de Diálisis peritoneal	Alto
20	Calentadores	Alto
21	Inyectores radiográficos	Alto
22	Resucitadores Cardiacos	Alto
23	Esterilizadores	Alto
24	Reguladores de succión Traqueal	Alto
25	Resucitadores Pulmonares	Alto
26	Esterilizadores	Alto
27	Aspiradores (Emergencia)	Alto
28	Torniquetes neumáticos	Alto
29	Monitores transmútanos (invasivos)	Alto
30	Unidades medidoras de Presión sanguínea invasivas	Alto
31	Ventiladores.	Alto

Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica SOCBIO. Ciudad de La Habana, Cuba. 2007, p.69.

Elaboración Propia

### 2.2.11.2. Equipos de Riesgo medio según el Instituto ECRI.

En el siguiente cuadro podemos observar agrupados los equipos biomédicos que pertenecen al tipo de riesgo “*medio*” de acuerdo a ECRI que los clasifica de esta manera:

Tabla n° 2: *Equipos biomédicos de riesgo medio, según ECRI*

<b>ORDEN</b>	<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>	<b>RIESGO</b>
1	Electrocardiógrafos	<b>Medio</b>
2	Reguladores (aire, oxígeno, succión(excepto los de tráquea))	<b>Medio</b>
3	Analizadores de PH/gas en sangre	<b>Medio</b>
4	Refrigeradores de sangre	<b>Medio</b>
5	Calentadores de Sangre	<b>Medio</b>
6	Equipos de Medición de Presión Sanguínea (no invasivos)	<b>Medio</b>
7	Centrífugas	<b>Medio</b>
8	Equipamiento de Laboratorio Químico	<b>Medio</b>
9	Electroencefalógrafos	<b>Medio</b>
10	Electro miógrafos	<b>Medio</b>
11	Fono cardiógrafos	<b>Medio</b>
12	Unidades de Fototerapia	<b>Medio</b>
13	Endoscopios	<b>Medio</b>
14	Transductores de Presión	<b>Medio</b>
15	Analizadores de funciones cardiacas	<b>Medio</b>
16	Analizadores de Funciones Pulmonares	<b>Medio</b>
17	Sistema de Ultrasonido diagnóstico	<b>Medio</b>
18	Balanzas	<b>Medio</b>
19	Evacuadores de Humo	<b>Medio</b>

Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. “Ingeniería Clínica” SOCBIO. Ciudad de La Habana, Cuba. 2007.

Elaboración Propia.

### 2.2.11.3. Equipos biomédicos de riesgo bajo según ECRI.

Tabla n° 3: *Equipos de bajo riesgo, según ECRI*

ORDEN	NOMBRE DEL EQUIPO	RIESGO
1	Aspiradores (bajo volumen)	Bajo
2	Cortadores	Bajo
3	Balanzas electrónicas (para propósitos generales)	Bajo
4	Termómetros Electrónicos	Bajo
5	Sistemas de Potencia aislados	Bajo
6	Oftalmoscopios	Bajo
7	Equipos de Ultrasonido Terapéutico	Bajo
8	Reguladores (succión de bajo volumen)	Bajo
9	Estimuladores (alto y bajo volumen)	Bajo
10	Microscopios Quirúrgicos	Bajo
11	Luces Quirúrgicas	Bajo
12	Mesas Quirúrgicas	Bajo
13	Monitores de Temperatura	Bajo
14	Nebulizadores	Bajo

Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. "Ingeniería Clínica" SOCBIO. Ciudad de La Habana, Cuba. 2007.

Elaboración Propia

### 2.2.12. Clasificación de los equipos Biomédicos en un Hospital.

#### 2.2.12.1. Clasificación de los equipos biomédicos.

La International Electrotechnical Commission (IEC) ha adoptado y establecido los estándares sobre la seguridad para equipos electromédicos. La norma IEC 60601-1; Medical electrical equipment Part 1: General requirements for basic safety and essential performance, establece grupos en dependencia de la protección utilizada y del nivel de protección.

Estos se explican a continuación:

- Según el tipo de protección contra descargas eléctricas.



**Clase I:** Son aquellos equipos en los cuales la protección no solo recae en el aislamiento básico sino que también disponen de una conexión de las partes conductoras accesibles al conductor de tierra de forma permanente.

**Clase II:** Son aquellos equipos disponen de un doble aislamiento o se refuerza el aislamiento, sin necesidad de una puesta a tierra o un tercer conductor. Equipo alimentado internamente: Son aquellos equipos que son alimentados a través de pilas o baterías recargables.

- Según el grado de protección contra descargas eléctricas.

**Equipos B:** Son aquellos equipos médicos que no tienen una parte directamente aplicada al paciente, permitiéndose valores del orden de 0,1 mA de corrientes de fuga en condiciones normales de explotación y de hasta 0,5 mA en la condición de simple falla. Se emplean en aplicaciones con contacto externo o interno que no incluya al corazón.

**Equipos BF:** Son aquellos con parte aplicada al paciente, flotante eléctricamente, que permiten tener niveles de corrientes idénticos a los del tipo B.

**Equipos CF:** Son aquellos equipos de clase I o II con alimentación interna que permiten un alto grado de protección, en relación con corrientes de fugas y entrada flotante, que pueden establecer un camino directo al corazón. Se permiten corrientes de fuga hasta 0,01 mA en condición normal de trabajo y 0,05 mA en condiciones de falla simple para pacientes y hasta 0,5 mA para corriente de pérdida de lazo cerrado.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Componente electromecánico:** Ingenio esencial al funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física que, conjugado a otro(s), crea(n) el potencial de realizar un trabajo. (Esquivel, 2014).

**Disponibilidad:** Es el porcentaje de tiempo en el cual el equipo está disponible para ser utilizado o para producir (García, 2012).

**Dispositivo médico:** Producto, instrumento, aparato o máquina que se usa para la prevención, el diagnóstico o el tratamiento de enfermedades y dolencias (Ley 29459, 2012)

**Elemento obsoleto:** componentes pertenecientes a equipos fuera de servicio o elementos sustituidos por otros más modernos. (Dounce, 2013).

**Equipo biomédico.** Son aparatos tales como aparatos, accesorios e instrumental para uso específico destinados a la atención médica, quirúrgica o de procedimientos de exploración, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes, así como aquellos destinados para efectuar actividades de investigación biomédica (Ley 29459, 2012).

**Inventario técnico.** Es el procedimiento mediante el cual se registran de forma física las características y las especificaciones técnica de los equipos tanto del hardware como de software (Gallara & Pontelli, 2005).

**Mantenibilidad:** probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo, utilizando procedimientos predeterminados (García, 2012).

**Tiempo de paro:** existe por motivos no planeados es decir; cuando el recurso deja de funcionar dentro de los límites determinados, lo que ocasiona pérdidas por desperdicio, deterioro excesivo de recurso, reproceso de producto e imposibilidad de uso. (Dounce, 2013).

**TIR:** Tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio anual (o periódica, dependiendo de la prioridad de los flujos) que genera el capital que permanece invertido en el proyecto, en caso se trate de una inversión (Arroyo & Vásquez, 2016)

**Vida útil:** es el tiempo considerado desde la instalación del recurso hasta que se retira de la empresa por cualquier concepto. El tiempo de vida útil lo estipula el fabricante. (Dounce, 2013).

**VAN:** Se trata del valor actual de los beneficios netos que genera el proyecto, hallados utilizando el COK, menos la inversión realizada en un periodo cero. (Arroyo & Vásquez, 2016)

## 2.4. Hipótesis

La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos en el departamento de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca, mejorará significativamente la disponibilidad de estos.

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGIA.**

### **3.1. Operacionalización de variables.**

**Variable Independiente:**

Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo.

**Variable Dependiente:**

Disponibilidad de los equipos.

Tabla n° 4. Operacionalización de Variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
<b>Independiente:</b>			
Sistema de gestión de mantenimiento preventivo.	Según (García, 2012) se define como un Conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.	<b>Recursos humanos</b>	% de personal capacitado en MP % capacitado en el uso de EPP
		<b>Inventario técnico de equipos biomédicos</b>	% de cumplimiento
		<b>Órdenes de trabajo</b>	% órdenes atendidas % de órdenes no atendidas
		<b>Guías de Internamiento</b>	% de implementación
		<b>Cronograma anual de mantenimiento</b>	% de cumplimiento del cronograma % de no cumplimiento cronograma
		<b>Cuadrillas de mantenimiento</b>	% de cumplimiento.
		<b>Materiales para mantenimiento</b>	% implementación
		<b>Formatos de control</b>	% de Cumplimiento
		<b>Equipos biomédicos</b>	% de Equipos Biomédicos Obsoletos % de Equipos Operativos
		<b>Dependiente:</b>	
Disponibilidad de los Equipos Biomédicos	Para (Boero, 2006) la disponibilidad indica un saldo del tiempo total menos las horas en que no produce, es decir las horas que se podrían utilizar efectivamente si el equipo estaría en funcionamiento.	<b>Disponibilidad</b>	% de disponibilidad de equipos en promedio
		<b>Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)</b>	horas promedio
		<b>Tiempo Medio de reparación (5MTTR)</b>	horas promedio

Fuente: Elaboración propia

## **3.2. Diseño de investigación**

### **3.2.1. Pre experimental.**

Permite establecer relación entre las variables de causa – efecto. El cual nos permitirá contrarrestar el escenario de situación actual con el que resulte una vez puesto en marcha el plan de mejora.

### **3.2.2. Transversal**

La recolección de datos se hará mediante un determinado periodo de tiempo, los detalles se expondrá de forma descriptiva.

## **3.3. Unidad de estudio**

El Hospital Regional de Cajamarca - octubre 2016 a setiembre 2017.

## **3.4. Población**

La muestra está representada por todos los equipos biomédicos de las diferentes áreas del Hospital Regional de Cajamarca, octubre 2016 a setiembre 2017.

## **3.5. Muestra**

La muestra está representada por los equipos biomédicos del área de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca, octubre 2016 a setiembre 2017.

### 3.6. Técnicas, procedimientos e instrumentos para recolectar datos

Para la recolección de datos contamos con varias Técnicas e Instrumentos para la recolección de información

Tabla n° 5. *Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos*

MÉTODO	FUENTE	TÉCNICA
<b>Cualitativo</b>	Primaria	Entrevista
<b>Cuantitativa</b>	Primaria	Check list
<b>Cuantitativa</b>	Primaria	Matriz AMFE

Fuente: Elaboración Propia

A continuación detallamos las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se aplicarán durante la presente investigación.

Tabla n° 6. Detalle de Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	ALCANCE
<b>Entrevista</b>	Verifica el estado de los procesos actuales dentro del área de estudio.	Guía de Entrevista Lapiceros Cámara	Ingeniero supervisor
<b>Check list</b>	Verifica el estado de cada uno de los indicadores del sistema.	Guías de Observación	Todo el personal del área en estudio.
<b>Matriz AMFE</b>	Permite identificar los probables problemas del sistema de mantenimiento del área de Diagnóstico por Imágenes.	Ponderaciones	Todo el sistema de mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.1. Entrevista.

#### a. Objetivo:

Identificar las causas raíz del problema de la disponibilidad de los equipos así mismo representar la relación entre el efecto o el resultado de un fenómeno y las posibles causas atribuidas a la acción de los distintos factores concurrentes al efecto.

#### b. Procedimiento:

##### - Preparación de la ficha de apuntes.

Se ha determinado entrevistar a las personas encargadas del área en estudio así como al encargado del departamento de Gestión tecnológica hospitalaria.

##### - Jefe del Departamento de Diagnóstico por Imágenes: Encargado de dirigir y gestionar todas las actividades que se dan dentro de su área.

##### - Jefe del Departamento de Gestión de Tecnología hospitalaria: Es el responsable de cumplir y hacer cumplir las tareas asignadas que permiten mantener en funcionamiento sus equipos biomédicos.

#### c. Instrumentos

Ficha de apuntes

Lapiceros

### 3.6.2. Guía de observación-Check list

#### a. Objetivos:



- Obtener información sobre la situación actual del departamento de Diagnóstico por imágenes por Imágenes para identificar los problemas presentes.
- Seleccionar los los indicadores de intervención inmediata para poder plantear las propuestas de mejora más importantes, con la finalidad de escoger y ejecutar las más influyentes en la optimización de esta área.

**b. Procedimiento:**

Para el proceso de esta herramienta se propone la participación del personal que labora dentro del área indicada; así como de los involucrados en las actividades de mantenimiento.

**c. Preparación del Check list**

Duración: De 45 minutos a una hora

Lugar: Departamento de Diagnóstico por Imágenes por Imágenes del Hospital.

**d. Secuela del Check list**

Plasmar los resultados que sirva para el diagnóstico de la situación actual del área en estudio de esta investigación.

Guardar cada uno de los resultados como evidencia del trabajo de investigación.

**e. Instrumentos:**

- Papel.
- Lapiceros.
- Cámara fotográfica.

**3.6.3. Matriz AMFE.**

**a. Objetivo:**

Identificar lo probables problemas de un sistema, determinar sus posibles causas y evaluar el impacto que estos tendrán si llegaran a ocurrir.

**b. Procedimiento:**

El desarrollo del AMFE se basa en la valoración del riesgo de un ítem dado a través del producto de tres factores: la probabilidad de que la falla se manifieste, la gravedad de las consecuencias que produce si aparece y la capacidad de que sea detectada a tiempo. Al valor obtenido se le denomina Prioridad de Riesgo.

$$IPR = P * G * D$$

**c. Instrumentos:**

Más que instrumentos se necesitan los datos estadísticos para poder establecer una ponderación adecuada en la evaluación de todo el sistema.

### **3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos para procesar datos**

#### **Análisis de la Información**

Se reúnen un historial en los cuales están registrados las fallas técnicas, paradas inesperadas, clasificadas de la siguiente manera:

Recopilación de paradas de los equipos en las diferentes áreas desde el 01 de agosto hasta el 31 de diciembre del 2016.

- Se recogieron reportes de fallas más frecuentes que se dan de acuerdo al registro de mantenimiento correctivo en los equipos biomédicos.
- Se agruparon datos de mantenimiento durante el proceso de investigación, para lo cual se utilizó el programa Excel.

#### **Secuela de la recolección de los documentos.**

En función al reporte de paradas de los equipos biomédicos, se elaboró indicadores de mantenimiento desde el 01 de agosto hasta el 31 de diciembre de 2016.

Se elaboró documentos con información de las actividades que involucran al proceso de mantenimiento para diagnosticar los problemas y tener una idea más clara en caso de sugerir las posibles soluciones.

Los resultados obtenidos en la aplicación del check list los mostramos mediante gráfico de:

- Diagramas
- Formatos
- Programas:
- Office 2013: Microsoft Word, Microsoft Excel.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Diagnóstico del Área de estudio

#### 4.1.1. Diagrama de Ishikawa del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.

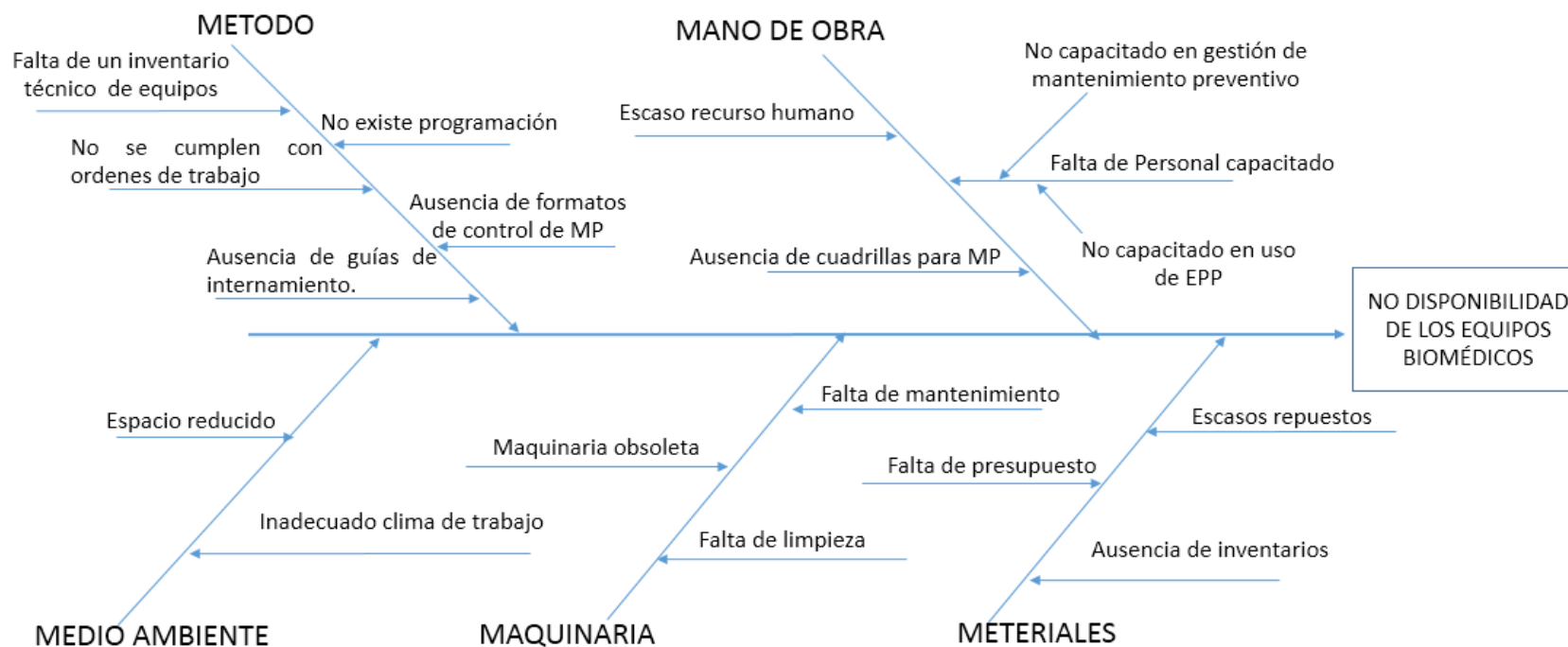


Figura n° 1. Diagrama General de Ishikawa en los equipos biomédicos del área de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.

Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra las causas raíz que ocasionan las no disponibilidad de los equipos biomédicos en esta área de estudio; Las causas con respecto a **mano de obra** (personal no capacitado en gestión de mantenimiento preventivo y en uso de EPP, escaso personal para mantenimiento, ausencia de cuadrillas de mantenimiento), **materiales** (no existe inventarios, escasos recursos), **medio ambiente** (el espacio reducido donde realizan estas actividades, no existe un buen clima laboral), **Método** (no existe cronogramas de actividades de mantenimiento, inventario técnico de equipos, órdenes de trabajo, guías de internamiento, formatos de control de MP, etc. **Maquinaria** (equipos inoperativos, ausencia de manuales de fabricación, ausencia de inventarios, equipos almacenados sin recibir un proceso de mantenimiento) todos estos indicadores llevó a identificar el problema que es la no disponibilidad de equipos biomédicos en esta área.

En la figura n° 01 que mostramos en la parte superior, se indica las causas del problema en el área de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca. Las causas con respecto a mano de obra (personal no capacitado en gestión de mantenimiento preventivo y uso de EPP), maquinaria (equipos en mal estado, falta de equipos básicos, equipos biomédicos deteriorados), método (ausencia de un proceso definido, actividades no programadas), Materiales (ausencia de formatos y herramientas básicas para cumplir actividades de mantenimiento y reparación de equipos biomédicos) nos llevó a identificar el problema de la falta de disponibilidad de equipos biomédicos para satisfacer las necesidades de los usuarios.

#### 4.1.2. Check List.

Tabla n° 7. Check List para evaluar el área de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.

VARIABLES	INDICADORES	Primer. Check List		Segundo. Check List		% Mejora
		Puntuación/Nivel	Porcentaje	Puntuación/Nivel	Porcentaje	
SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	<b>EVALUCION DEL PERSONAL</b>					
	¿El personal que labora en el área está capacitado en mantenimiento preventivo de equipos biomédicos?	2	33%			
	¿El personal que labora en el área está capacitado en uso de Equipos de Protección Personal?	2	33%			
	Existe buena comunicación con el personal	4	67%			
	<b>EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>					
	¿Existe un inventario técnico implementado de todos los equipos biomédicos?	1	17%			
	¿Las órdenes de trabajo son atendidas?	2	33%			
	¿Hay existencia de guías de internamiento?	1	17%			
	¿Existen cuadrillas de mantenimiento establecidas?	2	33%			
	¿Existen programas de mantenimiento?	2	33%			
	¿Se cumplen los programas de mantenimiento?	1	17%			
	Formatos de control	2	33%			
	¿Existe un control de procesos adecuado?	2	33%			
	<b>EVALUACION DE LA SELECCIÓN DE LO NECESARIO / INNECESARIO</b>					
	¿Existen herramientas, repuestos, y otros materiales en stock?	2	33%			
	¿Se encuentran correctamente identificados los equipos Biomédicos?	5	83%			
<b>EVALUACION DEL ORDENAMIENTO :</b>						

	¿Están almacenados los materiales y repuestos, cada uno en su lugar reservado?	5	83%
	¿Se encuentran libres de obstáculos, las áreas de circulación y reparación de averías?	5	83%
	¿Se encuentran señalizadas la ubicación de las herramientas?	5	83%
<b>EVALUACION DE LA ESTANDARIZACION:</b>			
	¿Están bien pintados los equipos, las líneas que demarcan las figuras, rotulados, etc.?	4	67%
	¿Existe un manual estandarizado de procedimientos e instructivos de trabajo para realizar las tareas de ordenamiento y limpieza?	3	50%
<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS BIOMÉDICOS</b>	<b>EVALUACIÓN DE EQUIPOS BIOMÉDICOS</b>		
	¿Todos los equipos del área están operativos?	4	67%
	¿Existen equipos obsoletos?	2	33%
	Disponibilidad de equipos biomédicos	4	63%
<b>RESULTADO DE LA EVALUACION: PUNTAJE</b>		<b>60</b>	
Fecha de la evaluación: 16 de octubre del 2016		<b>60 PUNTOS DE 126</b>	
Fecha de la próxima evaluación: 16 de setiembre del 2017			

Fuente: Elaboración Propia

La puntuación obtenida en la primera evaluación fue de 60 puntos de 126 que demostraría la deficiencia del sistema de gestión de mantenimiento, en todas las preguntas del check list se obtuvo 1, 2, 3, 4 y 5 de puntuación. Lo que indica la baja efectividad del área de mantenimiento en la realización de las actividades diarias.

Tabla n° 8. *Leyenda: Valores asignados a la evaluación realizada en esta área de estudio.*

LEYENDA CHECK LIST	
<u>1</u> = NO IMPLEMENTADO	<u>4</u> = IMPLEMENTACIÓN DESARROLLADA
<u>2</u> = IMPLEMENTACIÓN BAJA	<u>5</u> = IMPLEMENTACIÓN AVANZADA
<u>3</u> = IMPLEMENTACIÓN PARCIAL	<u>6</u> = IMPLEMENTACIÓN TOTAL

Fuente: Elaboración Propia

### 4.1.3. Matriz AMFE de riesgo de impacto para evaluar las dimensiones del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo.

Tabla n° 9. Matriz AMFE para identificar causas posibles y el efecto en el sistema de mantenimiento.

MATRIZ AMFE DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO									
ITEM	FUNCION	ANÁLISIS			CONTROL				
		MODO DE FALLA POTENCIAL	CAUSA POSIBLE	P	EFEECTO POTENCIAL	G	CONTROLES	D	IPR
PERSONAL	Encargados de Realizar los trabajos de mantenimiento preventivo.	Personal no eficiente.	Desconocimiento del sistema de MP	4	Mal funcionamiento del sistema de MP	4	Capacitación en MP	2	32
			Desconocimiento en el uso de EPP	4	Accidentes	4	Capacitación en EPP	2	32
			Poca comunicación entre el personal	2	Mal clima laboral	2	Mejorar comunicación	2	8
EQUIPOS	Producto, instrumento, aparato o máquina que se usa para la prevención, el diagnóstico o el tratamiento de enfermedades y dolencias.	No cumplen las funciones para los que fueron diseñados	Escases de equipos	2	Escases de atención en algunas especialidades de salud	2	Mejorar la gestión de requerimientos de equipos	3	12
			Falta de disponibilidad de equipos	4	Insatisfacción de los clientes	4	Realizar una mejor gestión de MP	3	48
GESTION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Según (García, 2012) se define como un Conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten continua con el funcionamiento de los equipos	No se cumple con las actividades y herramientas de mantenimiento preventivo	No existe un inventario técnico	4	Desconocimiento de aspecto técnico de los equipos	4	Realizar un inventario técnico.	3	48
			No se cumple con órdenes de trabajo	4	Mala ejecución de los trabajos programados	4	crear y cumplir órdenes de trabajo	2	32
			No éxito guías de internamiento.	4	Desconocimiento al detalle del trabajo a realizar	4	Implementar guías de internamiento	3	48
			No se cumple un cronograma anual de MP	4	No tener conocimiento cuando hacer el MP, de un determinado equipo	4	Establecer un cronograma de mantenimiento	2	32
			No existen cuadrillas de mantenimiento	4	No tener personal técnico para ejecutar las tareas de MP	4	Gestionar cuadrillas de MP	2	32
			No hay materiales en stock	4	No llevar a cabo las tareas de MP	4	Gestionar un stock de materiales para MP	3	48
No se cumple con formatos de control	4	No controlar la ejecución del mantenimiento preventivo	4	Implementar con formatos de control de MP	2	32			

Fuete: Elaboración propia



Tabla n° 10. Ponderaciones para la matriz AMFE.

PONDERACIÓN DE LA MATRIZ AMFE	
GRAVEDAD (G)	
NIVEL	G
MUY CRITICO	4
CRITICO	3
IMPORTANTE	2
SECUNDARIO	1
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P)	
NIVEL	P
MUY ALTA	5
ALTA	4
MODERADA	3
BAJA	2
MUY BAJA	1
CAPACIDAD DE DETECCIÓN	
NIVEL	D
REMOTA	5
ESCASA	4
PROBABLE	3
MODERADA	2
SEGURA	1

Fuente: Elaboración propia.

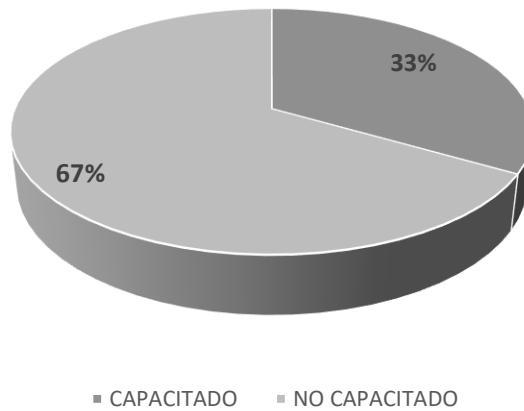
En la tabla n° 9 se determina las puntuaciones para las distintas causas para la disponibilidad de los equipos en el departamento de Diagnóstico por Imágenes, para lo cual se establecen ponderaciones como se indica en la tabla n° 10 dependiendo el nivel de cada factor: probabilidad P, gravedad G, y capacidad de detección D, lo que permite calcular el valor del índice de probabilidad de riesgo IRP.

Del diagrama Ishikawa en la figura n° 1, check list en la tabla n° 7 y matriz AMFE en la tabla n° 10 se observa que las causas más importantes dentro del área de mantenimiento son:

**a. Personal el área de Gestión Tecnológica Hospitalaria.**

En una entrevista realizada al Ing. Carlos Solórzano Sánchez, Jefe del área de Gestión Tecnológica Hospitalaria área encargada de brindar el servicio de mantenimiento, Indica que el personal que labora bajo su tutela no tiene capacitación en ejecución de mantenimiento preventivo y también detalla que el personal no cuenta con especialización específica en equipos de Diagnóstico por Imágenes. Tal como se indica en la figura n° 2 y en relación al check list en la tabla n° 7 realizado para la evaluación del sistema de mantenimiento.

### PERSONAL DEL ÁREA DE GESTIÓN TECNOLOGÍA HOSPITALARIA

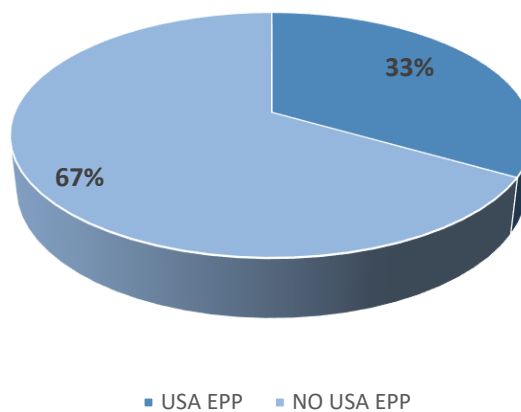


*Figura n° 2.* Nivel de capacitación del personal en el área de Tecnología Hospitalaria.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado también se puede evidenciar que en dicha área no se usan correctamente los equipos de protección personal EPP tal como muestra la figura n° 3.

### USO DE EPP EN EL AREA DE TECNOLÓGICA HOSPITALARIA



*Figura n° 3.* Nivel de uso de EPP en el área de Tecnología Biomédica.

Fuente: elaboración propia.

**b. Inventario técnico de los equipos biomédicos.**

En el área de gestión tecnológica hospitalaria se pudo determinar que no se cumple con un sistema de inventario técnico de equipos biomédicos. Teniendo como resultado según en el check list un 33% de implementación y según la matriz AMFE indica una puntuación IPR= 48.

**c. Órdenes de Trabajo.**

Se determinó que el sistema de mantenimiento cuenta con una orden de trabajo establecida; sin embargo el personal técnico por desconocimiento del mismo no lo ejecuta adecuadamente presentando un nivel de utilización del 33 %, según el análisis realizado en el check list en la tabla n° 7 y según la matriz AMFE se tiene un puntaje de 32. Lo que indica un bajo nivel de utilización de órdenes de trabajo y por consecuencia demuestra una mala gestión del sistema de mantenimiento para el departamento de Diagnóstico por Imágenes.

**d. Guías de internamiento.**

Es otra herramienta que no se cumple a cabalidad en el área de mantenimiento ya que no se registra con un documento adecuado cuando el equipo biomédico es llevado al taller para su respectiva intervención. Según el análisis del check list el porcentaje de cumplimiento fue 33% y según la matriz AMFE se obtuvo una puntuación 32 puntos, lo que indica el alto nivel de criticidad para este indicador.

**e. Equipos Biomédicos.**

Debido a la baja gestión de mantenimiento en el área de Gestión de Tecnología Hospitalaria; existen por consecuencia un número considerable de equipos obsoletos los cuales por falta de mantenimiento correspondiente llegaron a un nivel muy bajo de funcionamiento y por consecuencia están varados sin tener solución alguna. Lo que corresponde al 33% de todos los equipos según el check list aplicado en la tabla n° 7.

**f. Programas de Mantenimiento.**

El sistema de mantenimiento en el área de Gestión tecnológica Hospitalaria, no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo para el área departamento de Diagnóstico por Imágenes esto debido a que los trabajos se realizan son solamente de mantenimiento correctivo lo que corresponde al 17 % de cumplimiento al sistema de mantenimiento preventivo según el check list en la tabla n° 7.

#### **g. Cuadrillas de mantenimiento.**

Debido a que las actividades de mantenimiento que se realizan en el hospital son de mantenimiento correctivo, más no de mantenimiento preventivo, no está implementado un programa de cuadrillas para ejecutar el mantenimiento propiamente dicho.

Realizando el análisis respectivo de este indicador según el check list deja un resultado de 33% y según la matriz AMFE indica una puntuación IPR=32.

#### **h. Control de procesos.**

El área de Gestión Tecnológica Hospitalaria no tiene un control de procesos adecuado ya que los trabajos se llevan a cabo al azar dependiendo la presencia de fallas en los equipos respectivos del área. Presentando un 33 % de cumplimiento según el análisis realizado en el check list presente en la tabla n° 7. Esto significa que los trabajos se realizan sin ningún control, siendo un problema para la eficacia en la ejecución del sistema de mantenimiento preventivo.

### **4.1.4. Determinación de la disponibilidad de los equipos Biomédicos.**

Para la determinación de este indicador se calcula el tiempo programado de cada equipo, considerando que estos están programados para operar las 24 horas del día y todos los días del mes, determinando una cantidad de 720 horas programadas por mes.

Por otro lado se determina las horas operativas reales de cada uno de los equipos tomando en consideración la cantidad de horas inoperativas por fallas ocurridas en, el número de pacientes promedio en cada equipo y el tiempo que demora un paciente en promedio en el procedimiento de análisis de su estado de salud; lo que finalmente permite determinar el número de horas inoperativas de cada uno de los equipos. Además se cuenta con los datos de la cantidad de mantenimientos correctivos promedio en el mes y las horas que se tarda en realizar el mismo.

Por ejemplo, para el caso de aplicación en el equipo de rayos x, se tuvo en cuenta que el número de radiografías por mes es de 450 y el tiempo de duración de cada radiografía es de aproximadamente 10 minutos. Por lo tanto para el cálculo del tiempo real de operación a nivel mensual se recurrió a la siguiente ecuación:

$$TPMensual = (N^{\circ} \text{ Radiografías}) * (\text{Tiempo de duración en radiografía})$$

$$TPMensual = (450) * (10) = 4500 \text{ minutos}$$

Posteriormente, para calcular este resultado en horas, se hizo la siguiente operación:

$$\text{Tiempo en horas} = 4500 \text{ min} * \left( \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \right) = 75 \text{ horas}$$

Finalmente los datos obtenidos anteriormente son de utilidad para calcular el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), cada uno con su respectiva fórmula, lo que permite calcular la disponibilidad de los de los equipos unidad de análisis.

$$MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Numero de averías}}$$

$$MTTR = \frac{T1 + T2 \dots Tn}{\text{Numero de averías}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{T \text{ Operación} - T \text{ Reparación}}{T \text{ Operación}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Tabla n° 11. *Calculo de los indicadores de disponibilidad de los equipos biomédicos de área de Diagnóstico por imágenes.*

ITEM	NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD	HORAS PROGRAMADAS	HORAS OPERATIVAS	HORAS INOPERATIVAS	HORAS REPARACION	FRECUECIA DE CORRECTIVOS /MES	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	TERMOMETRO INFRARROJO	1	720	30	690	0.5	0.25	120	2	98%
2	LARINGOSCOPIO	3	720	225	495	12	0.25	900	48	95%
3	EQUIPO DE ANESTESIA	1	720	312.5	407.5	16	0.25	1250	64	95%
4	RESTOSCOPIO	1	720	187.5	532.5	16	0.25	750	64	92%
5	EQUIPO DE RADIODIAGNOSTICO	4	720	187.5	532.5	16	0.25	750	64	92%
6	FANTOMA DE CALIBRACION	1	720	180	540	16	0.25	720	64	92%
7	ESTUCHE DE ADAPTADOR DE BIOPSIA	6	720	150	570	15	0.25	600	60	91%
8	EQUIPO ECOGRAFO ULTRASONIDO	1	720	150	570	16	0.25	600	64	90%
9	EQUIPO DE BIOPCIA PARA MAMAS	1	720	135	585	16	0.25	540	64	89%
10	MESA PARA EXAMENES DE CURACIONES	1	720	125	595	15	0.25	500	60	89%
11	NEGATOSCOPIO	6	720	120	600	16	0.25	480	64	88%
12	ADAPTADORES DE ECOGRAFO	7	720	120	600	16	0.25	480	64	88%
13	IMPRESORA LASER DE PELICULA RADIOGRAFICA	1	720	112.5	607.5	16	0.25	450	64	88%
14	PROCESADOR REVELADOR DE PLACAS PARA RAYOS X	1	720	100	620	16	0.25	400	64	86%
15	TERMOMETRO HIGROMETRO	1	720	75	645	15	0.25	300	60	83%
16	TENSIOMETRO	1	720	75	645	16	0.25	300	64	82%
17	ASPIRADOR DE SECRECIONES	1	720	75	645	16	0.25	300	64	82%
18	VIDEO IMPRESORA DE ECOGRAFO	1	720	75	645	16	0.25	300	64	82%
19	SECADOR DE PLACAS RADIGRAFICAS	1	720	62.5	657.5	15	0.25	250	60	81%
20	DENSIOMETRO OSEO	1	720	80	640	30	0.17	480	180	73%
21	ECOGRAFO ULTRASONIDO	1	720	62.5	657.5	25	0.17	375	150	71%
22	EQUIPO DE RAYOS X	1	720	75	645	60	0.17	450	360	56%
23	TOMOGRAFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL	1	720	50	670	40	0.17	300	240	56%
24	MAMOGRAFO	1	720	62.5	657.5	40	0.17	375	240	61%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 11 se representa el resumen del cálculo de los principales indicadores de mantenimiento realizado a todos los equipos biomédicos pertenecientes al área de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca, con la finalidad de determinar la disponibilidad y poder establecer la unidad de estudio que son los equipos más críticos con relación a la menor disponibilidad; tal es el caso de los equipos identificados que son los siguientes:

- Densiómetro óseo (73 %)
- Ecógrafo ultrasonido (71 %)
- Equipo de rayos x (56 %)
- Tomógrafo computarizado helicoidal (56 %)
- Mamógrafo (61 %)

Así también se puede identificar que los resultados de los indicadores de MTTR y MTTF son los que se muestran en la tabla n° 12.

Tabla n° 12: *resultados de los indicadores en MTTF y MTTR.*

EQUIPOS	MTTF (h)	MTTR (h)
DENSIOMETRO OSEO	480	180
ECOGRAFO ULTRASONIDO	375	150
EQUIPO DE RAYOS X	450	360
TOMOGRAFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL	300	240
MAMOGRAFO	375	240
<b>PROMEDIO</b>	<b>396</b>	<b>234</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Resultados del Diagnóstico

Tabla n° 13. Resultados de las Operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
<b>Independiente:</b>			
<b>Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo.</b>	Según (García, 2012) se define como un Conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.	<b>Recursos humanos</b>	33 % de personal capacitado en MP 33 % capacitado en el uso de EPP
		<b>Inventario técnico de equipos biomédicos</b>	17 % de cumplimiento
		<b>Ordenes de trabajo</b>	33% ordenes atendidas 67% de ordenes no atendidas
		<b>Guías de Internamiento</b>	17 % de implementación
		<b>Cronograma anual de mantenimiento</b>	17 % de cumplimiento del cronograma 83 % de no cumplimiento cronograma
		<b>Cuadrillas de mantenimiento</b>	33 % de cumplimiento.
		<b>Materiales para mantenimiento</b>	33 % implementación
		<b>Formatos de control</b>	33 % de Cumplimiento
		<b>Equipos biomédicos</b>	33 % de Equipos Biomédicos Obsoletos 67 % de Equipos Operativos
		<b>Dependiente:</b>	
<b>Disponibilidad de los Equipos Biomédicos</b>	Para (Boero, 2006) la disponibilidad indica un saldo del tiempo total menos las horas en que no produce, es decir las horas que se podrían utilizar efectivamente si el equipo estaría en funcionamiento.	<b>Disponibilidad</b>	63 % de disponibilidad de equipos en promedio
		<b>Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)</b>	396 horas en promedio
		<b>Tiempo Medio de reparación (MTTR)</b>	234 horas en promedio

Fuente: Elaboración Propia.



#### 4.3. Diseño de la Propuesta de implementación de un sistema de Gestión de mantenimiento.

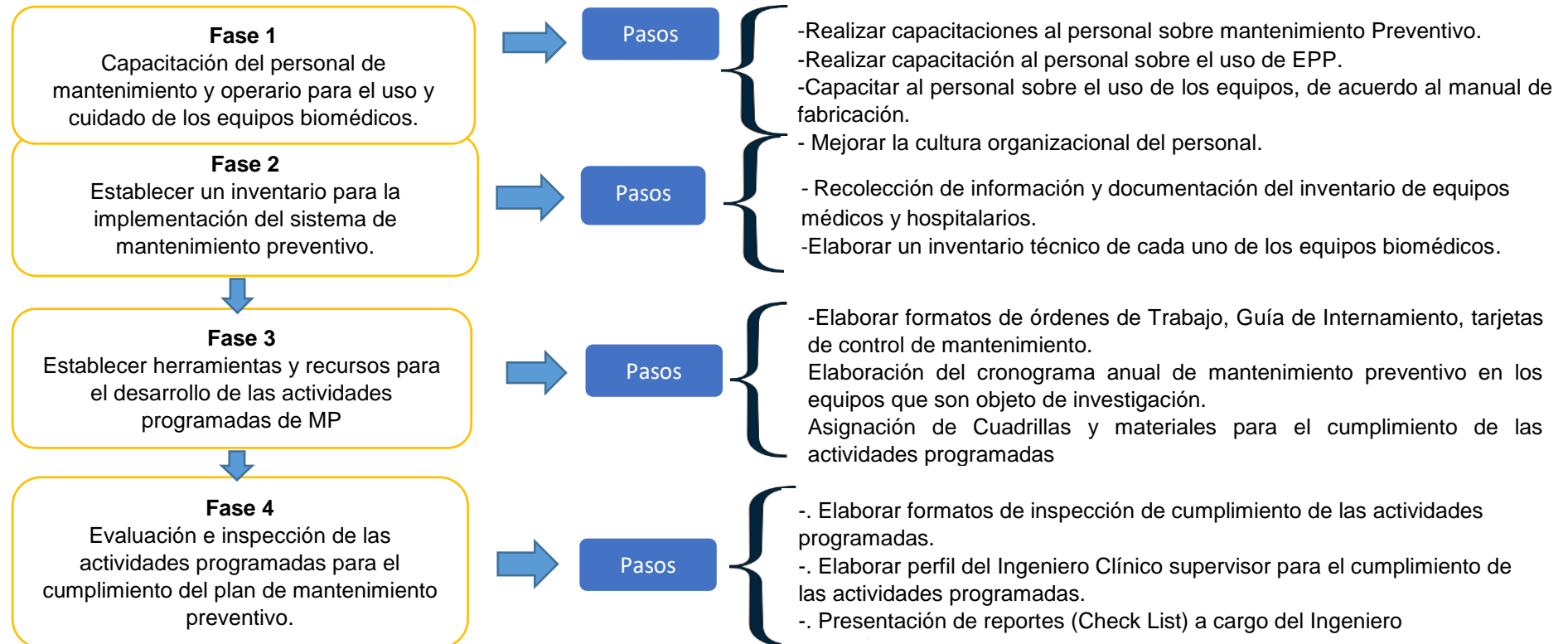


Figura n° 4. Diseño de la propuesta de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.1. FASE 1: Capacitación del personal de mantenimiento y operario.**

##### **4.3.1.1. Capacitación al personal sobre el mantenimiento sobre gestión de mantenimiento preventivo.**

La capacitación sobre el mantenimiento preventivo es muy importante en caso del sector salud, ya que previene las fallas de los equipos, además contribuye con la atención de los pacientes que acuden con problemas graves de salud; por lo tanto no debe ser tomada a la ligera, se debe hacer estudios del comportamiento del trabajador y de su nivel de estudios, para así detectar en qué está fallando y tratar de corregir esos aspectos con la formación adecuada.

Esta herramienta está muy lejos de ser un gasto, a pesar del costo que se genera para preparar al personal, éste regresa a sus manos a través de la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en ellas, pues incrementan los índices de disponibilidad de los equipos y generando más beneficios para esta institución y los pacientes que son la razón de ser de dicha institución.

Esta capacitación tiene como objetivo reforzar sus conocimientos en el manejo de nuevas tecnologías aplicadas a su campo de trabajo, según cronograma (ver anexo 10) entre éstas se puede mencionar:

- Tipos de mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo) que pueden darse en los equipos biomédicos de acuerdo a las circunstancias que se presentan día a día.
- Procesos de mantenimiento y reparación de los distintos equipos en cada una de las áreas del Hospital.
- Interpretación de planos, manuales e información numérica década uno de los equipos biomédicos.
- Detección y análisis de fallas mecánicas presentadas en los equipos biomédicos.

Es importante saber que los equipos biomédicos que se encuentran dentro del hospital Regional de Cajamarca están expuestos a fallas o deterioros provocados por el transcurso del tiempo o por el uso continuo de los mismos, por lo que el departamento de mantenimiento conserva disponibles tales bienes, procurando que siempre estén en correcto funcionamiento.

Con la capacitación en el personal de este departamento de Tecnología Médica del Hospital Regional de Cajamarca optimizará estos recursos y mejorará la disponibilidad de los mismos.

Además se reforzará los conocimientos en la planificación, análisis y control de los diferentes equipos biomédicos de esta institución, esto permitirá reducir el tiempo de inoperatividad de un determinado equipo o herramienta.

#### **4.3.1.2. Capacitación al personal sobre el uso de Equipos de Protección Personal (EPP).**

Dentro de la capacitación en el uso de los equipos de protección personal se debe tomar en cuenta factores muy importantes que son vitales para prevenir cualquier accidente del personal que realiza las actividades de mantenimiento. Estas medidas que a continuación mencionamos, pueden evitar lesiones físicas que pueden causar hasta la muerte en el personal.

- ❖ **Riesgos Generales:** se debe dejar en claro cuáles son los agentes a los que se están expuestos, y sus respectivos efectos dañinos para la salud.
- ❖ **Riesgos Eléctricos:** Análisis de cada uno de las fuentes de energía y las descargas que pueden ocasionar al manipular dichos equipos.
- ❖ **Elección de Equipo de Protección Personal (EPP):** Explicar el motivo por el cual se ha elegido un determinado tipo de protección, especificando la función, capacidad y limitación del equipo.
- ❖ **Uso de protección respiratoria:** Enseñar paso a paso cómo usar el respirador, explicando qué ocurriría si no fuese usado correctamente.
- ❖ **Cuidados primordiales:** se debe especificar los procedimientos de limpieza, inspección y almacenamiento de los equipos de protección personal para el uso y cuidado correcto.

NOTA: El uso de EPP, no reduce el riesgo o peligro, pero es importante porque protege al personal del grado de exposición en el que se encuentra

#### **4.3.1.3. Elaboración de un formato de control de asistencia y especificación de temas de capacitación.**

Para cumplir lo establecido se realiza un seguimiento de las actividades mediante un control de asistencia del personal de mantenimiento a las capacitaciones y los temas de los cuales se habla dentro de dicha capacitación. Asimismo el personal encargado de esta actividad debe calificar al personal comprometido con el tema.

Tabla n° 14. *Formato de control de asistencia y temas de capacitación.*



**FORMATO DE CONTROL DE ASISTENCIA Y TEMAS DE CAPACITACIÓN**

HOSPITAL REGIONAL CAJAMARCA  
OFICINA DE GESTIÓN TECNOLÓGICA HOSPITALARIA  
**CONTROL DE CAPACITACIÓN**

DEPARTAMENTO		ÁREA				UBICACIÓN			
<b>DATOS DEL PROFESIONAL EXPOSITOR</b>									
NOMBRE		PROFESION							
PROCEDENCIA		TELEFONO							
<b>DATOS DE LA CAPACITACIÓN</b>									
FECHA PROGRAMADA		FECHA DE INICIO		FECHA DE TÉRMINO					
FECHA REALIZADA		HORA DE INICIO		HORA DE TÉRMINO					
<b>CONTROL DEL PERSONAL</b>									
N°	NOMBRES Y APELLIDOS				OCUPACIÓN	AREA	TEMA DE CAPACITACIÓN	FIRMA	OBSERVACIÓN

\_\_\_\_\_  
Firma y Sello del Profesional Expositor

DNI:

\_\_\_\_\_  
Firma y Sello del Jefe de Gestión Hospitalaria

DNI:

Fuente: elaboración propia

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA.

## **4.3.2. FASE 2: Establecer un inventario técnico de los equipos biomédicos.**

### **4.3.2.1. Recolección de información y documentación del inventario de equipos médicos y hospitalarios.**


Después de obtener el inventario de equipos Biomédicos del departamento de Diagnóstico por Imágenes del HRC. Se observó y actualizó datos tales como: equipo, marca, modelo, serie, código, ubicación, responsable del mantenimiento y nivel de riesgo. Además de lo anterior, se decidió agregar otros datos tales como: tipos de manuales (usuario, servicio, mantenimiento y operación) y forma de adquisición (Ver Anexo....). Lo anterior representa una información y un recurso necesario para organizar la gestión de mantenimiento.


Con la información agregada en el inventario, se logró considerar otros aspectos importantes tales como:

- Determinar que equipos biomédicos cuentan con manuales (usuario, servicio, entre otros); esto con el fin de brindar una ayuda técnica al personal de mantenimiento e información sobre posibles dudas acerca del principio de funcionamiento, mantenimiento y operación de los equipos.
- Estandarizar la nomenclatura de los equipos médicos, permite al personal de mantenimiento identificar y hacerle un seguimiento al equipo médico/hospitalario cuando se reporten fallas, que generen llamados o alertas al fabricante del mismo.

#### 4.3.2.2. Elaborar un inventario técnico de cada uno de los equipos Biomédicos.

Tabla n° 15. Formato de inventario técnico de los equipos biomédicos del departamento de Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca

 <p style="text-align: center;"><b>FORMATO DE INVENTARIO TÉCNICO</b> HOSPITAL REGIONAL CAJAMARCA OFICINA DE GESTIÓN TECNOLÓGICA HOSPITALARIA <b>INVENTARIO TÉCNICO</b></p>						
N°				FECHA		
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>						
MARCA		MODELO		SERIE		
FABRICANTE		PROCEDENCIA		AÑO DE FABRICACIÓN		
COMPLEJIDAD		PRIORIDAD		INICIO DE ACTIVIDAD		
<b>DATOS DE LA COMPRA</b>						
ORDEN DE COMPRA		GUIA DE REMISION		AÑO DE FABRICACIÓN		
<b>GARANTIA</b>						
AÑOS		INICIO		TERMINO		
<b>MANTENIMIENTOS POR LA EMPRESA</b>						
PREVENTIVO	1ER		2DO			
PREVENTIVO	1ER		2DO			
<b>DATOS DEL PROVEEDOR</b>						
RAZON SOCIAL		RUC		DIRECCION		
TELEFONO		CELULAR		SOPORTE		
CORREO ELECTRÓNICO						
<b>INFORMACIÓN</b>						
ACTAS		MAMNUALES				
<b>FOTO DEL EQUIPO</b>						



Fuente: Oficina de Gestión Tecnológica Hospitalaria




### **4.3.3. FASE 3: Establecer herramientas y recursos para el desarrollo de las actividades programadas en el Mantenimiento Preventivo.**

#### **4.3.3.1. Elaborar formatos de órdenes de Trabajo, Guía de Internamiento, tarjetas de control de mantenimiento.**

En esta parte del plan se debe tomar en cuenta las herramientas informáticas a utilizar, así como los recursos (humanos, materiales, financieros) para organizar las funciones de los técnicos así como contribuir al desarrollo de actividades de forma ordenada y clara para un mejor control estadístico y de calidad.

Para esto se elaboró formatos de órdenes de trabajo, Guías de Internamiento de equipos y tarjetas de Control de Mantenimiento.

Tabla n° 16 Formato de Orden de Trabajo para un equipo biomédico.

		ORDEN DE TRABAJO			
		MINISTERIO DE SALUD - HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA			
<b>CÓDIGO EQUIPO:</b>	FECHA DE SOLICITUD	/ /			
		DÍA	MES	AÑO	HORA
	FALSA SOLICITUD:	SI		NO	
		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
	EQUIPO FUERA DE SERVICIO:	SI		NO	
		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
<b>ÁREA:</b>	FECHA DE REPORTE DE SERVICIO TÉCNICO	/ /			
		DÍA	MES	AÑO	HORA
<b>PERSONA QUE SOLICITA EL SERVICIO:</b>			<b>CARGO :</b>		
<input type="text"/>			<input type="text"/>		
<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA DE SOLICITUD DE SERVICIO</b>	MANTENIMIENTO EFECTUADO POR:	<input type="text"/>			
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO:	<input type="text"/>			
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO:	<input type="text"/>			
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>ESPECIFICACIONES DEL SERVICIO</b>			
EQUIPO	<input type="text"/>				
MARCA	<input type="text"/>				
MODELO	<input type="text"/>				
SERIE	<input type="text"/>				
MATERIALES Y REPUESTOS					
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
		COSTO TOTAL			
<b>ALTA DEL EQUIPO:</b>		/ /			
		DÍA	MES	AÑO	HORA
<b>OBSERVACIONES (TECNICO DE MANTENIMIENTO/SOLICITANTE/TALLER EXTERNO):</b>					
<input type="text"/>					
<input type="text"/>					
<input type="text"/>					
<input type="text"/>					
FIRMAS					
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
RECIBIDO POR	APROBACIÓN DEL SERVICIO	RECIBI CONFORME	PERSONA QUE REALIZÓ EL MANTENIMIENTO		

Fuente: Elaboración propia.

IMPORTANTE: Una orden de trabajo es un documento escrito se le entrega a la persona que corresponda y que contiene una descripción pormenorizada del trabajo que debe llevar a cabo en el equipo biomédico que presenta alguna falla.

Tabla n° 17 Guía de Internamiento de un equipo biomédico.



**GUIA DE INTERNAMIENTO**  
HOSPITAL REGIONAL CAJAMARCA  
OFICINA DE GESTION TECNOLÓGICA HOSPITALARIA  
**GUIA DE INTERNAMIENTO A TALLER BIOMÉDICO**

N°		FECHA							
DEPARTAMENTO		AREA		UBICACIÓN					
DATOS DEL EQUIPO									
INFORMACION DEL EQUIPO				CODIGO					
MARCA:		MODELO:			SERIE:				
ESTADO INICIAL DE FUNCIONAMIENTO	BUENO	REGULAR	MALOGRADO	BAJA FINAL	ESTADO DE CONSERVACION	BUENO	REGULAR	MALO	
ESTADO INICIAL DE FUNCIONAMIENTO	BUENO	REGULAR	MALOGRADO	BAJA FINAL	ESTADO DE CONSERVACION	BUENO	REGULAR	MALO	
MOTIVO DEL INTERNAMIENTO									
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO		MANTENIMIENTO PREVENTIVO NO PROGRAMADO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO NO PROGRAMADO			
COMPONENTE Y PARTES DEL EQUIPO									
COMPONENTES/ PARTES									
Componente 1				Componente 02					
DESCRIPCION				DESCRIPCION					
MARCA				MARCA					
MODELO				MODELO					
SERIE/AÑO DE FAB.				SERIE/AÑO DE FAB.					
CARACTERISTICAS				CARACTERISTICAS					
ESTADO DE CONSERVACION	BUENO	REGULAR	MALA	BAJA FINAL	ESTADO DE CONSERVACION	BUENO	REGULAR	MALA	BAJA FINAL
ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	Operativo		Inoperativo		ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	Operativo		Inoperativo	
Componente 03				Componente 04					
DESCRIPCION				DESCRIPCION					
MARCA				MARCA					
MODELO				MODELO					
SERIE/AÑO DE FAB.				SERIE/AÑO DE FAB.					
CARACTERISTICAS				CARACTERISTICAS					
ESTADO DE CONSERVACION	BUENO	REGULAR	MALA	BAJA FINAL	ESTADO DE CONSERVACION	BUENO	REGULAR	MALA	BAJA FINAL
ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	Operativo		Inoperativo		ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	Operativo		Inoperativo	
OBSERVACIONES AL USUARIO									
FECHA DE INGRESO		FECHA DE SALIDA		HORA DE INGRESO		HORA DE SALIDA			
USUARIO				OFICINA DE GESTION TECNOLÓGICA HOSPITALARIA					
ENTREGUÉ CONFORME		RECIBI CONFORME		ESPECIALISTA		AUTORIZACIÓN			
Firma y sello del jefe del Departamento		Firma y sello del jefe del Departamento		Firma y sello del Especialista que Recepción		Firma y sello del jefe de GTH			

Fuente: Oficina de Gestión Tecnológica Hospitalaria

IMPOTANTE: Documento que sirve para internar un equipo en el taller de mantenimiento para su respectiva intervención.

#### 4.3.3.2. Elaboración del cronograma anual de mantenimiento preventivo.

Para la elaboración del plan de mantenimiento anual se tomó en cuenta la frecuencia de fallas, manuales del equipo, especificaciones técnicas, referencias del personal operario de los equipos (Tecnólogos médicos y Técnicos de enfermería) elaborando así un cuadro, tabla 18, en donde se identifica la frecuencia anual de mantenimiento para cada equipo.

El plan anual abarca los equipos que según el diagnóstico son los que presentan riesgo y reúnen las condiciones para ser atendidos con anticipación. Ver anexo 9.

Tabla n° 18 frecuencia de mantenimiento de los equipos.

CUADRO DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS			
ITEM	INCRIPCIÓN	REQUISITOS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN
1	Cistoresectoscopio	2	Anual
2	<b>Densiómetro Óseo</b>	<b>2</b>	<b>Anual</b>
3	Espectrofómetro	2	Anual
4	Equipo de fototerapia de luz halógena	2	Anual
5	<b>Equipo de rayos X estacionario</b>	<b>2</b>	<b>Anual</b>
6	Ecocardiografo	2	Anual
7	Gastrofibroscopio	2	Anual
8	<b>Mamografo de uso general</b>	<b>2</b>	<b>Anual</b>
9	Microscopio binocular	3	Anual
10	Oftalmoscopio retino copio de pared	2	Anual
11	<b>Tomógrafo computarizado helicoidal</b>	<b>2</b>	<b>Anual</b>
12	Contometro	1	Anual
13	<b>Ecógrafo de uso general</b>	<b>2</b>	<b>Anual</b>
14	Cabina audiometría	2	Anual
15	Equipo de foto polimerización	2	Anual

Fuente: Oficina de gestión tecnológica del Hospital Regional de Cajamarca

Elaboración: propia

#### **4.3.3.3. Asignación de Cuadrillas y materiales para el cumplimiento de las actividades programadas.**

En el caso de seleccionar el recurso humano debemos tener en consideración varios factores como:

- ✓ Perfil del personal (nivel de capacitación).
- ✓ Conocimientos en el manejo de equipos tecnológicos.
- ✓ Compromiso con la institución.
- ✓ Remuneración

De acuerdo a esta evaluación se asigna cuadrillas para cumplir con las actividades de mantenimiento preventivo en cada equipo biomédico seleccionados del departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital regional de Cajamarca.

Tabla n° 19 Cuadrillas asignadas para realizar actividades de mantenimiento preventivo en cada equipo del departamento de diagnóstico por Imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.

Tabla n° 19. *Establecimiento de cuadrillas de mantenimiento.*

NOMBRES Y APELLIDOS	CANTIDAD	OCUPACIÓN	CAPACITACION	HORAS DE TRABAJO	DÍAS	VECES/AÑO	TOTAL DE HORAS POR AÑO
JANANI GALVEZ MANIANO	1	INGENIERO	SI	8	3	3	72
CHRISTIAN VALENCIA CHAVEZ	1	TECNICO	NO	8	3	3	72
JOSE NACARINO GUEVARA	1	TECNICO	NO	8	3	3	72

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.3.4. Fase 4: Evaluación e Inspección de las actividades programadas en el sistema de MP.**

##### **4.3.4.1. Elaborar formatos de inspección de cumplimiento de las actividades programadas.**

Con la finalidad de registrar el avance, las fallas y resultados que se obtiene al aplicar los métodos para cumplir con el mantenimiento preventivo, se realiza formatos de inspección de actividades programadas las que estarán a cargo del ingeniero supervisor.

Tabla n° 20. Tarjeta de control de mantenimiento preventivo.



TARJETA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

HOSPITAL REGIONAL CAJAMARCA  
OFICINA DE GESTIÓN TECNOLÓGICA HOSPITALARIA  
TARJETA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1.1. DEPARTAMENTO			1.2. ÁREA			11.3 UBICACIÓN			
DATOS DEL EQUIPO									
DENOMINACIÓN			CÓDIGO						
MARCA			MODELO			SERIE			
INFORMACIÓN DE FECHAS									
FECHA DE ADQUISICIÓN			FECHA DE PUESTA EN MARCHA						
FECHA DE FABRICACIÓN			FECHA DE VENCIMIENTO DE GARANTÍA						
PRIORIDAD Y CLASIFICACIÓN DE RIESGOS									
CLASIFICACIÓN DE RIESGOS			PRIORIDAD			FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO		MANUALES	
CLASE	TIPO		ALTA	MEDIA	BAJA			USUARIO	SERVICIO
(1) FECHA	(2) TIPO DE MANTENIMIENTO		(3) OTM	(4) HORAS FUERA DE SERVICIO	(5) HORAS DE FUNCIONAMIENTO	(6) ESTADO FINAL	(7) ESPECIALISTA	(8) OBSERVACIONES	(9) PROXIMO MANTENIMIENTO
	PREVENTIVO	CORRECTIVO							

(1) Fecha en que se realizó el mantenimiento

(2) Si el procedimiento es programado o es solicitado por alguna causa especial, en este último caso habrá que especificarla.

(3) Consignar que procedimiento específico se efectuó

(4) Horas en que el equipo se encuentra Inoperativo

(5) Horas en que el equipo se encuentra Operativo

(6) Condición en que se dejó el Equipo luego de concluir el mantenimiento: Operativo Total (OT), Operativo Parcial (OP), Operativo (I).

Fuente: elaboración propia.

(7) Apellido Paterno y primer nombre de la persona que realizó el procedimiento, respetando dicho orden

(8) Observaciones relacionadas al procedimiento, por ejemplo si el equipo fue llevado fuera del establecimiento, si se realizó el cambio de alguna de sus piezas, etc.

(9) Fecha donde se consignará los procedimientos de mantenimiento Preventivo



#### 4.3.4.2. Perfil del Ingeniero Clínico Supervisor para el cumplimiento de las actividades programadas.

Tabla n° 21. Perfil del ingeniero clínico supervisor para el cumplimiento de actividades.

**PERFIL DEL INGENIERO CLÍNICO SUPERVISOR PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS**

PRESENTACION	El Ingeniero clínico Supervisor será el encargado de la gestión de actividades relacionada directamente con el cumplimiento de las actividades programadas
EDUCACION	Titulado en Ingeniería Electrónica, Clínica o Biomédica en una carrera universitaria de 05 años de duración a más.
EXPERIENCIA	Se requiere una experiencia de tres años como mínimo en el área de Tecnología Clínica y/ Biomédica, además en gestión de equipos.
FUNCIONES	Adquisición, mantenimiento y reparación de equipos biomédicos.
	Evaluar al personal Técnico para la contratación de sus servicios.
	Inspeccionar las cuadrillas para el cumplimiento de actividades programadas.
	Capacitación al personal técnico en mantenimiento preventivo.
	Gestión de presupuesto para el área de mantenimiento en general.
	Organizar al personal a su cargo para el cumplimiento de actividades de mantenimiento.
	Presentar informes mensuales de avances de actividades y cumplimiento de metas.
	Compromiso con la institución y trabajo en equipo.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.4.3. Diseño del proceso de mantenimiento preventivo.

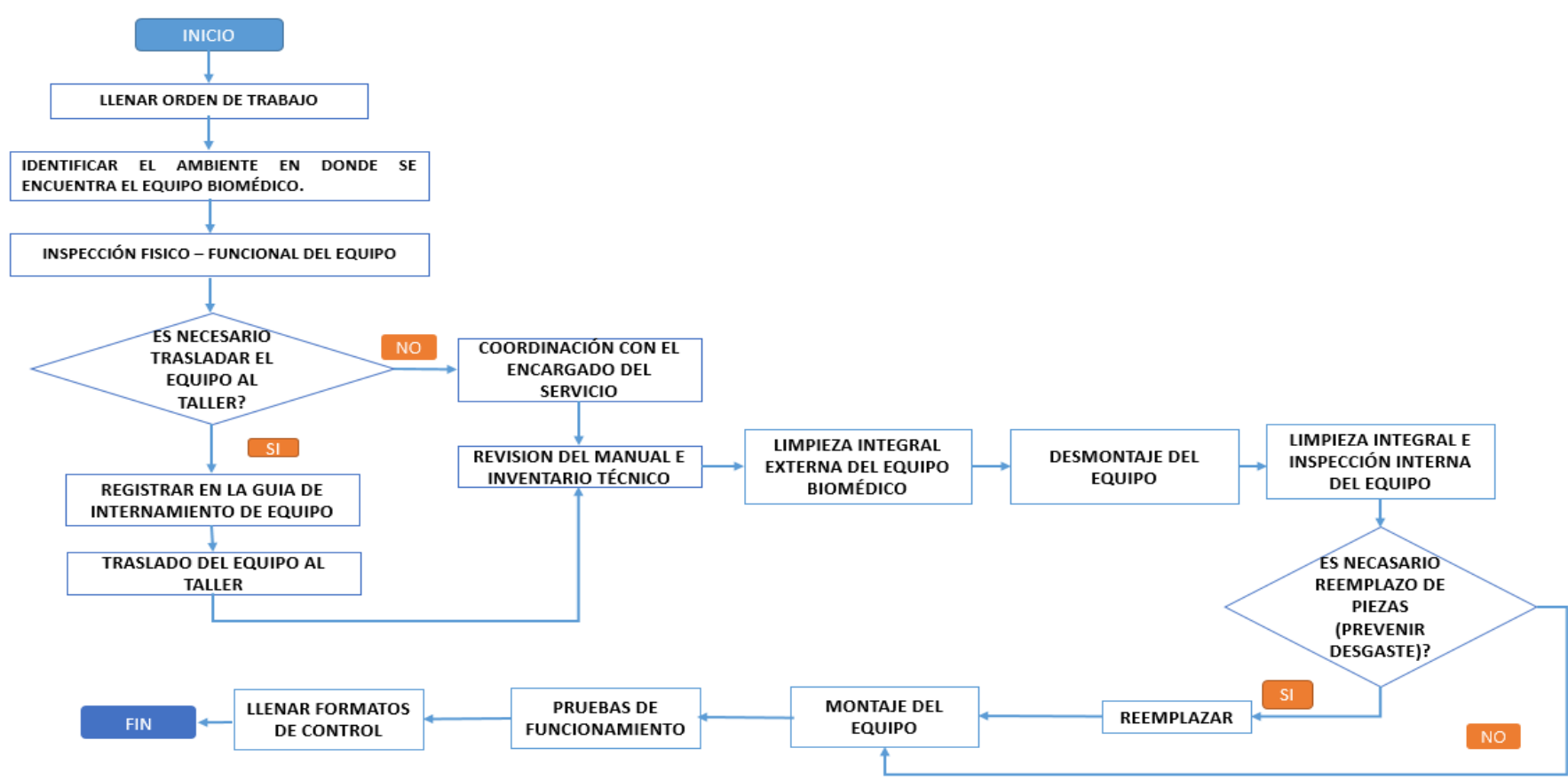


Figura 5: elaboración de proceso de mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos.

Fuente: elaboración propia

Para la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo se estableció un diagrama de procesos para poder garantizar un trabajo organizado, tal y como se muestra en la figura n° 5; se detalla lo siguiente.

**a. Generar orden de trabajo.**

Esto paso es indispensable ya que la orden de trabajo indica que tipo de tareas se van a realizar y los equipos a los cuales se le van a intervenir, lo que permite determinar y planificar recursos.

**b. Identificación del ambiente en donde se encuentra el equipo.**

Es otra parte del proceso fundamental que va de la mano con la orden de trabajo y nos permite ubicar el lugar de ubicación de los equipos biomédicos en el departamento de Diagnóstico por Imágenes.

**c. Inspección físico – funcional del equipo biomédico.**

Es la tarea que obligatoriamente se debe realizar para poder verificar en qué estado se encuentra el equipo y poder tomar medidas dependiendo su estado.

**d. Verificar si hay la necesidad de llevar el equipo al taller técnico.**

Se debe de determinar según la inspección físico funcional si es necesario tener que internar el equipo en el taller o no.

**e. Registrar en la guía de internamiento.**

Esto sucede si en la inspección física –funcional arroja como resultado la necesidad de tener que llevar el equipo biomédico al taller técnico.

**f. Coordinar con el encargado del servicio.**

En el caso de que no se lleve el equipo al taller o no se debe de realizar la coordinación respectiva, para que el encargado del área tome sus debidas precauciones por los trabajos que se van a realizar y además coordinar con los encargados y ejecutores del trabajo.

**g. Revisión del manual técnico e inventario técnico.**

En ambos casos si se interna en el taller o no, se debe de analizar el manual técnico e inventario técnico para tener conocimiento sobre el equipo en el cual se va a realizar el trabajo de mantenimiento preventivo.

**h. Limpieza integral externa del equipo.**

En esta etapa se debe de realizar una limpieza de la parte externa del equipo, para esto se debe emplear los materiales adecuados para tal fin y siguiendo las indicaciones del manual del equipo o proveedor.

**i. Desmontaje del equipo.**

En esta etapa los técnicos encargados deben desmontar todas las partes del equipo intervenido para lo cual se deben de utilizar herramientas como: juego de llaves y dados, desarmadores, extractores hidráulicos, agentes antidesagastantes, etc.

**j. Limpieza integral e inspección interna del equipo.**

La limpieza de superficie interna de un equipo biomédico se debe llevar cabo utilizando limpiador para superficies, liquido limpiador, espumas y aditamentos especiales según lo especificado en el manual de cada equipo o por proveedor, etc. Así también esta función se debe llevar acabo junto con una inspección adecuada a cada pieza intervenida.

**k. Evaluar la necesidad del reemplazo de piezas, para prevenir desgaste.**

Una vez realizado la limpieza integral y la inspección se debe evaluar si hay la necesidad de reemplazar piezas con la finalidad de prevenir desgaste de las mismas.

**l. Montaje del equipo.**

Esto se debe dar una vez culminado los pasos anteriores, el resultado de esta etapa es tener un equipo ensamblado adecuadamente sin defectos ni fallas.

**m. Prueba de funcionamiento.**

Se revisaron los parámetros establecidos.

Se aseguró que todos los equipos queden disponibles y en estado de funcionamiento.

El encargado del área verifica la calidad de los servicios del personal de mantenimiento, siguiendo los estándares de calidad establecidos por el HRC.

**n. Llenar formatos de control.**

En esta parte del proceso se verifica junto con el Ingeniero a cargo, las actividades no programadas, las ocurrencias durante el turno diario, y se relaciona con las fallas para una posterior reparación en caso de ser necesario

#### 4.3.4.4. Presentación de reportes mensuales (Check List) a cargo del Ingeniero Supervisor a cargo de las Cuadrillas

Los reportes mensuales que se muestra son los avances que se obtiene al implementar cada una de las actividades programadas para el mantenimiento preventivo. El mismo que nos permiten medir los indicadores de avance y mejora.

Tabla n° 22. Check list para determinar el % de mejora del sistema de mantenimiento preventivo.

VARIABLES	INDICADORES	Primer. Check List		Segundo Check List		% Mejora
		Puntuación/Nivel	Porcentaje	Puntuación/Nivel	Porcentaje	
SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	<b>EVALUCION DEL PERSONAL</b>					
	¿El personal que labora en el área está capacitado en mantenimiento preventivo de equipos biomédicos?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	¿El personal que labora en el área está capacitado en uso de Equipos de Protección Personal?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	Existe buena comunicación con el personal	4	67%	5	83%	<b>17%</b>
	<b>EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>					
	¿Existe un inventario técnico implementado de todos los equipos biomédicos?	1	17%	4	67%	<b>50%</b>
	¿Las órdenes de trabajo son atendidas?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	¿Hay existencia de guías de internamiento?	1	17%	4	67%	<b>50%</b>
	¿Existen cuadrillas de mantenimiento establecidas?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	¿Existes programas de mantenimiento?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	¿Se cumplen los programas de mantenimiento?	1	17%	4	67%	<b>50%</b>
	Formatos de control	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	¿Existe un control de procesos adecuado?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	<b>EVALUACION DE LA SELECCIÓN DE LO NECESARIO / INNECESARIO</b>					
	¿Existen herramientas, repuestos, y otros materiales en stock?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>

	¿Se encuentran correctamente identificados los equipos Biomédicos?	5	83%	6	100%	<b>17%</b>
	<b>EVALUACION DEL ORDENAMIENTO :</b>					
	¿Están almacenados los materiales y repuestos, cada una en su lugar reservado?	5	83%	6	100%	<b>17%</b>
	¿Se encuentran libres de obstáculos, las áreas de circulación y reparación de averías?	5	83%	6	100%	<b>17%</b>
	¿Se encuentran señalizadas la ubicación de las herramientas?	5	83%	6	100%	<b>17%</b>
	<b>EVALUACION DE LA ESTANDARIZACION:</b>					
	¿Están bien pintados los equipos, las líneas que demarcan las figura, rotulados, etc.?	4	67%	5	83%	<b>17%</b>
	¿Existe un manual estandarizado de procedimientos e instructivos de trabajo para realizar las tareas de ordenamiento y limpieza?	3	50%	5	83%	<b>33%</b>
<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS BIOMEDICOS</b>	<b>EVALUACIÓN DE EQUIPOS BIOMEDICOS</b>					
	¿Todos los equipos del área están operativos?	4	67%	5	83%	<b>17%</b>
	¿Existen equipos obsoletos?	2	33%	4	67%	<b>33%</b>
	Disponibilidad de equipos biomédicos	4	58 %	5	87%	<b>29%</b>
<b>RESULTADO DE LA EVALUACION: PUNTAJE</b>		<b>60</b>		<b>97</b>		
<b>Fecha de la evaluación: 16 de octubre del 2016</b>		<b>60 PUNTOS DE 126</b>				
<b>Fecha de la próxima evaluación: 16 de Agosto del 2017</b>						<b>97 PUNTOS DE 126</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para poder determinar era el nivel de porcentaje actual de cumplimiento de Mantenimiento Preventivo y la mejora de la Disponibilidad de equipos biomédicos del departamento de Diagnóstico por Imágenes, se realizó un Check List antes y después de la mejora; con respecto a los indicadores que ayudaron a determinar el diagnóstico inicial con el que se encontraba esta área del Hospital Regional de Cajamarca tal y como se muestra en la tabla n° 22 obteniendo los siguientes resultados.

El sistema de mantenimiento preventivo mejoró en cumplimiento capacitación en temas relacionados a gestión de mantenimiento preventivo y en uso de EPP en 33%, elaboración de inventario técnico de los equipos biomédicos en 50%, en el nivel de cumplimiento de órdenes de trabajo se mejoró en 33%, en implantación de guías de intermito en el taller técnico se mejoró en 50%, en establecer cuadrillas de mantenimiento en 33% ,en la implementación de un programa anual de mantenimiento se mejoró en 50%, lo que nos permite tener un detalle actualizado de cada uno de los equipos y en la implementación de formatos de control se mejoró en 33%.

#### **4.4. Indicadores de la disponibilidad después de la propuesta de implementación en el Hospital Regional de Cajamarca.**

Según lo que indica en el análisis que la mejora significativa de este sistema recae directamente en la mejora de la disponibilidad de los equipos biomédicos encontrando según el segundo check list en la tabla n° 22 un porcentaje de mejora de los equipos en promedio en 17%.

Además luego de la implementación de cada uno de las herramientas y técnicas para una mejor gestión del sistema de mantenimiento preventivo se pudo determinar que el número de correctivos al año se redujo de 3 intervenciones a 1, por lo que esto también repercutió en la disminución de horas de mantenimiento correctivo y por ende el incremento de la disponibilidad de los 5 equipos biomédicos, objeto de análisis de esta investigación, tal y como se muestra en la tabla n° 23.



Tabla n° 23. *Calculo de los indicadores de disponibilidad de los equipos biomédicos de área de Diagnóstico por imágenes después de la implementación.*

ITEM	NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD	HORAS PROGRAMADAS	HORAS OPERATIVAS	HORAS INOPERATIVAS	HORAS REPARACION	FRECUENCIA DE CORRECTIVOS /MES	MT BF	MT TR	DISPONIBILIDAD
1	TERMOMETRO INFRARROJO	1	720	30	690	0.5	0.25	120	2	98%
2	LARINGOSCOPIO	3	720	225	495	12	0.25	900	48	95%
3	EQUIPO DE ANESTESIA	1	720	312.5	407.5	16	0.25	1250	64	95%
4	RESTOSCOPIO	1	720	187.5	532.5	16	0.25	750	64	92%
5	EQUIPO DE RADIODIAGNOSTICO	4	720	187.5	532.5	16	0.25	750	64	92%
6	FANTOMA DE CALIBRACION	1	720	180	540	16	0.25	720	64	92%
7	ESTUCHE DE ADAPTADOR DE BIOPSIA	6	720	150	570	15	0.25	600	60	91%
8	EQUIPO ECOGRAFO ULTRASONIDO	1	720	150	570	16	0.25	600	64	90%
9	EQUIPO DE BIOPCIA PARA MAMAS	1	720	135	585	16	0.25	540	64	89%
10	MESA PARA EXAMENES DE CURACIONES	1	720	125	595	15	0.25	500	60	89%
11	NEGATOSCOPIO	6	720	120	600	16	0.25	480	64	88%
12	ADAPTADORES DE ECOGRAFO	7	720	120	600	16	0.25	480	64	88%
13	IMPRESORA LASER DE PELICULA RADIOGRAFICA	1	720	112.5	607.5	16	0.25	450	64	88%
14	PROCESADOR REVELADOR DE PLACAS PARA RAYOS X	1	720	100	620	16	0.25	400	64	86%
15	TERMOMETRO HIGROMETRO	1	720	75	645	15	0.25	300	60	83%
16	TENSIOMETRO	1	720	75	645	16	0.25	300	64	82%
17	ASPIRADOR DE SECRECIONES	1	720	75	645	16	0.25	300	64	82%
18	VIDEO IMPRESORA DE ECOGRAFO	1	720	75	645	16	0.25	300	64	82%
19	SECADOR DE PLACAS RADIGRAFICAS	1	720	62.5	657.5	16	0.25	250	64	80%
20	DENSIOMETRO OSEO	1	720	120	600	12	0.08	1500	150	91%
21	ECOGRAFO ULTRASONIDO	1	720	87.5	632.5	12	0.08	1050	144	88%
22	EQUIPO DE RAYOS X	1	720	90	630	15	0.08	1080	180	86%
23	TOMOGRAFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL	1	720	97.5	622.5	15	0.08	1170	180	87%
24	MAMOGRAFO	1	720	75	645	20	0.08	900	240	79%

Fuente: elaboración propia.

Como podemos visualizar en la tabla n° 24, luego de la implementación de la propuesta de mejora la disponibilidad de los equipos ha mejorado en un porcentaje considerable tal y como se muestra en la tabla n° 24.

Tabla n° 24: *comparativo del indicador de disponibilidad de los equipos antes y después de la mejora.*

EQUIPOS	Antes	Después	% mejora
Densiómetro óseo	73%	91%	18%
Ecógrafo ultrasonido	71%	88%	17%
Equipo de rayos x	56%	86%	30%
Tomógrafo computarizado helicoidal	56%	87%	31%
Mamografo	61%	79%	18%
<b>PROMEDIO</b>	<b>63%</b>	<b>86%</b>	<b>23%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 25: *comparativo de los indicadores MTBF y MTTR antes y después de la mejora.*

EQUIPO	ANTES		DESPUES		MEJORA	
	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR
Densiómetro óseo	480	180	1500	150	1020	-30
Ecógrafo ultrasonido	375	150	1050	144	675	-6
Equipo de rayos x	450	360	1080	180	630	-180
Tomógrafo computarizado helicoidal	300	240	1170	180	870	-60
Mamografo	375	240	900	240	525	0
<b>PROMEDIO</b>	<b>396</b>	<b>234</b>	<b>1140</b>	<b>178.8</b>	<b>744</b>	<b>-55</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 26: Matriz con representación del comparativo de mejora de indicadores.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES	RESULTADO		MEJORA
Independiente:				ANTES	DESPUES	
Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo.	Según (García, 2012) se define como un Conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.	Recursos humanos	% de personal capacitado en MP	33%	67%	34%
			% capacitado en el uso de EPP	33%	67%	34%
		Inventario técnico de equipos biomédicos	% de cumplimiento	17%	67%	50%
		Ordenes de trabajo	% ordenes atendidas	33%	67%	34%
			% de ordenes no atendidas	67%	33%	-34%
		Guías de Internamiento	% de implementación	17%	67%	50%
		Cronograma anual de mantenimiento	% de cumplimiento del cronograma	17%	67%	50%
			% de no cumplimiento cronograma	83%	33%	-50%
		Cuadrillas de mantenimiento	% de cumplimiento.	33%	67%	34%
		Materiales para mantenimiento	% implementación	33%	67%	34%
Formatos de control	% de Cumplimiento	33%	67%	34%		
Equipos biomédicos	% de Equipos Biomédicos Obsoletos	33%	17%	-17%		
	% de Equipos Operativos	67%	83%	17%		
Dependiente:						
Disponibilidad de los Equipos Biomédicos	Para (Boero, 2006) la disponibilidad indica un saldo del tiempo total menos las horas en que no produce, es decir las horas que se podrían utilizar efectivamente si el equipo estaría en funcionamiento.	Disponibilidad	% de disponibilidad de equipos en promedio	63%	86%	23%
		Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)	Demora de tiempo entre fallas (horas)	396	1092	744
		Tiempo Medio de reparación (MTTR)	Tiempo de demora en reparación (horas)	234	150.2	-55

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 26 se demuestra la mejora en cada uno de los indicadores de gestión de mantenimiento preventivo que se obtendría al implementar el plan de mantenimiento propuesto en esta investigación. Como se puede apreciar cada uno de los indicadores presenta mejoras significativas por ejemplo en el indicador de recursos humanos la mejora en un mejor manejo de EPP es 34%, en gestión de mantenimiento preventivo gracias a las capacitaciones realizadas se mejoró en 34%, en inventario técnico de equipos se logró diseñar e implementar por lo que la mejora es 50 %, se implementó también ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo lo que dejo como mejora 34%, etc. Así mismo los indicadores MTBF mejoraron en 744 en promedio, por lo que el MTTR disminuyo en 55, lo que involucra al indicador de disponibilidad mejorando en 23%.

#### 4.5. Análisis Costo – Beneficio de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.

##### 4.5.1. Costos de implementación de la mejora.

Para el indicador de costos de mantenimiento se pudieron tener los datos de algunos costos de equipamiento, debido a que algunos equipos biomédicos fueron obtenidos de forma directa. Así mismo se calcularon los costos de los equipos para la ejecución del plan lo que se indica en la tabla n° 27.

Tabla n° 27. Costo por procedimiento (maquinaria, equipos y herramientas).

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total S/.
<b>Analizador de Electrocirugía</b>	2	1200	2400
<b>Termómetro de Presión</b>	2	200	400
<b>Tacómetro</b>	1	252.5	252.5
<b>Multímetro</b>	2	100	200
<b>Kit de herramientas básicas</b>	2	200	400
<b>Kit de herramientas especiales</b>	2	299	598
<b>Total</b>		<b>S/.</b>	<b>4,250.50</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 28. Costo por incurrir en el proceso de mantenimiento preventivo (5 trabajadores).

Temas	N° de capacitadores	Tiempo horas	Costo S./hora	Total trimestral S/.	Total anual S/.
Sensibilización sobre uso y cuidado de los equipos biomédicos y en gestión de mantenimiento preventivo.	1	6	65	390	1560
Reparación general de equipos Biomédicos	1	5	100	500	2000
Uso correcto de los Equipos de Protección Personal	1	5	100	500	2000
<b>Total</b>				<b>S/.1,390.00</b>	<b>S/. 5,560.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 29. Costo de personal por cuadrilla

Personal (cuadrilla)	N° de trabajadores	Tiempo horas	Costo S./hora	Total por intervención	Total anual S/.
Ingeniero (jefe de cuadrilla)	1	8	15	S/.240.00	S/.2,640.00
Técnico	2	8	7.5	S/120.00	S/1,320.00
<b>Total</b>					<b>3,960.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Para los indicadores tanto de costos de mantenimiento como costo/hora de personal que integran a la cuadrilla de mantenimiento se calcularon los gastos totales a nivel anual, el detalle de muestra en la tabla n° 29.

Así también se determinó el detalle de costos que se incurriría por las capacitaciones con los especialistas en cada tema determinado lo que muestra la tabla n° 30.

Tabla n° 30 *Implementos.*

Separatas, videos y diapositivas	5	3	15	60
Separatas, videos y diapositivas	5	3	15	60
Separatas, videos y diapositivas	5	3	15	60
<b>Total</b>			<b>S/.45.00</b>	<b>S /.180.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla n° 30 se puede notar el detalle de implementos que es necesario para la ejecución del plan. Del mismo modo se tiene el detalle de materiales para el cumplimiento de cada procedimiento y formatos de mantenimiento lo que muestra la tabla n° 31.

Tabla n° 31. *Costo en material de registro y control (mensual)*

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total mensual S/.	Total anual S/.
Órdenes de trabajo (OT)	15	0.2	0.02	3
Hojas de inventario técnico	5	0.2	0.02	1
Guías de internamiento	15	0.2	0.02	3
Hoja de control de MP	15	0.2	0.02	3
Cuaderno de Control (Supervisor)	2	5	0.42	10
<b>Total</b>			<b>0.48</b>	<b>20</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 32. Costo en implementos de protección personal EPP (anual)

Descripción	Cantidad	Costo /Unidad S/.	Total semestral S/.	Total anual S/.
<b>Botas descartables</b>	33	12	396	792
<b>Gorro Quirúrgico</b>	33	1	33	66
<b>Lentes Quirúrgicos</b>	33	15	495	990
<b>Mascarilla Quirúrgica</b>	33	1	33	66
<b>Mandil Descartable</b>	33	6	198	396
<b>Total</b>			<b>1155</b>	<b>2310</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 33. Costos en insumos para higiene de los trabajadores (mensual)

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total mensual	Total anual S/.
<b>Papel Higiénico</b>	4 paquetes	12	48	648
<b>Jabón líquido</b>	2	10	20	864
<b>Botes de basura</b>	1	12	12	24
<b>Desinfectante ( alcohol)</b>	2	9.8	19.6	24
<b>Total</b>			<b>99.6</b>	<b>1560</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 34. Costos en botiquín de primeros auxilios (anual)

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total anual S/.
<b>Botiquín</b>	1	45	45
<b>Total</b>			<b>45</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 35. Costos por procedimientos (materiales).

Descripción	Cantidad semestral	Costo S/.	Total anual S/.
Aceite 3 en 1	1	9	18
Alcohol isopropilico	1	45	90
Bencina	1	8	16
Silicona en spray	1	12	24
Limpiador de contactos	0.25	12	6
Franela	1	9	18
Lubricante aflojador	0.25	16	8
Hisopo	1	4	8
Cinta aislante 3m	1	6	12
Estaño plomo para soldar	0.5	16	16
Pasta o grasa de soldar	0.5	12	12
Pegamento extrafuerte	1	9	18
Pegamento terokal	1	18	36
Limpia grasa	1	18	36
Alcohol liquido	0.5	30	30
Teflón	1	5	10
Detergente	1	5	10
Esponja lava vajilla	1	6	12
Desincrustante	1	200	400
Disolvente químico	1	200	400
<b>Total</b>			<b>964</b>

Fuente: Elaboración propia.



Tabla n° 36. Costos de horas hombre adicionales por reparación de equipos biomédicos (Mantenimiento Correctivo).

Descripción	Total horas de reparación/unid	Total horas de reparación por intervención	Costo de hora extra	Costo/ho ra S/.	Total por intervención s/.	Total reparaciones anuales
Densiómetro Óseo	20	60	40.5	30	1962	3924
Ecógrafo ultrasonido	18	54	40.5	30	1701	3402
Equipo de rayos X	20	60	40.5	30	1962	3924
Tomógrafo computarizado helicoidal	26	78	40.5	30	2380.5	4761
Mamógrafo	30	90	40.5	30	2700	5400
<b>Total</b>						<b>21411</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla n° 37. Costos por incurrir en la propuesta de mejora.

COSTOS POR INCURRIR EN EL PROCESO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Analizador de Electrocirugía	2400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Termómetro de Presión	400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Tacómetro	252.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Multímetro	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Kit de herramientas básicas	400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Kit de herramientas especiales	598.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Capacitación en Sensibilización sobre uso y cuidado de los equipos biomédicos	1560.00	1560.00	1560.00	1560.00	1560.00	1560
Capacitación en Reparación general de equipos Biomédicos	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000
Capacitación en Uso correcto de los Equipos de Protección Personal	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000
Ingeniero (jefe de cuadrilla)	2640.00	2640.00	2640.00	2640.00	2640.00	
técnico	1320.00	1320.00	1320.00	1320.00	1320.00	
Separatas, videos y diapositivas	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60
Separatas, videos y diapositivas	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60
Separatas, videos y diapositivas	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60
Órdenes de trabajo (OT)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3
Hojas de inventario técnico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1
Guías de internamiento	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3
Hoja de control de MP	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3
Cuaderno de Control (Supervisor)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10
Botas descartables	792.00	792.00	792.00	792.00	792.00	792
Gorro Quirúrgico	66.00	66.00	66.00	66.00	66.00	66
Lentes Quirúrgicos	990.00	990.00	990.00	990.00	990.00	990
Mascarilla Quirúrgica	66.00	66.00	66.00	66.00	66.00	66
Mandil Descartable	396.00	396.00	396.00	396.00	396.00	396
Papel Higiénico	648.00	648.00	648.00	648.00	648.00	648
Jabón líquido	864.00	864.00	864.00	864.00	864.00	864
Botes de basura	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Desinfectante	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24
Botiquín	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45
Aceite 3 en 1	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18
Alcohol isopropilico	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90
Bencina	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16
Silicona en espray	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24
Limpiador de contactos	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6
Franela	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18
Lubricante aflojador	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8
Hisopo	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8
Cinta aislante 3m	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12
Estaño plomo para soldar	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16
Pasta o grasa de soldar	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12
Pegamento extrafuerte	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18
Pegamento terokal	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36
Limpia grasa	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36
Alcohol liquido	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30
Teflón	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10
Detergente	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10
esponja lava vajilla	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12
desincrustante	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400
disolvente químico	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400
<b>TOTAL DE COSTOS</b>	<b>19,065.50</b>	<b>14,791.00</b>	<b>14,791.00</b>	<b>14,791.00</b>	<b>14,791.00</b>	<b>10,831.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n° 38. *Costos por no incurrir en la propuesta de mejora.*

<b>COSTO POR HH ADICIONALES</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>Reparación de Fusibles y arrancadores de motores</b>	3,924.00	3,924.00	3,924.00	3924	3924
<b>Desgaste prematuro de motores</b>	3,402.00	3,402.00	3,402.00	3402	3402
<b>Colocación de repuestos nuevos</b>	3,924.00	3,924.00	3,924.00	3924	3924
<b>Cambio de pantalla de monitor</b>	4,761.00	4,761.00	4,761.00	4761	4761
<b>Cambio de ejes y bujías</b>	5,400.00	5,400.00	5,400.00	5400	5400
<b>COSTO POR HH ADICIONALES</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>	<b>21,411.00</b>	<b>21,411.00</b>	<b>21,411.00</b>	<b>21,411.00</b>	<b>21,411.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a las tablas presentadas líneas arriba, podemos ver la diferencia de gastos que incurre el hospital en caso de no implementar el plan de gestión de mantenimiento y al implementar este sistema. A continuación, en la tabla 39, presentamos la diferencia de lo descrito.

Tabla n° 39. *Costos por no incurrir en la propuesta de mejora*

<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>-19,065.50</b>	6,620.00	6,620.00	6,620.00	6,620.00	6,620.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2. Flujo de caja

En la siguiente tabla n° 40, se muestra el flujo de caja de la propuesta, los cuales son costos que están proyectados a 5 años, determinando los costos en que pueden incurrir en el momento de la implementación; para lo cual se consideró la tasa de interés del banco Interbank evaluado en todos los periodos de cálculo de los indicadores económicos.

Tabla n° 40. *Indicadores económicos.*

<b>VAN</b>	<b>S/. 28,323.22</b>
<b>TIR</b>	<b>25%</b>
<b>IR</b>	<b>S/. 1.49</b>

Fuente: Elaboración propia.

En de los indicadores económicos, solo podemos hacer una comparación de los gastos que se efectúan en la implementación, además de los indicadores de ahorro que muestra este estudio, darían beneficio a la institución.

Por lo tanto, se puede determinar qué proyecto es viable ya que los indicadores económicos son satisfactorios tal y como se muestra en la tabla n° 37 Por lo tanto este proyecto propuesto al departamento tiene como indicadores VAN = S/ 28323.22, TIR: 25% e IR: S/ 1.49 lo que indica que por cada sol invertido se tiene un rentabilidad de S/ 0.49.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito demostrar que dentro del Hospital Regional de Cajamarca, no existe un sistema de mantenimiento preventivo bien definido para los equipos biomédicos, lo cual afecta directamente en la disponibilidad de los mismos. Por lo tanto al implementar un sistema de mantenimiento preventivo, aplicando un sistema que involucra capacitaciones en EPP y en mantenimiento preventivo, documentos y formatos tales como ordenes de trabajo, guías de internamiento, formatos de capacitaciones, formatos de control, formatos de inventario técnico, los cuales indican un grado de mejora en la disponibilidad de los equipos biomédicos en un 23%.

Para poder determinar el diagnóstico de los indicadores se utilizaron ciertos mecanismos tales como diagrama Ishikawa, check list, Matriz AMFE y entrevista directa, los cuales permitieron medir cada una de las dimensiones para los indicadores en estudio, encontrando lo siguiente: nivel de capacitación en uso de EPP y en gestión de mantenimiento preventivo 33%. Así mismo con relación a formatos y documentos se determinó que no existe un formato de inventario técnico establecido teniendo 17% de ejecución, las ordenes de trabajo se ejecutan en un 33%, las guías de internamiento están implementadas en un 17%, el programa de mantenimiento preventivo esta implementado en 17%, las cuadrillas de mantenimiento implementadas en 17%, hay un 33% de materiales en stock para la ejecución del mantenimiento preventivo y los formatos de control se cumplen en 33%. Finalmente se determinó la disponibilidad siendo 63% el promedio de los 5 equipos objeto de análisis, la propuesta de implementación del sistema de mantenimiento preventivo permitió mejorar cada uno de los indicadores lo que finalmente mejoró la disponibilidad de los equipos biomédicos de 63% a 86%.

Finalmente se realizó el análisis económico involucrando todo lo concerniente a costo de materiales, personal, herramientas, etc. Encontrando el valor actual neto VAN: S/. 28,323.22 y la tasa interna de retorno TIR: 25%, por lo que al proyecto se lo puede calificar como viable. Por lo que (Muños ,2014) determino en su investigación denominada, *Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento industrial en una empresa de fabricación de cartón corrugado*, una inversión inicial de S/ 124000.00 en un tiempo de 5 años en la que la inversión ofrecería un TIR de 18% en un escenario pesimista y un TIR de 107% en un escenario optimista; indicando que su proyecto de mantenimiento también es rentable pues a al igual que la propuesta de implementación en el Hospital Regional de Cajamarca esto debido a que los la esencia de las dos investigaciones es la implementación de un sistema de mantenimiento.

Por otro lado (Portal & Salazar, 2016) en su investigación denominada *Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en la Gestión de Mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa Multiservicios Punre SRL*, determinó que la implementación de su proyecto permitió que los equipos de movimiento de

tierras se incrementarían la disponibilidad de estos mismos manteniéndola igual o mayor al 85%, es decir que la disponibilidad de los equipos incremento en 6%, siendo también un proyecto de mantenimiento rentable en el caso de ejecutarse, es decir al compararse con la investigación desarrollada en el Hospital Regional de Cajamarca en la cual se logró un incremento de la disponibilidad en 23% y al hacer la comparación respectiva de resultados se da más consistencia a la investigación mencionada ya que la investigación desarrollada en Multiservicios Punre SRL menciona se considera rentable con un incremento único de 6% de disponibilidad.

En cuanto a las limitaciones de este trabajo de investigación podemos resaltar la escasa información y accesibilidad a los ambientes donde funciona el área de mantenimiento; ante este inconveniente se gestionó el acceso mediante una solicitud dirigida al Director del Hospital Regional de Cajamarca, el cual permitió acceder a la información necesaria. Existe poca información de antecedentes de investigación relacionados al tema de mantenimiento en nuestro país, en este sentido se ha consultado tesis de autores de países vecinos donde se aplica el mismo sistema de salud.

Con respecto al poco acceso a las instalaciones de los equipos biomédicos, por tener un significado de sensibilidad y respeto a los pacientes; se coordinó con los encargados de las áreas involucradas en este estudio para realizar las visitas en horarios donde los pacientes no se encuentran dentro de las mismas. La demora en la implementación de nuevas metodologías de trabajo en lo que respecta a mantenimiento preventivo en equipos biomédicos se refleja porque hasta la fecha no se evidencia la presencia de ningún tipo. Ante esto se dialogó con el encargado del área de mantenimiento la importancia de gestionar la inversión para aplicar nuevas tecnologías y su beneficio que representa en cuanto a mejorar la disponibilidad de los equipos biomédicos.

Esta investigación abre un sendero muy importante en estudios futuros sobre la mejora en temas de gestión de mantenimiento orientados a incrementar la disponibilidad de equipos en el sector salud y otros; además de aplicar nuevas herramientas para obtener una mejor productividad de las empresas.

Finalmente podemos acotar que la gestión de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos o maquinaria de una empresa resulta un gran aporte desde el punto de vista de la ingeniería, que se ve reflejado en la productividad y el aumento de la vida útil de los equipos y/o maquinarias. Además de reforzar los conocimientos técnicos plasmados en este trabajo de investigación para otros autores interesados en realizar investigaciones en temas relacionados ya que estamos convencidos que el cumplimiento de esta mejora requiere del compromiso de todas las personas involucradas empezando desde el personal de piso hasta la alta gerencia.

## CONCLUSIONES

Tras el diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el Hospital Regional de Cajamarca y en base a los objetivos trazados, se concluye en lo siguiente:

- Se diseñó la propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos biomédicos en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.
- Se Realizó un diagnóstico del mantenimiento preventivo actual en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca utilizando herramientas tales como: diagrama Ishikawa, check list, matriz AMFE y entrevista directa.
- Se analizó la disponibilidad de los equipos biomédicos actual en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca mediante el uso de los indicadores MTBF y MTTR encontrando una disponibilidad de 63% en promedio de los 5 equipos en estudio.
- Se diseñó la propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el Hospital Regional de Cajamarca, con la ejecución de capacitaciones pertinentes en uso correcto de EPP y en gestión de mantenimiento preventivo, así también con la ejecución de herramientas tales como; formatos de inventario técnico, ordenes de trabajo, guías de internamiento, programa anual de mantenimiento, cuadrillas de mantenimiento, formatos de control, etc.
- Se midió los indicadores de la disponibilidad de los equipos biomédicos después de la propuesta de implementación en el Hospital de Cajamarca, y se encontró como resultado una disponibilidad de 86% en promedio de los 5 equipos biomédicos estudiados, indicando una mejora de 23%.
- Se realizó un análisis Costo – Beneficio de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo en el departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca, encontrando un TIR de 25% y un VAN de S/. 28,323.22 indicando que el proyecto es rentable en caso se llegue a su ejecución.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis de la situación en la empresa, la metodología aplicada y los resultados obtenidos en la investigación, se recomienda a la empresa y a otras investigaciones futuras:

- Utilizar otras herramientas y otros formatos de los implementados en el desarrollo de esta investigación para poder optimizar un sistema de manteniendo
- Utilizar un software que involucre todos los formatos y herramientas de mantenimiento para realizar una mejor gestión y administración de los sistemas.
- Mantener en práctica la aplicación de las capacitaciones constantes, por medio de los oraos de control implementados ya así mismo el cumplimiento de formatos de control y herramientas para que el sistema funcione adecuadamente.
- Se recomienda en primera instancia al Personal a cargo del mantenimiento, que mantenga su inventario actualizado para tener un registro de los equipos biomédicos que se encuentran instalados en ésta área y saber cuáles están en condiciones de operatividad y cuáles no. Por otro lado, es importante dado a que el inventario es el núcleo o base de la gestión orientada a riesgos y sin una buena documentación no se podría manejar adecuadamente los indicadores.
- En cuanto al cumplimiento del plan anual, se recomienda que respete los protocolos de inspección y de control que se encuentran elaborados mediante un estudio realizado y basado en las normas de ECRI sobre los intervalos de IPM de acuerdo a lo que indica el plan, además de los factores que determinan estas actividades.
- Es necesario que el técnico sea organizado en los registros que vaya consignando en las listas de chequeo, las ordenes de trabajo, los protocolos IPM y los protocolos de mantenimiento planificado del entorno; pues son entradas claves para la definición de los indicadores.
- Es importante que el personal encargado de mantenimiento de esta área, tenga en cuenta la definición e interpretaciones de los indicadores, para que cuando el sistema recomendado sea implementado, pueda identificar cuáles son las falencias o puntos críticos de la gestión y así establecer posibles planes de mejoramiento de la misma.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Libros:

- García P. O. (2012) *Gestión moderna de mantenimiento industrial: principios fundamentales*. Bogotá, Ediciones de la U, 2012.
- Boero, C. (2006). *Mantenimiento industrial*. Córdoba. Jorge sarmiento. Universitas 2006.
- Dounce, V. E. (2000). *La productividad en el mantenimiento industrial*. México DF. CECOSA. 2000
- Dounce, V. E (2013). *La productividad en el mantenimiento industrial*. México DF. Alafi impresores SA.
- Gallara & Pontelli (2005). *mantenimiento industrial*. Argentina.
- Pinto, A. K. 1995 *Gerenciamiento moderno de Manutenção*, Brasil. 1995
- Esquivel, c. (2014) *Plan anual de mantenimiento hospitalario – Red asistencial Cajamarca*.
- Arroyo, P & Vásquez, R (2016) *Ingeniería Económica ¿Cómo medir la rentabilidad de un proyecto?* Lima –Perú. Fondo editorial 2016.

### Tesis:

- Magallón, A (2011). *Implementación de mantenimiento preventivo en el Instituto mexicano seguro social*". (Tesis para obtener el Título en Ingeniería mantenimiento Industrial) México.
- García, (2013). "*Plan de Mantenimiento Preventivo para la Blisteadora GM Penta II de Laboratorios Farma S.A*". (Tesis de titulación) Maracay; Aragua.
- Portal, E., & Salazar, P. (2016). "*propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (tpm) en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa multiservicios punre srl, cajamarca 2016*"(Tesis de Titulacion ).Universidad privada del Norte , Cajamarca; Perú.
- Muños, J. (2014) "*Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento industrial en una empresa de fabricación de cartón corrugado*" (Titulo en Ingeniería Industrial), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú
- Chaves,H.&Espinoza,R.(2016) *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta*

*de alimentos de la empresa minera la Zanja S.R.L.* (Tesis para la Obtención del Título en ingeniería Industrial). Universidad Privada del Norte, Cajamarca; Perú.

Gaytán, A. (2000). *Administración del Mantenimiento*. Monterrey, NL. México.

Salas, M. (2012). *Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil* (Tesis para la Obtención del Título en Ingeniería Industrial) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima- Perú.

Ricaldi, M. (2013). *Propuesta para la mejora de la disponibilidad de los camiones de una empresa de transportes de carga pesada, mediante el diseño de un sistema de Gestión de Mantenimiento* (Proyecto profesional para optar por el título de Ingeniero Industrial) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima- Perú.

Rodriguez, M. (2012). *propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de cajamarca* (Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Industrial) Universidad Privada del Norte. Cajamarca - Perú.

Estrada, J & Sifuentes, P. (2011). *Gestión de Mantenimiento de Equipos Médicos en la Fundación Clínica Infantil Club Noel: Módulo de Ingeniería Biomedica* (pasantías para obtener el grado de Ingeniero Biomedico) Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali – Colombia.

## **Leyes, decretos supremos.**

Ley 29459 – MINSa, *ley de productos farmacéuticos dispositivos médicos y productos sanitarios* (Noviembre 29, 2009). Art. 6: “clasificación” Comisión Permanente del Congreso de la República del Perú. Recuperado de <http://www.digemid.minsa.gob.pe/Upload/Uploaded/PDF/Ley29459.pdf>.

Ley N° 26842 – MINSa *Ley General de Salud*, Decreto Supremo N° 031-2014-SA (Noviembre 6, 2014). Por el inciso 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; recuperado de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/snip/2015/Documentos\\_MINSA/19B\\_DS\\_N\\_013\\_2006\\_SA\\_Reglamento\\_de\\_Establecimientos\\_de\\_Salud\\_y\\_Servicios\\_Medicos\\_de\\_Apoyo.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/snip/2015/Documentos_MINSA/19B_DS_N_013_2006_SA_Reglamento_de_Establecimientos_de_Salud_y_Servicios_Medicos_de_Apoyo.pdf).

## **Medios Electrónicos**

Conceptos Básicos de Mantenimiento industrial, Instituto Nacional de México. (2015). (En Línea). Recuperado 16 de agosto de 2015.

[http://www.itsteziutlan.edu.mx/site2010/index.php?option=com\\_content&view=article&d=685:conceptos-basicos-sobre-mantenimiento-industrial&catid=27:articulos&Itemid=288](http://www.itsteziutlan.edu.mx/site2010/index.php?option=com_content&view=article&d=685:conceptos-basicos-sobre-mantenimiento-industrial&catid=27:articulos&Itemid=288)

Evolución del Mantenimiento; estudio realizado por la universidad mayor de San Marcos, (2011). [En Línea] Recuperado 20 de octubre de 2015,

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis%20para%20marcaci%C3%B3n%20\(para%20Inform%C3%A1tica\)/2011/rivera\\_re/borrador/convertidas%20pdf/Capitulo%201.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis%20para%20marcaci%C3%B3n%20(para%20Inform%C3%A1tica)/2011/rivera_re/borrador/convertidas%20pdf/Capitulo%201.pdf)

GUTIERREZ SENRA, José Alain; CRISTO BROCHE, Elier. Sistema de Gestión Tecnológica Hospitalaria V 1.0. [En línea]. La Habana: Centro de Bioingeniería del Instituto superior Politécnico José Antonio Echeverría. [Consultado 24 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www.sld.cu/eventos/habana2001/arrepdf/00141.pdf>

## ANEXOS

**Anexo 1: Inventario físico de los equipos biomédicos del departamento de diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca.**

Tabla n° 41: *Inventario físico y funcional de los equipos biomédicos del departamento de diagnóstico por imágenes del HRC.*

NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	SERIE	UBICACIÓN	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO	NIVEL DE RIESGO	MANUALES
TOMOGRFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL	1	GENERAL ELECTRIC	5126093	27216YC1	SALA TAC	TCO INTERNO	ALTA	OPERACIÓN
TERMOMETRO HIGROMETRO	1	COLBOOX	N/A	14X8X2CM	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
TERMOMETRO INFRARROJO	1	RIESTER	RITHERMO N	15CM	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	BAJA	NO TIENE
LARINGOSCOPIO	3	RIESTER	N/A	15CM	SALA TAC	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
TENSIOMETRO	1	RIESTER	124	101134352	SALA TAC	TCO INTERNO	BAJA	NO TIENE
ASSPIRADOR DE SECRECIONES	1	THOMAS	1633GL	1112004306	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
IMPRESORA LASER DE PELICULA RADIOGRAFICA	1	CODONICS	N/A	50C05364C	RAYOS X	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
PROCESADOR REVELADOR DE PLACAS PARA RAYOS X	1	ADA	N/A	810 PLUS-4430	RAYOS X	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
DESIOMETRO OSEO	1	HOLOGIC	101547	13295	DENSIOMETRÍA	TCO INTERNO	ALTA	OPERACIÓN
FANTOMA DE CALIBRACION	1	HOLOGIC	280-0180	010-0758	RAYOS X	TCO INTERNO	BAJA	NO TIENE
EQUIPO DE BIOPSIA PARA MAMAS	1	HOLOGIC	545	CPCCP34627150200002	SALA DE MAMOGRAFIAS	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
MAMOGRAFO	1	HOLOGIC	4-000-0014	194031012481	SALA FO MAMOGRAFIAS	TCO INTERNO	ALTA	OPERACIÓN
NEGATOSCOPIO	6	N/A	N/A	8X10X51CM	RAYOS X	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
MESA PARA EXAMENES DE CURACIONES	1	METAX	N/A	198X66X61 CM	RAYOS X	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
ESTUCHE DE ADAPTADOR DE BIOPSIA	6	TOSHIBA	UAGV013A	21X14X8 CM	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	BAJA	NO TIENE
ADAPTADORES DE ECOGRAFO	7	N/A	N/A	S/S	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	BAJA	NO TIENE
EQUIPO DE ECOGRAFO ULTRASONIDO	1	TOSHIBA	SSA-53SA	N2M1083188	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	ALTA	OPERACIÓN
VIDEO IMPRESORA DE ECOGRAFO	1		UP-X89BMD	7000812	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE

EQUIPO ECOGRAFO ULTRASONIDO	1		S	026P520319	ECOGRAFIAS	TCO INTERNO	ALTA	OPERACIÓN
RESTOSCOPIO		GERMANY	N/A	2790437	RAYOS X	TCO INTERNO	BAJA	NO TIENE
EQUIPO DE RADIODIAGNOSTICO	4	CONTROLX	N/A	90X24X965 CM	RAYOS X	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
SECADOR DE PLACAS RADIGRAFICAS	1	N/A	N/A	48X84X88	RAYOS X	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
EQUIPO DE ANESTECIA	1	HOYOC	20016-6210- 800	ABA00409	SALA DE ECOGRAFÍAS	TCO INTERNO	MEDIA	NO TIENE
EQUIPO DE RAYOS X	1	INTERRMEDICAL	BASIC100-30	005/10/00925	RAYOS X	TCO INTERNO	ALTA	OPERACIÓN

#### LEYENDA DE VALORACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

<b>CLASE I: BAJO RIESGO</b>	<b>CLASE BAJA: RIESGO MODERADO</b>	<b>CLASE MEDIA: ALTO RIESGO</b>	<b>CLASE ALTA: MUY ALTO RIESGO</b>
<b>N/A: NO SE CONOCEN LOS DATOS O REGISTROS DE ADQUISICIÓN</b>	FD: FORMA DIRECTA		

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo n° 2: Expediente del equipo biomédico hospitalario.**

Tabla n° 42: expediente del equipo biomédico.

EXPEDIENTE DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS DEL DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA.					Fecha Actualización Feb-09	
					Página 1/1	
					<b>EQUIPO</b>	ELECTROCARDIOGRAFO
<b>MARCA</b>	KENS		<b>UBICACIÓN</b>	RAYOS X		
<b>MODELO</b>	106					
<b>N° SERIE</b>	60361385					
<b>DEFINICIÓN.</b> EL MONITOR DE EKG ES UTILIZADO PARA MEDIR Y SENSAR LAS SEÑALES BIOPOTENCIALES DEL CORAZÓN.						
VARIABLE						
MEDIDA		OTROS		MEDIDA		
<b>TENSIÓN</b>	120	<b>V</b>	<b>FUENTE</b>	N	<b>V</b>	
<b>CORRIENTE</b>	1	<b>A</b>	<b>BATERÍA</b>	N	<b>V</b>	
<b>POTENCIA</b>	25	<b>W</b>	<b>FUSIBLE EXT</b>	N	<b>A</b>	
<b>RESISTENCIA</b>	5	<b>Ω</b>	<b>FUSIBLE INT</b>	N	<b>A</b>	
<b>FRECUENCIA</b>	60	<b>Hz</b>				
<b>N°FASES</b>	L1,N					
OTROS SUMINISTROS			OTRAS CARACTERÍSTICAS			
<b>AGUA</b>	N	<b>N/m<sup>2</sup></b>	<b>TEMPERATURA</b>	N	<b>°C</b>	
<b>AIRE</b>	N	<b>N/m<sup>2</sup></b>	<b>HUMEDAD</b>	N	<b>% Humedad</b>	
<b>O2</b>	N	<b>Libras</b>	<b>PESO</b>	N	<b>Kg</b>	
<b>VACÍO</b>	N	<b>cm-H2O</b>	<b>PRESION</b>	N	<b>PSI</b>	
ACCESORIOS						
DESCRIPCIÓN			OBSERVACIONES			
CABLE DE DOCE DERIVACIONES						
PAPEL TERMICO						
ELECTRODOS						
GEL						
OTRA INFORMACIÓN						
<b>PERSONAL ESPECIALIZADO PARA SU OPERACIÓN: TECNÓLOGO</b>						
<b>PERSONAL RESPONSABLE PARA EL MANTENIMIENTO: INGENIERO ELECTROMÉDICO</b>						
<b>OBSERVACION:</b> INCLUIR UN EQUIPO EN UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO, ES DE SUMA IMPORTANCIA PARA EL BIENESTAR DEL PACIENTE Y DE LA VIDA ÚTIL DEL EQUIPO.						
<b>ELABORÓ</b>			<b>APROBÓ</b>			

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo n° 3: Evaluación integral de equipos biomédicos del área de Diagnóstico por Imágenes

#### a) Evaluación Integral de Equipos Biomédicos de Riesgo Alto.

Tabla n° 43: Evaluación integral de equipos Biomédicos de Riesgo Alto.

NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	NIVEL DE RIESGO
TOMOGRAFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL	1	GENERAL ELECTRIC	5126093	SALA TAC	ALTA
DESIOMETRO OSEO	1	HOLOGIC	101547	DENSIOMETRÍA	ALTA
MAMOGRAFO	1	HOLOGIC	4-000-0014	SALA FO MAMOGRAFIAS	ALTA
EQUIPO ECOGRAFO ULTRASONIDO	1		S	ECOGRAFIAS	ALTA
EQUIPO DE RAYOS X	1	INTERRMEDICAL	BASIC100-30	RAYOS X	ALTA

Fuente: Elaboración propia.

#### b) valuación integral de equipos Biomédicos de Riesgo Medio

Tabla n° 44: Evaluación Integral del equipo biomédico de riesgo medio.

NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	NIVEL DE RIESGO
TERMOMETRO HIGROMETRO	1	COLBOOX	S/M	ECOGRAFIAS	MEDIA
LARINGOSCOPIO	3	RIESTER	S/M	SALA TAC	MEDIA
ASSPIRADOR DE SECRECIONES	1	THOMAS	1633GL	ECOGRAFIAS	MEDIA
IMPRESORA LASER DE PELICULA RADIOGRAFICA	1	CODONICS	S/M	RAYOS X	MEDIA
PROCESADOR REVELADOR DE PLACAS PARA RAYOS X	1	ADA	S/M	RAYOS X	MEDIA
EQUIPO DE BIOPSIA PARA MAMAS	1	HOLOGIC	545	SALA DE MAMOGRAFIAS	MEDIA
NEGATOSCOPIO	6	S/M	S/M	RAYOS X	MEDIA
MESA PARA EXAMENES DE CURACIONES	1	METAX	S/M	RAYOS X	MEDIA
VIDEO IMPRESORA DE ECOGRAFO	1		UP-X89BMD	ECOGRAFIAS	MEDIA
EQUIPO DE RADIODIAGNOSTICO	4	CONTROLX	S/M	RAYOS X	MEDIA
SECADOR DE PLACAS RADIGRAFICAS	1	S/M	S/M	RAYOS X	MEDIA
EQUIPO DE ANESTECIA	1	HOYOC	20016-6210-800	SALA DE ECOGRAFIAS	MEDIA
EQUIPO DE ECOGRAFO ULTRASONIDO	1	TOSHIBA	SSA-53SA	ECOGRAFIAS	MEDIA

Fuente: Elaboración propia.



### C. Evaluación integral de equipos Biomédicos de Riesgo Bajo

Tabla n ° 45: *Evaluación Integral del equipo biomédico de riesgo bajo.*

NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	NIVEL DE RIESGO
TERMOMETRO INFRARROJO	1	RIESTER	RITHERMON	ECOGRAFIAS	BAJA
TENSIOMETRO	1	RIESTER	124	SALA TAC	BAJA
FANTOMA DE CALIBRACION	1	HOLOGIC	280-0180	RAYOS X	BAJA
ESTUCHE DE ADAPTADOR DE BIOPSIA	6	TOSHIBA	UAGV013A	ECOGRAFIAS	BAJA
ADAPTADORES DE ECOGRAFO	7	S/M	S/M	ECOGRAFIAS	BAJA
RESTOSCOPIO		GERMANY	S/M	RAYOS X	BAJA

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo N° 4). Inventario para el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos del departamento de Diagnóstico en el HRC**

Tabla n° 46. *Inventario para el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos del departamento de Diagnóstico en el Hospital Regional de Cajamarca.*

NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	NIVEL DE RIESGO	INTERVALO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO VECES/AÑO
TOMOGRAFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL	1	GENERAL ELECTRIC	5126093	SALA TAC	ALTA	3
DESIOMETRO OSEO	1	HOLOGIC	101547	DENSIOMETRÍA	ALTA	2
MAMOGRAFO	1	HOLOGIC	4-000-0014	SALA FO MAMOGRAFIAS	ALTA	2
EQUIPO DE ECOGRAFO ULTRASONIDO	1	TOSHIBA	SSA-53SA	ECOGRAFIAS	ALTA	2
EQUIPO ECOGRAFO ULTRASONIDO	1		S	ECOGRAFIAS	ALTA	1
EQUIPO DE RAYOS X	1	INTERRMEDICAL	BASIC100-30	RAYOS X	ALTA	2

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 5). Pruebas de seguridad eléctrica según Norma IEC 60601-1

#### a). Pruebas de seguridad eléctrica para equipos médicos tipo BF/B, clase I y II

Tabla n° 47. Pruebas de seguridad eléctrica para equipos médicos tipo BF/B, clase I y II

Medición		Valores límites		Mediciones realizadas		Unidad
		Clase I	Clase II	Clase I	Clase II	
CORRIENTE DE FUGA DERIVACIÓN A TIERRA	S.F.C	$\leq 1$	NA		NA	mA
	N.C	$\leq 0,5$	NA		NA	
CORRIENTE DE FUGA DERIVACIÓN CARCASA	S.F.C	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$			mA
	N.C	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$			
CORRIENTE DE FUGA DERIVACIÓN A PACIENTE	S.F.C	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$			mA
	N.C	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$			
CORRIENTE AUXILIAR A PACIENTE	S.F.C	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$			mA
	N.C	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$			
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		$\geq 2$	$\geq 7$			M $\Omega$
RESISTENCIA DE TIERRA		$\leq 0,2$	NA		NA	$\Omega$
TENSIÓN DE RED		120 ( + 5 % -10%)	120 ( +5 % -10 %)			V

Fuente: General Electric "Instalaciones y especificaciones de equipos y maquinas industriales"

Elaboración propia.

**b). Pruebas de seguridad eléctrica para equipos médicos tipo CF, clase I y II, registrados dentro del departamento de estudio.**

Tabla n° 48. Pruebas de seguridad eléctrica para equipos médicos tipo CF, clase I y II, registrados dentro del departamento de estudio.

Medición		Valores límites		Mediciones realizadas		Unidad
		Clase I	Clase II	Clase I	Clase II	
CORRIENTE DE FUGA DERIVACIÓN A TIERRA	S.F.C	≤ 1	NA		NA	mA
	N.C	≤ 0,5	NA		NA	
CORRIENTE DE FUGA DERIVACIÓN CARCASA	S.F.C	≤ 0,05	≤ 0,05			mA
	N.C	≤ 0,1	≤ 0,01			
CORRIENTE DE FUGA DERIVACIÓN A PACIENTE	S.F.C	≤ 0,05	≤ 0,05			mA
	N.C	≤ 0,1	≤ 0,01			
CORRIENTE AUXILIAR A PACIENTE	S.F.C	≤ 0,05	≤ 0,05			mA
	N.C	≤ 0,01	≤ 0,01			
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		≥ 20	≥ 70			MΩ
RESISTENCIA DE TIERRA		≤ 0.2	NA		NA	Ω
TENSIÓN DE RED		120 ( +5 % -10%)	120 ( +5 % -10%)			V

Fuente: General Electric “Instalaciones y especificaciones de equipos y maquinas industriales”

Elaboración propia.

Anexo 6). Formato de Inspección y Mantenimiento Preventivo.

**INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

---

**Procedimiento N°**

---

**Eco cardiógrafo.**

---

**Código:** \_\_\_\_\_ **Nivel de Riesgo:** Alto. **Intervalo**

Anual

**Intervalo del hospital:** \_\_\_\_\_

**Fecha de inicio:** \_\_\_\_\_ **Hora:** \_\_\_\_\_

**Fecha de terminación:** \_\_\_\_\_ **Hora:** \_\_\_\_\_

**1. Pruebas Cualitativas.**

- 1.1. **Chasis / Carcasa.** Examinar el exterior del equipo y las condiciones físicas en general. Estar seguro que la carcasa está intacta, y que no hay indicios de serios abusos.
- 1.2. **Montaje.** Si el equipo está montado sobre una estantería o en un carro, examinar las condiciones del montaje. Si está sobre una estantería, revisar la seguridad de sus amarres.
- 1.3. **Frenos del Carro.** Si el equipo en sí constituye un carro transportable, verificar que no haya acumulación en las ruedas de hilos o suciedades, asegurarse que giran con suavidad. Revisar el funcionamiento de los frenos.
- 1.4. **Enchufe de Red y Base de Enchufe.** Examinar si está dañado el enchufe de red. Mover las clavijas para determinar si son seguras. Examinar el enchufe y su base para determinar que no falta ningún tornillo, que no está el plástico roto y que no hay indicios de peligro.
- 1.5. **Cables de Red.** Inspeccionar el cable por si hay señales de daño. Si está dañado, reemplazar el cable entero. Si el daño está producido en el principio o en el final se puede arreglar cortándolo y volviendo a montarlo. Estando seguro que se conecta con la polaridad correcta.
- 1.6. **Seguro contra Tirones.** Examinar las seguridades contra tirones de ambos lados del cable de red; que agarren al cable con seguridad.
- 1.7. **Interruptores y Fusibles.** Si el equipo tiene un interruptor chequear que su

movilidad sea libre. Si el equipo está protegido por un fusible externo chequear su valor y modelo, ver que es el adecuado según marca la etiqueta de características del equipo.

- 1.8. **Cables.** Inspeccionar todos los cables y sus seguridades contra tirones. Examinar los cables para detectar roturas en el aislamiento y asegurarse que ellos agarran bien en sus partes finales, sin posibilidad de rotación del terminal sobre el cable. Verificar que no haya fallos intermitentes al doblar los cables eléctricos cerca de cada final y medir continuidad para verificar que no hay problemas.
- 1.9. **Accesorios de amarre y Conectores.** Examinar todos los cables eléctricos, condiciones generales de los conectores. Los conectores eléctricos deberían estar limpios y rectos.
- 1.10. **Transductores.** Revisar que no haya deterioros, fisuras, o deformaciones en la superficie de la cabeza de la sonda de ultrasonidos. Revisar que el fluido acústico es mecánicamente distribuido a los transductores; rellenar las sondas con el fluido recomendado si existen burbujas de aire.
- 1.11. **Filtros.** Revisar la condición de todos los filtros y rejillas de ventilación de aire. Limpiar o reemplazar los filtros si es necesario.
- 1.12. **Controles y Teclas.** Examinar todos los controles y teclas en su estado físico, montaje seguro y, movimientos correctos. Si algún mando de control tiene fijados topes de límite, revisarlos y ver que el mando se detiene en la posición conveniente.
- 1.13. **Disipadores.** Revisar las condiciones físicas del sistema de ventilación. Limpiar y lubricar los disipadores si les hace falta.
- 1.14. **Indicadores y pantallas.** Asegurarse que funcionan todos los segmentos de las pantallas. Observar una imagen en la pantalla y, ver que ésta es de calidad.
- 1.15. **Modos de Calibración.** Verificar que todas las funciones de calibración son operativas.
- 1.16. **Señales Audibles.** Operar con el equipo para que se active cualquier señal audible. Confirmar que se escucha con el adecuado volumen; usar el control de volumen si es requerido.
- 1.17. **Accesorios.** Confirmar la presencia y las condiciones de los accesorios (electrodos y gel de acoplamiento), verificar que no han caducado.
- 1.18. **Simulador ECG.** Usando un simulador de ECG, verificar la operación normal de funcionamiento de los Ecocardiógrafo, de acuerdo con el siguiente criterio:
  - La línea base debería tener constante espesor, ser horizontal y no descender. En sistemas equipados con control de posición, revisar el rango de movimiento.
  - Todas las partes de una simulación de ECG, la forma de onda debería ser
  - claramente visible, incluyendo la P del complejo de QRS.
  - No debería haber ruido presente de 50 Hz.
  - La exactitud de los intervalos entre la frecuencia marcada en pantalla por el Eco

cardiógrafo debería concordar con la frecuencia del simulador de ECG.

## 2. Mantenimiento Preventivo.

21. **Limpieza.** Limpiar el exterior y el interior de los equipos grabadores de imagen, incluyendo monitores, impresoras, y grabadores de vídeo.
22. **Lubricación.** Lubricar las partes móviles, incluyendo ruedas, accesorio para conducción, y arrastres para deslizamiento.
23. **Rellenado de los Transductores.** Rellenar mecánicamente los conductos de los transductores con el fluido acústico recomendado por el fabricante, si existen burbujas de aire.
24. **Limpieza de Disipadores y Filtros.** Limpiar los disipadores y los filtros del sistema de ventilación de Ecógrafo.

## 3. Prueba de Aceptación.

31. Verificar el funcionamiento general del equipo.

## INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### Lista de Comprobación

#### Tomógrafo Computarizado Helicoidal

#### 1. Pruebas Cualitativas.

#### Inspección.

Pasó:

Falló:

- 1.1. Chasis / Carcasa.
- 1.2. Montaje.
- 1.3. Frenos del Carro.
- 1.4. Enchufe de Red y Base de Enchufe.
- 1.5. Cables de Red.
- 1.6. Seguro contra Tirones.
- 1.7. Interruptores y Fusibles.
- 1.8. Cables.
- 1.9. Accesorios de amarre y Conectores.
- 1.10. Transductores.
- 1.11. Filtros.
- 1.12. Controles y Teclas.
- 1.13. Disipadores.
- 1.14. Indicadores y pantallas.
- 1.15.** Modos de Calibración.
- 1.16. Señales Audibles.
- 1.17. Accesorios.
- 1.18. Simulador ECG.


#### 2. Mantenimiento Preventivo.

Realizado:

- 2.1. Limpieza.
- 2.2. Lubricación.
- 2.3. Rellenado de los Transductores.
- 2.4. Limpieza de Disipadores y Filtros.


#### 3. Prueba de Aceptación.

Pasó:

Falló:

- 3.1. Funcionamiento General.

--



Material Gastable.	Unidades
• Limpiador desinfectante Frotex.	g
• Limpiador de contactos.	L
• Lubricante 556.	L
• Alcohol 96%.	L
• Silicona de spray.	cm <sup>3</sup>
• Solvente Varsol	L
• Lija No 300.	cm <sup>2</sup>
• Resina epoxica	mL
• Resina acrílica.	mL
• Estaño.	m
• Cinta aislante.	m
• Cinta termo – encogible	m
• Vaselina.	g

#### 4. Herramientas y Equipos de prueba

- Juego de pinzas.
- Juego destornilladores.
- Multímetro.
- Cautín.
- Llaves Allen.
- Tercera mano.
- Simulador de ECG.
- 

#### 5. OBSERVACIONES.

---



---



---

Referencias Bibliográficas: Procedimiento de inspección y mantenimiento preventivo: ecógrafo [en línea. [Consultado el 10 de abril del 2016]. Disponible en Internet: <http://usuarios.multimania.es/legajius/Dir/Protocolos/Ecografos/ecog.pdf>

**Anexo 7. Formato de orden de trabajo.**

Tabla n°49. Formato de orden de trabajo para las actividades de mantenimiento.

		ORDEN DE TRABAJO			
		MINISTERIO DE SALUD - HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA			
CÓDIGO EQUIPO:	FECHA DE SOLICITUD	/ / /			
		DÍA	MES	AÑO	HORA
	FALSA SOLICITUD:				
	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	
	EQUIPO FUERA DE SERVICIO:				
	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	
ÁREA:					
	FECHA DE REPORTE DE SERVICIO TÉCNICO	/ / /			
		DIA	MES	AÑO	HORA
PERSONA QUE SOLICITA EL SERVICIO:			CARGO :		
DESCRIPCIÓN DETALLADA DE SOLICITUD DE SERVICIO	MANTENIMIENTO EFECTUADO POR:				
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO:				
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO:				
DATOS DEL EQUIPO		ESPECIFICACIONES DEL SERVICIO			
EQUIPO					
MARCA					
MODELO					
SERIE					
MATERIALES Y REPUESTOS					
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN			COSTO	

	COSTO TOTAL	

<b>ALTA DEL EQUIPO:</b>				/	/	/
	DÍA	MES	AÑO	HORA		

**OBSERVACIONES (TECNICO DE MANTENIMIENTO/SOLICITANTE/TALLER EXTERNO):**


FIRMAS			

RECIBIDO POR

APROBACIÓN DEL SERVICIO

RECIBI CONFORME

PERSONA QUE REALIZÓ EL  
MANTENIMIENTO

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 8. Cálculo de carga para el plan de mantenimiento anual de los equipos biomédicos del departamento de diagnóstico por imágenes del HRC.**

**a) Cálculo de carga para el plan de mantenimiento anual de los equipos biomédicos del departamento de dx. Por imágenes del HRC.**

Tabla n° 50. *Cálculo de carga para el plan de mantenimiento anual de los equipos biomédicos del departamento de dx. Por imágenes del HRC.*

Equipo	Código	Intervalo IPM	Tiempo promedio	Cálculo carga plan anual (minutos)
			M.P (minutos)	
TOMOGRAFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL		3	90	180
DESIOMETRO OSEO		2	60	60
MAMOGRAFO		2	150	300
EQUIPO ECOGRAFO ULTRASONIDO		2	150	300
EQUIPO DE RAYOS X		2	45	45
			<b>Subtotal</b>	885
			<b>Equivalente en horas</b>	14.75

**b) Cálculo de carga para el plan anual de los equipos médicos/hospitalarios pertenecientes del mantenimiento planificado del departamento por asignación del área de mantenimiento.**

Equipo	Código	Intervalo IPM	Tiempo promedio M.P (minutos)	Cálculo carga plan anual (minutos)
TOMOGRAFO COMPUTARIZADO HELICOIDAL	URG-16	3	90	180
DESIOMETRO OSEO	DX- 02	2	90	180
MAMOGRAFO	RX093	2	150	300
EQUIPO ECOGRAFO ULTRASONIDO	RX034	2	180	360
EQUIPO DE RAYOS X	ED204	2	60	120
<b>Subtotal</b>				1480
<b>Equivalente en horas</b>				

Fuente: Departamento de Ingeniería Clínica del HRC.

Elaboración Propia

**Anexo 9. Cronograma del plan de mantenimiento Preventivo anual para los equipos biomédicos del departamento de Diagnóstico por imágenes del Hospital Regional de Cajamarca:**

*Tabla n° 51. Diseño del plan anual de mantenimiento preventivo en los equipos Biomédicos en el área de diagnóstico por Imágenes.*

CODIGO	ENERO																MAYO																SEPTIEMBRE																	
	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4																	
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
5126093																																																		
101547																																																		
4-000-0014																																																		
N/A																																																		
BASIC100-30																																																		

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 10. Cronograma de un plan de capacitación anual para el personal de mantenimiento del Hospital Regional de Cajamarca

Tabla n° 52. Cronograma de un plan de capacitación anual para el personal de mantenimiento del Hospital Regional de Cajamarca.

CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES DEL PERSONLA DE MANTENIMIENTO EN EL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMRCA									
TEMAS DE CAPACITACION	ENCARGADO/CAPACITADOR	AREA INVOLUCRADA	HORAS/CAPACITACIÓN	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4	VECES/AÑO	OBSERVACIONES
Sensibilización sobre uso y cuidado de los equipos biomédicos y en gestión de mantenimiento preventivo.	Ingeniero Especialista	Gestión Tecnológica Hospitalaria	6	30/11/2016	30/03/2017	30/06/2017	30/10/2017	4	
Reparación y manejo general de equipos Biomédicos	Ingeniero Especialista	Gestión Tecnológica Hospitalaria y Diagnóstico por Imágenes	5	15/12/2016	15/04/2017	15/07/2017	20/11/2017	4	
Uso correcto de los Equipos de Protección Personal	Ingeniero Prevencionista	Gestión Tecnológica Hospitalaria y Diagnóstico por Imágenes	5	20/11/2016	22/03/2017	25/06/2017	28/10/2017	4	

Fuente: Elaboración Propia