



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL
INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE
EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES
DEL CENTRO MÉDICO NAVAL CMST, AÑO 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Nilder James Cubas Diaz

Asesor:

Dr. Ing. Napoleón Jáuregui Nongrados

<https://orcid.org/0000-0002-0410-8719>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	LULIO WISTON TORRES VELÁSQUEZ	73572096
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	ALFREDO FERNANDO TEMOCHE LÓPEZ	08616495
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	MARIA ELIZABETH LABAN SALGERO	40648405
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis 1

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

8%

★ 1library.co

Fuente de Internet

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios y a la virgen María, quienes inspiraron mi espíritu para la conducción de esta tesis. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mi esposa quien me dio apoyo moral en esas noches que tocaba investigar. A mi asesor, quien sin su ayuda nunca hubiera sido imposible culminar la tesis. A todos ellos agradezco desde el fondo de mi corazón. Para todos ellos hago esta dedicatoria

AGRADECIMIENTO

“Agradezco muy profundamente a mi asesor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido llegar a esta instancia tan anhelada. gracias por su guía y todos sus consejos, los llevare grabados para siempre en esta memoria en mi futuro profesional”

Tabla de contenido

Jurado evaluador	2
Informe de similitud	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Tabla de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras	8
Resumen	9
Capítulo I: Introducción	10
Capítulo II: Método	20
Capítulo III: Resultados	27
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones	53
Referencias	55
Anexos	58

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	20
Tabla 2 Ficha de registro	25
Tabla 3 % mantenimiento programado	30
Tabla 4 % actividades mantenimiento ejecutadas	30
Tabla 5 Indicadores MTTF actual	31
Tabla 6 Diagnóstico de operatividad	32
Tabla 7 Diagnóstico de disponibilidad actual de los equipos.....	32
Tabla 8 Puntuación de causa raíz	34
Tabla 9 Priorización de causa raíz.....	34
Tabla 10 Modelo de ficha técnica para los equipos de diagnóstico por imágenes.....	36
Tabla 11 Plan de mantenimiento	40
Tabla 12 Programa de capacitaciones	45
Tabla 13 Cronograma de capacitaciones	46
Tabla 14 % de mantenimiento programado después de la mejora.....	47
Tabla 15 % de actividades de mantenimiento ejecutadas después de la mejora.....	48
Tabla 16 Indicadores MTTF después de la propuesta.....	48
Tabla 17 Operatividad luego de la propuesta.....	49
Tabla 18 Disponibilidad luego de la propuesta	49
Tabla 19 Comparativo de resultados antes y después de propuesta	50
Tabla 20 Inversión en capacitación	51
Tabla 21 Flujo caja proyectado	52

Índice de figuras

Figura 1 Instrumento Check list.....	22
Figura 2 Cuestionario utilizado en la encuesta.....	23
Figura 3 Organigrama del centro médico naval “CMST”	28
Figura 4 Diagrama de Ishikawa	33
Figura 5 Diagrama de Pareto	35
Figura 6 Proceso de ejecución de mantenimiento	41
Figura 7 Formato de solicitud de mantenimiento	42

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal aplicar una gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST. En donde se trabajó con una muestra de 10 equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico, de acuerdo con el diagnóstico inicial del área de mantenimiento se midieron ciertos indicadores como el porcentaje de mantenimiento programado y porcentaje de actividades programadas los cuales se encontraron en niveles bajos de 76% y 74% respectivamente. Por otro lado, se encontró un nivel de disponibilidad de los equipos de 88.73%.

Con la propuesta de una gestión de mantenimiento se propusieron un plan de mantenimiento, así como el proceso adecuado para la gestión del mantenimiento, también se elaboraron procedimientos para el correcto control del mantenimiento y finalmente se aplicó la capacitación, se realizó un análisis económico en donde se obtuvo un VAN de S/.304,151.97, una TIR de 45% y un B/C de 1.01, por otro lado se mejoraron en los indicadores de porcentaje de mantenimiento programado y porcentaje de actividades programadas en un 92% y 94% respectivamente, impactando positivamente en el aumento de la disponibilidad de los equipos hasta 96.67%.

PALABRAS CLAVES: Gestión de mantenimiento, disponibilidad, MTTR, MTTF, equipos médicos.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Descripción del problema

De acuerdo a Viveros *et al.* (2020), el mantenimiento de los equipos ocupa un lugar importante en cada empresa ya que tiene como objetivo planear, programar y controlar todas las actividades para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos; si falla alguno de ellos, ocasiona que el proceso se detenga de manera parcial o total, lo que lleva a pérdidas de horas hombre y se deja de producir lo planificado, impactando en los ingresos de la empresa, por otro lado, conlleva a la pérdida de clientes si no se cumple con las entregas comprometidas.

Muchas empresas ven al mantenimiento como un gasto, pero no ven que en realidad es una inversión la cual permite tener disponible los equipos la mayor parte del tiempo lo que resulta beneficioso para que la empresa siga operando con normalidad. De acuerdo con Marín *et al.* (2018), actualmente cualquier empresa que desee enfrentar estos retos debe estar preparada para asimilar los cambios que le imponen el desarrollo, analizando y procesando la información que llega al área de mantenimiento y buscar la forma más eficiente con el mínimo de costo que garantice el desempeño total del mantenimiento y el cumplimiento de la misión y visión de la institución.

Así como las empresas industriales aplican el mantenimiento, también es de suma importancia que todos los establecimientos sanitarios, independiente de su tamaño, adopten un programa de mantenimiento para equipos médicos orientados al riesgo, es necesario diferenciar cada equipo, atendiendo al riesgo que introduce, teniendo en cuenta que los requisitos de mantenimiento varían con el tipo de equipo. Algunos equipos tales como ventiladores, máquinas de la diálisis y artículos similares requieren mantenimiento extensivo. Equipos mecánicos, neumáticos o hidráulicos requieren de alineación rutinaria. Equipos como los monitores fisiológicos y las bombas de infusión necesitan solamente que sea comprobado su funcionamiento y su seguridad, por lo que tienen requisitos de mantenimiento promedio (Miranda, 2021).

El Centro Médico Naval CMST provee de servicios al personal y familiares del cuerpo militar naval de Lima y Callao, este hospital cuenta con las especialidades de traumatología, cirugía, otorrinolaringología, oftalmología, psicología, psiquiatría, endocrinología, pediatría, gastroenterología, neumología, urología, neurología, dermatología y servicio de emergencia que incluye casos especiales. El centro médico cuenta con distintos equipos médicos para prevenir, diagnosticar, tratar y rehabilitar enfermedades de una manera segura y eficaz.

En el presente estudio se consideró trabajar con los equipos de diagnóstico por imágenes como son los equipos de rayos x, tomógrafos, ecógrafos, mamógrafos y resonador magnético, estos equipos no cuentan con un plan de mantenimiento adecuado, obligando a ejecutar mantenimientos correctivos improvisados en la mayoría de casos, produciendo baja disponibilidad de los equipos, de acuerdo al análisis realizado se tiene una disponibilidad actual del 88.73%, la cual genera falta de servicio a los pacientes y prolongación de su diagnóstico y tratamiento, en perjuicio de su salud.

1.1.2. Antecedentes

Antecedentes internacionales

- En el estudio de Rodríguez y Sánchez (2021), aplican la automatización en la gestión del mantenimiento de los equipos médicos en un hospital de La Habana, Cuba. De acuerdo a los autores en dicho centro médico no existe una correcta gestión del mantenimiento lo que conlleva a tener efectos perjudiciales en la atención del paciente porque el equipo correcto no está disponible en el lugar correcto ni en el momento adecuado. Los autores en su estudio presentan una metodología funcional que permite organizar el trabajo para la gestión de mantenimiento de los Equipos Médicos en el hospital de manera automatizada, siguiendo el criterio de orientar el mantenimiento a la disminución del riesgo, diseñando sistemas de mantenimiento para los diferentes equipos, siguiendo el estado del arte y las mejores experiencias de la práctica internacional en esta especialidad. Lograron automatizar la Gestión de Mantenimiento con el software para Equipos Médicos.

- Por otro lado Silva y Guijarro (2020) presentan un procedimiento para ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta que las entidades realizan sus actividades enfocadas en procesos de mejora continua, ya que se tiene el problema con la baja disponibilidad de los equipos debido a que asignan poco personal para la gestión del mantenimiento y las actividades son realizadas por agentes externos, los cuales no cumplen con las actividades de mantenimiento en el momento requerido., lo cual se generan muchas quejas por parte de los pacientes a los cuales se les tiene que postergar las atenciones. Para mejorar dicho problema se describe como realizar el procedimiento de mantenimiento preventivo, iniciando por el levantamiento de sistemas y equipos de uso médico, con dicha información se presenta un formato para elaborar el plan de mantenimiento, en función de las frecuencias se ofrece un ejemplo para realizar el cronograma mantenimiento conocido también como programa anual de mantenimiento y finalmente se describe como entregar el equipo al usuario y la manera de cómo realizar el control de documentos generados. Dicha propuesta trae como resultados una mejor gestión del mantenimiento de tal manera el centro médico pueda cumplir con las atenciones a tiempo a los pacientes.
- Por su parte Useche et. al, (2018) en su estudio reconocen la importancia de la gestión del mantenimiento ya que los procesos productivos exigen mayor eficacia y calidad, es por ello que es de vital importancia optimizar la función del mantenimiento, se identificó falencias en la gestión del mantenimiento de las mypes estudiadas, ya que solo aplicaban el mantenimiento correctivo, siendo su norma de actuación la respuesta solo a la ocurrencia de averías; lo cual estaba perjudicando en el desarrollo normal de sus operaciones. Como salida ha dicho problema se aplicó un modelo de gestión de mantenimiento basado en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), ya que esta es considerada como una metodología para la mejora continua de la gestión, de acuerdo con los resultados se obtuvieron las mejoras en la mantenibilidad en 54%, mantenimiento autónomo en 56% y mejora continua en 55%.

Antecedentes nacionales

- Por otro lado Herrera y Duany (2018), implementaron una metodología para la gestión de mantenimiento asistido por computadora a través del desarrollo de un programa de mantenimiento y su puesta en práctica, ya que se evidencia la necesidad de establecer una metodología que auxilie a las empresas en la implementación de un programa de gestión de mantenimiento, ya que se evidenció que existía una inadecuada gestión del mantenimiento debido a los siguientes problemas: Sistemas de gestión inadecuados, falta de personal calificado, ausencia de un historial de frecuencia de fallo, múltiples fallas en un mismo equipo, reportes de fallo inadecuados, mal almacenamiento de la información, falta de archivos, entre otros problemas de menor impacto. Para la implementación del programa de gestión de mantenimiento, la metodología se dividió en cuatro etapas como son la Fase inicial en donde se realizó el análisis de la situación actual y objetivos propuestos a definir de tal manera conocer la empresa, el producto y el proceso productivo, además de conocer los recursos y medios disponibles en el departamento de mantenimiento; en la fase de formación fue para iniciar el proceso de cambio de mentalidad a la hora de gestionar la función de mantenimiento, con acciones de efecto rápido; en la fase de desarrollo se tuvo como objetivo finalizar todas las acciones pendientes y empezar a desarrollar nuevas tareas de mediano-largo plazo; y finalmente en la fase de optimización tuvo como objetivo empezar a analizar los resultados en la etapa anterior; así como fijar las futuras mejoras económicas, técnicas y organizativas a mediano-largo plazo. Los resultados fueron favorables para la empresa, ya que se redujo la plantilla del departamento en 28% y se consiguió un departamento de mantenimiento eficiente, preparado para enfrentar cualquier proceso regulatorio.
- Orozco et. al, (2021) en su investigación presentan una propuesta de gestión de mantenimiento en donde realizaron el análisis del estado actual de la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos en el área de urgencias de tres instituciones de nivel tres de complejidad médica.

Para el desarrollo del estudio se diseñó una encuesta a partir de la Guía Sectorial de Producción más Limpia, en hospitales, clínicas y centros de salud, donde se obtuvo una lista de chequeo para la revisión del estado de la gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos más complejos utilizados en urgencias, en donde se encontró falencias en cada una de las instituciones médicas con respecto a su gestión de mantenimiento de los equipos médicos. De acuerdo a la propuesta de gestión permitirá un mayor rendimiento y confiabilidad de los equipos y dispositivos médicos, incrementando su nivel de calidad, disponibilidad y seguridad mejorando así la prestación del servicio de las instituciones de salud, teniendo siempre información actualizada, oportuna y veraz de cada equipo, lo que permite tomar decisiones acertadas para los mantenimientos correctivos o preventivos y/o reposición de accesorios de la tecnología médica.

1.1.3. Bases Teóricas

a) Mantenimiento de los equipos

El mantenimiento de los equipos garantiza la operatividad de estos de tal manera continúe la actividad productiva y no se paralice por causa de alguna falla en los equipos. Tiene la característica de ser un procedimiento para conservar los equipos de tal manera estos puedan ejecutar sus funciones como tal, teniendo como objetivo principal prevenir el deterioro de máquinas y equipos (Medina, 2022).

Las actividades que se lleven a cabo para preservar y cuidar los equipos de una empresa, de tal forma operen en óptimas condiciones, forman parte del mantenimiento, la cual busca en los equipos una óptima ejecución de sus funciones. Va más allá de solo reducir fallas y se orienta no solo a cuidar y mantener los equipos operativos extendiendo su vida útil, sino también a mejorar su productividad con menos costos (Villajulca, 2021).

b) Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo

De acuerdo con Sacristán (2001), Se trata de un conjunto de actividades destinadas a corregir las averías de los equipos los cuales tienen la necesidad de reparación. Este tipo de mantenimiento corrige las averías de los equipos que dependen algún tipo de intervención para volver a su estado inicial. Estas actividades de mantenimiento no dependen de los planes de mantenimiento, por lo tanto, la posibilidad de que no haya piezas para repuestos en stock es alta.

Mantenimiento preventivo

De acuerdo con Tudón *et al.* (2019), su labor se basa en conservar un cierto nivel de servicio en los equipos, proyectando las rectificaciones de los desperfectos en el momento adecuado. Esta forma de mantenimiento es programable y está destinada a impedir las averías. Entre las intervenciones se destacan: Regulación, limpieza, engrasado, calibración y otras de acuerdo con cada maquina y/o equipo.

Según Botero (2019), el mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una programación previa de las actividades, de tal manera se eviten daños y tiempos muertos en la producción.

c) Fallas de equipos

Según Martínez (2010) Una falla es la causa o evento que nos lleva a la finalización de la capacidad de un equipo para realizar su función adecuadamente o para dejar de realizar en su totalidad.

d) Análisis de criticidad

De acuerdo con Gupta (2017), al realizar un análisis de criticidad, se busca establecer un método para definir la jerarquía de los procedimientos, sistemas y equipos de una instalación compleja, de tal forma que se puedan repartir los componentes en apartados que puedan ser manejados de una manera controlada y auditable.

e) Disponibilidad de equipos

Khasanah et al. (2021), nos indica que constituye el principal indicador en el mantenimiento y, por consiguiente, el de mayor potencial de gestión. Su cálculo adecuado es muy simple: es el cociente entre el número de horas que una unidad estuvo disponible para la producción y el número total de horas en un período.

f) **Diagrama de Ishikawa**

De acuerdo con Valenzuela (2000), El Diagrama de Ishikawa es también conocido con el nombre de espina de pescado o también llamado diagrama causa-efecto. Esta es una herramienta que ayuda a estructurar la información ayudando a dar claridad, mediante un esquema gráfico, de las causas que producen un problema, pero en si no identifica la causa raíz.

g) **Diagrama de Pareto**

Para Rodrigues (2015), el diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos.

h) **Diagnóstico por imágenes**

De acuerdo con Salgado (2020), El diagnóstico por imágenes describe una variedad de métodos no invasivos de observar dentro del cuerpo para ayudar a determinar las causas de una lesión o una enfermedad y para confirmar un diagnóstico. También se emplear para determinar la respuesta del cuerpo ante la aplicación de un tratamiento para una enfermedad o una fractura.

Una de las ramas que efectúa el diagnóstico por imágenes es la radiología, la cual según Biloglav et al. (2020) tiene una posición fundamental dentro del sistema de atención de la salud debido al papel indispensable de los procedimientos de diagnóstico por imagen (DI), en particular, la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en los algoritmos de diagnóstico y seguimiento actuales.

1.2. Formulación del problema

a) Problema General

¿En qué medida la gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, en el año 2022?

b) Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la situación actual de la gestión del mantenimiento del Centro Médico Naval CMST?
- b) ¿Qué diseño de gestión de mantenimiento necesita el Centro Médico Naval CMST para incrementar la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes?
- c) ¿Cuánto es el incremento de la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes al aplicar una gestión de mantenimiento en el Centro Médico Naval CMST?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Aplicar una gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, en el año 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar la actual gestión de mantenimiento de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST.
- b) Diseñar una gestión de mantenimiento para los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST.
- c) Determinar el incremento de la disponibilidad de equipos por imágenes del Centro Médico Naval CMST al implementar la gestión de mantenimiento propuesto.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación de una gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, en el año 2022.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Si se evalúa la actual gestión de mantenimiento de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, permitirá conocer su situación operacional.
- b) Si se diseña una gestión de mantenimiento para los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, permitirá aumentar su disponibilidad.
- c) Si se determina el incremento de la disponibilidad de equipos por imágenes del Centro Médico Naval CMST al implementar la gestión de mantenimiento, se logrará la atención oportuna a los pacientes de este hospital.

1.5. Justificación

El presente estudio se justifica debido a que actualmente no se tiene una adecuada gestión del mantenimiento de los equipos de diagnóstico por imágenes en el Centro Médico Naval CMST, lo que genera baja disponibilidad de estos, para ello se está aplicando una propuesta de gestión del mantenimiento de tal manera incrementarla. Por lo cual se justifica el presente estudio mediante cuatro enfoques. En el aspecto teórico esta investigación se realizó con el fin de encontrar soluciones y aportes al problema de investigación, el cual se apoya de herramientas de ingeniería, las cuales se aplicarán de acuerdo con la teoría. En el aspecto práctico se plantean posibles soluciones a las deficiencias y problemas presentes en el Centro Médico Naval CMST, buscando aumentar la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes, de esa manera contribuyendo en la mejora del centro médico. La metodología y herramientas utilizadas en el presente estudio proponen herramientas capaces de generar conocimiento válido y confiable, ya que la

propuesta de gestión de mantenimiento hace uso de herramientas las cuales han sido aplicadas con éxito en muchas empresas. La presente investigación servirá a otros centros médicos para mejorar la disponibilidad de sus equipos médicos con una adecuada gestión del mantenimiento.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Diseño de investigación

Debido a que la investigación se enfoca en el área de ingeniería, se considera cuantitativo, el cuál según Monje Álvarez (2021, págs. 19-20) es un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo siguiendo determinados pasos, de forma que se determine con precisión las mediciones o indicadores sociales para generalizar sus resultados a poblaciones o situaciones amplias. Trabajan fundamentalmente con el número, el dato cuantificable.

2.2. Tipo de investigación

De acuerdo con el tipo de investigación se considera descriptiva, ya que de acuerdo con Nieto (2018), es un tipo de investigación cuyo objetivo principal es recopilar datos e informaciones sobre las características, propiedades, aspectos o dimensiones de las personas, agentes e instituciones de los procesos sociales

2.3. Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Gestión de Mantenimiento	Conjunto de tareas preventivas a un equipo con la finalidad de cumplir los objetivos de disponibilidad, fiabilidad, costo, y como objetivo principal del equipo (Monseco, 2013).	Conjunto de actividades de programación y control que tiene por objetivo mejorar la confiabilidad de los equipos (Fuentes, 2020)	Programación	% mantto programado = $\frac{\text{Horas mantto programado}}{\text{Horas mantto realizadas}}$
			Ejecución	% actividades mantto ejecutadas = $\frac{\text{actividades ejecutadas}}{\text{actividades planeadas}}$
Disponibilidad de los equipos	Representa el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad, tomando en cuenta los tiempos por paradas imprevistas o fallas (Flores et, al. 2020).	Mide la probabilidad de que los equipos funcionen satisfactoriamente en el momento requerido (Tuesta, 2014)	Funcionamiento	MTTF (Tiempo promedio para la falla) = $\frac{N^{\circ} \text{ horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$
			Operatividad	MTTR- (Tiempo medio de reparación) = $\frac{\text{Tiempo de reparaciones}}{N^{\circ} \text{ reparaciones correctivas}}$
			Disponibilidad	Disponibilidad = $\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$

2.4. Población y muestra

Población

De acuerdo con Toledo (2018), La población o universo de investigación incluye todos los elementos que intervienen en el análisis de la pregunta de investigación, tales como personas, objetos, organismos, materiales, instrumentos, etc. Tiene estas características y puede ser investigado, medido y cuantificado.

En el presente estudio se considera como población a todos los equipos de diagnóstico por imágenes utilizados en el Centro Médico Naval CMST.

Muestra

La muestra es una representación significativa de la población escogida para responder a las preguntas de investigación (Hernández y Mendoza, 2018)

En el presente estudio de investigación la muestra está representada por 10 equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, dicha muestra se eligió por conveniencia del investigador, ya que dichos equipos son las más utilizados, además que se tiene mayor acceso a la información de cada uno de ellos.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de toda investigación es de suma importancia la recolección de datos y para ello las técnicas de recolección ya que comprenden procedimientos y actividades la cual permiten al investigador obtener información para darle respuesta a su pregunta de investigación (Aravena et al, 2006). Las técnicas empleadas en el presente estudio fueron:

a) Observación

De acuerdo con Matos y Pasek (2008), esta técnica consiste en el registro sistemático válido y confiable de comportamiento o conducta manifiesta, acto en el que el espíritu capta un fenómeno interno o externo y registra con objetividad.

Instrumento utilizado:

En la presente investigación se considera como instrumento al Check list el cual según Hernández et. al, (2014), son instrumentos que permiten la adquisición de datos mediante la observación y registro de información.

Figura 1
Instrumento Check list

<u>CHECK LIST UTILIZADO EN LA OBSERVACIÓN</u>			
Fecha: _____	Hora: _____		
Objetivo: Observar y evaluar el entorno del área de estudio			
1. Componentes usados			
Los componentes son usados correctamente	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Se registran los componentes usados	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Los componentes pasan por control de calidad	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Considera que el Stock es el adecuado	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
El abastecimiento de los repuestos es conforme	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
2. Soporte técnico para el mantenimiento			
Considera que cuenta con una logística adecuada	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Considera que la tecnología es la adecuada	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Considera que los equipos están calibrados			
3. Actividades realizadas			
Cuenta con una orden de trabajo previo a realizarlo	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Se emite informes del estado de los equipos médicos	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Se usan los procedimientos de cada equipo	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Se llenan los registros de forma correcta	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Utilizan indicadores de mantenimiento de los equipos médicos	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Se tiene un software de para la gestión de mantenimiento	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
4. Entrega			
Se entregan los equipos en la fecha pactada	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Se verifica el funcionamiento antes de la entrega	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
OBSERVACIONES GENERALES			

b) Entrevista

De acuerdo con Hernández et. al, (2014), Las entrevistas implican que una persona calificada (entrevistador) aplica el cuestionario a los participantes; el primero hace las preguntas a cada entrevistado y anota las respuestas. El primer contexto que se revisará de una entrevista es el personal (“cara a cara”).

Instrumento utilizado:

En la presente investigación se considera como instrumento al Cuestionario el cual según Chasteauneuf (2009), un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir, a continuación, se muestra el cuestionario utilizado.

Figura 2

Cuestionario utilizado en la encuesta

<u>CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA ENCUESTA</u>	
Encuestado: _____	
Fecha: _____	Hora: _____
Objetivo: Recopilar información acerca del área en estudio	
Preguntas:	
1.- ¿A qué atribuye la constante baja disponibilidad de equipos?	
2.- ¿Que afecta la atención de pacientes?	
3.- ¿Cuándo los equipos no están disponibles?	
4.- ¿Tiene el hospital la política de derivar a los pacientes a otro institución por convenio?	
5.- Dentro de la gestión hospitalaria ¿Cuenta el hospital con un plan de mantenimiento preventivo para los equipos?	
6.- ¿Cuenta el hospital con un área de mantenimiento implementado, como personal calificado y la logística del caso?	
7.- ¿Cómo está organizada el área de mantenimiento del centro médico?	
8.- ¿Con cuantos equipos médicos cuenta el centro médico?	
9.- ¿Cuántos equipos pertenecen al servicio de diagnóstico por imágenes?	
10.- ¿De dichos equipos cuales son los más utilizados y/o más críticos?	
11.- ¿Cuántas horas de mantenimiento se programan por cada equipo?	
INFORMACIÓN ADICIONAL REPORTADA	

c) **Análisis documental**

De acuerdo con Rubio (2020), la técnica de análisis documental es un trabajo mediante el cual por un proceso intelectual extraemos unas nociones del documento para representarlo y facilitar el acceso a los originales.

Instrumento utilizado:

En la presente investigación se considera como instrumento a la Ficha (Ver tabla 2) de Registro, el cual consiste en un registro de los datos principales de una obra, de esta forma se te facilitará localizar la fuente de información que requieres para una investigación (García, 2013).

2.6. Análisis de datos

Existen muchos programas que permiten trabajar con datos de investigaciones para poder tabularlos y analizarlos. El programa usado para esta investigación es Ms Excel, el cual permite a través de sus hojas de cálculo poder analizar toda la información recolectada del área de mantenimiento del centro médico, para luego procesarlo y finalmente obtener reportes e indicadores para una óptima evaluación.

2.7. Procedimiento

Para dar respuesta a cada uno de los objetivos, se siguió el siguiente procedimiento:

- Se realizó la visita al centro médico, específicamente al área de mantenimiento donde están todos los equipos de diagnóstico por imágenes, en donde se recopiló toda la información con las técnicas y herramientas antes mencionadas, dicha información se ordenó en hojas de Excel y hojas Word. Asimismo, se realizó un diagrama de Ishikawa para establecer los elementos del problema a través de conversaciones con la jefatura a fin de establecer las razones de las causas que generan la baja disponibilidad de los equipos.

Tabla 2
Ficha de registro

FICHA DE REGISTRO UTILIZADO EN EL ANÁLISIS DOCUMENTAL

Fecha: _____

Hora: _____

Objetivo: Recopilar información con respecto a la gestión actual de los equipos

EQUIPO	Horas de mantenimiento programados	Horas de mantenimiento realizadas	Actividades planeadas	Actividades ejecutadas	Tiempo de operación (h/año)	Tiempo de reparación (h/año)	# fallas al año	Frecuencia de mantto
Resonador Magnético Philips Achieva 3T								
Tomógrafo Mx 16 Philips								
Tomógrafo Revolution CT GE								
Mamógrafo Digital 3D GE								
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I								
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II								
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III								
Ecógrafo I								
Ecógrafo II								
Ecógrafo III								

OBSERVACIONES ADICIONALES

--

- Se elaboró el diseño de la gestión de mantenimiento para la muestra de los 10 equipos de diagnóstico por imágenes del centro médico, considerando las diferentes actividades de mantenimiento requeridos en sus manuales de usos y consultando los mantenimientos que más requieren los mismos. Se programaron las actividades de forma, mensual, trimestral, semestral o anual de acuerdo con las necesidades de cada equipo.
- Se determinó la disponibilidad después de la propuesta, siguiendo la información del sistema de mantenimiento diseñado, se estimó la cantidad de fallas y correcciones que podrían presentarse y el tiempo que la maquinaria estaría sin operatividad y se aplicaron nuevamente las fórmulas de los indicadores de la disponibilidad. Finalmente se realizó el análisis económico para determinar la viabilidad del proyecto mediante indicadores como el VAN, TIR y B/C.

2.8. Aspectos éticos

Con relación a las consideraciones éticas los datos recopilados para la investigación en el centro médico fueron autorizados con fines educativos, además de garantizar el anonimato de cada uno de los participantes, respetando la intención de colaboración para desarrollar el estudio, así como no alterar los hallazgos de igual forma, se respetó el derecho del autor al colocar las referencias de acuerdo al APA 7° Ed.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Evaluación de la actual gestión de mantenimiento de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST.

3.1.1 Descripción general del centro médico CMST

El Centro Médico Naval “Cirujano Mayor Santiago Távara”, coloquialmente llamado Hospital Naval, inaugurado el 4 de julio de 1956, ubicado en el distrito del Callao, es el establecimiento de salud de mayor complejidad de la Marina de Guerra del Perú, teniendo la categoría III-1, es decir, es un hospital general que cuenta con una unidad de cuidados intensivos especializada y todas las especialidades médicas. La población que tiene acceso a sus servicios de salud está conformada por el personal militar en actividad, personal militar en retiro y familiares de los mismos, así como a personal civil en calidad de prestador de salud privado.

Misión

El Centro Médico Naval “CMST” es la Institución Prestadora de Servicios de Salud de Nivel III-1, que brinda Atención Integral de Salud de calidad al Personal Naval en actividad, con la finalidad de mantenerlo psicofísicamente apto para el Servicio; así como al Personal Naval en retiro y familiares con derecho, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos institucionales en el área de la salud

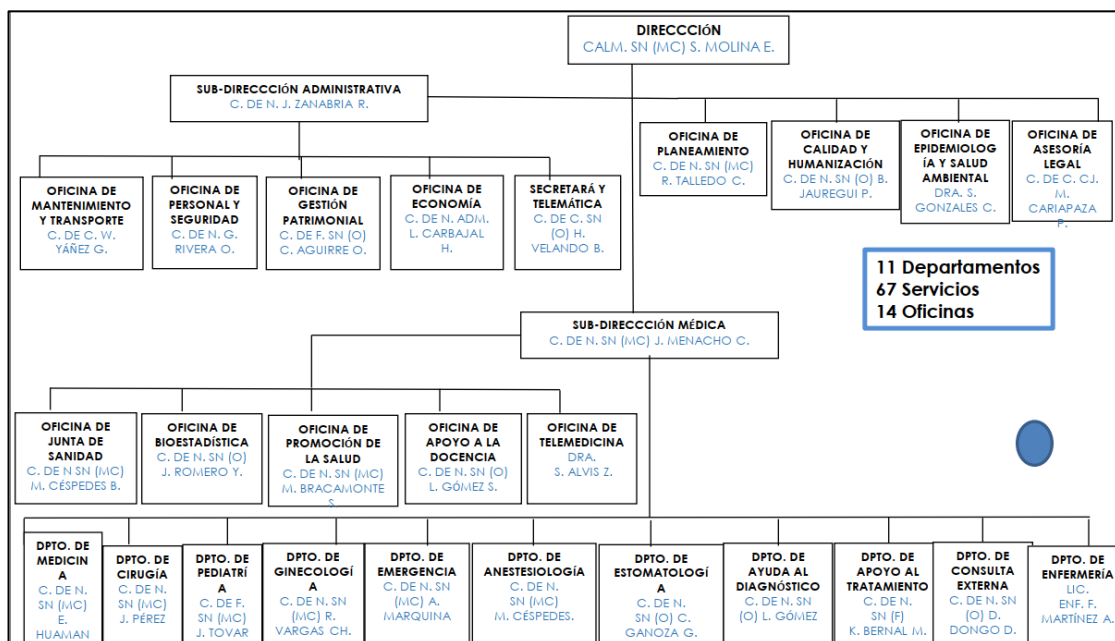
Visión

Liderar la calidad de los servicios de salud en el Perú, alcanzando niveles de excelencia sostenibles que permitan mejorar la salud del Personal Naval y sus familiares con derecho, sustentados en valores éticos y morales.

Organización

En la Figura 1 se muestra el organigrama del Centro médico naval CMST

Figura 3
Organigrama del centro médico naval “CMST”



3.1.2 Procedimiento de atención en el área de diagnóstico por imágenes

Para la atención en el área de diagnóstico por imágenes del centro médico naval CMSR se sigue el siguiente procedimiento:

- El paciente es referido por un médico de Consulta Externa con una orden de examen de acuerdo con el diagnóstico.
- El paciente o su acompañante debe acudir a cualquier caja de facturación para efectuar el pago (en caso sea necesario) que corresponda según el tipo de examen indicado.
- Luego se acercará al módulo de atención de radiodiagnóstico, según el tipo de examen indicado se dirigirá a tomografía, resonancia magnética, ecografía, mamografía, radiografía o intervencionismo.
- Mostrará la orden y el recibo de pago (en caso haya realizado) al personal que atiende en la ventanilla, quien le otorgará una cita de acuerdo con la disponibilidad en el rol de programación y le dará instrucciones de preparación indicadas por el médico radiólogo para cada examen.

- En la fecha de su cita, el paciente debe acudir 15 minutos antes de la hora programada y reportarse a la sala de Radiodiagnóstico que le corresponde según el examen solicitado.
- El tiempo que tomará el procedimiento puede variar entre 30 minutos a 1 hora. Dependerá del tipo y grado de complejidad del examen.
- En algunos exámenes de radiodiagnóstico, según lo indique el médico, se considerará la aplicación de una sustancia de contraste que permitirá mayor visibilidad de las estructuras o fluidos dentro del cuerpo, contribuyendo a un mejor diagnóstico.
- Las imágenes y el resultado del examen se emiten directamente al sistema digital para que el médico tratante pueda visualizarlos e imprimirlos, y tenerlos listos para su próxima cita en consultorios externos.

3.1.3 Diagnóstico del área de mantenimiento del centro médico CMST

El área de mantenimiento es indispensable en todas las empresas que durante el desarrollo de sus operaciones requiera de máquinas y equipos, y estas deben estar siempre disponibles. Al tratarse de un centro médico se requiere que los equipos médicos tengan una alta disponibilidad operativa, debido a que muchas veces la vida de los clientes depende de alguno de estos equipos.

El centro médico naval CMST cuenta actualmente con 56 equipos para diagnóstico por imagen, de los cuales se consideró trabajar con una muestra de 10 equipos (Ver Anexo 1), siendo los siguientes los que se utilizan con mayor frecuencia:

- Resonador Magnético Philips Achieva 3T
- Tomógrafo Mx 16 Philips
- Tomógrafo Revolution CT GE
- Mamógrafo Digital 3D GE
- Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I
- Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II
- Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III
- Ecógrafo I
- Ecógrafo II

- Ecógrafo III

De acuerdo con la información recolectada en el área de mantenimiento del centro médico se tiene la siguiente cantidad de horas estimadas de mantenimiento los cuales en todos los equipos se puede apreciar una cantidad superior de horas de mantenimiento realizadas como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3
% mantenimiento programado

Equipos	Horas de mantenimiento programados	Horas de mantenimiento o realizadas	% mantto programado
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	110	150	73%
Tomógrafo Mx 16 Philips	100	130	77%
Tomógrafo Revolution CT GE	100	125	80%
Mamógrafo Digital 3D GE	60	82	73%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	120	145	83%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	120	154	78%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	120	148	81%
Ecógrafo I	50	75	67%
Ecógrafo II	50	80	63%
Ecógrafo III	50	65	77%
TOTAL	880	1154	76%

Cabe mencionar que dichas horas de mantenimiento programado, se refiere a las horas de mantenimiento que se estimaron realizar en cada equipo durante el año. Como se aprecia en la tabla se tienen resultados en promedio de un 76% de mantenimiento programado con respecto a las horas totales de mantenimiento realizado, lo que significa que se están invirtiendo más horas de lo estimado en mantenimiento en todos los equipos en estudio.

Por otro lado, se tiene en la tabla 4 el porcentaje de actividades de mantenimiento ejecutadas, el cual mide el número de actividades ejecutadas con respecto a las actividades planeadas.

Tabla 4
% actividades mantenimiento ejecutadas

Equipos	Actividades planeadas	Actividades ejecutadas	% actividades mantto ejecutadas
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	25	20	80%

Tomógrafo Mx 16 Philips	18	12	67%
Tomógrafo Revolution CT GE	18	14	78%
Mamógrafo Digital 3D GE	15	10	67%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	12	9	75%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	12	10	83%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	12	8	67%
Ecógrafo I	14	10	71%
Ecógrafo II	14	10	71%
Ecógrafo III	14	11	79%
Total	154	114	74%

De acuerdo con la tabla se puede observar que en promedio un 74% de actividades fueron ejecutadas con respecto a las actividades de mantenimiento planeadas en cada equipo en estudio.

a) Diagnóstico de la dimensión funcionamiento

El funcionamiento de los equipos se determina con el indicador de tiempo promedio para la falla (MTTF), considerando la data del último año, se tiene:

Tabla 5
Indicadores MTTF actual

Equipos	Tiempo de operación (h/año)	# fallas al año	MTTF
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	2920	10	292,00
Tomógrafo Mx 16 Philips	3212	12	267,67
Tomógrafo Revolution CT GE	2044	10	204,40
Mamógrafo Digital 3D GE	1752	9	194,67
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	4672	15	311,47
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	5840	13	449,23
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	4088	15	272,53
Ecógrafo I	5256	12	438,00
Ecógrafo II	5840	15	389,33
Ecógrafo III	3504	14	250,29
PROMEDIO			306,96

Según los resultados anteriores, se estima un MTTF promedio de 306.96 horas, lo que significa que cada 306.96 horas se presenta una falla en los equipos.

b) Diagnóstico de la dimensión operatividad

Acá utilizamos el indicador de tiempo promedio de reparación (MTTR) el cual mide en promedio cuanto es el tiempo que se demora en reparar una avería presentada en los equipos. De acuerdo con la data del centro médico se tiene lo siguiente:

Tabla 6
Diagnóstico de operatividad

Equipos	Tiempo de reparación (h/año)	# fallas al año	MTTR
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	300	10	30,00
Tomógrafo Mx 16 Philips	312	12	26,00
Tomógrafo Revolution CT GE	275	10	27,50
Mamógrafo Digital 3D GE	318	9	35,33
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	419	15	27,93
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	501	13	38,54
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	517	15	34,47
Ecógrafo I	509	12	42,42
Ecógrafo II	532	15	35,47
Ecógrafo III	425	14	30,36
PROMEDIO			32.80

De acuerdo con el indicador MTTR se tiene en promedio 32.80 horas, lo que significa que cada avería toma en promedio 32.80 horas en repararse.

c) Diagnóstico de la dimensión disponibilidad

De acuerdo con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes del centro médico, medimos la disponibilidad de acuerdo con la formula mencionada en las bases teóricas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7
Diagnóstico de disponibilidad actual de los equipos

Equipos	MTTF	MTTR	Disponibilidad
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	292,00	30,00	89,73%
Tomógrafo Mx 16 Philips	267,67	26,00	90,29%
Tomógrafo Revolution CT GE	204,40	27,50	86,55%
Mamógrafo Digital 3D GE	194,67	35,33	81,85%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	311,47	27,93	91,03%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	449,23	38,54	91,42%

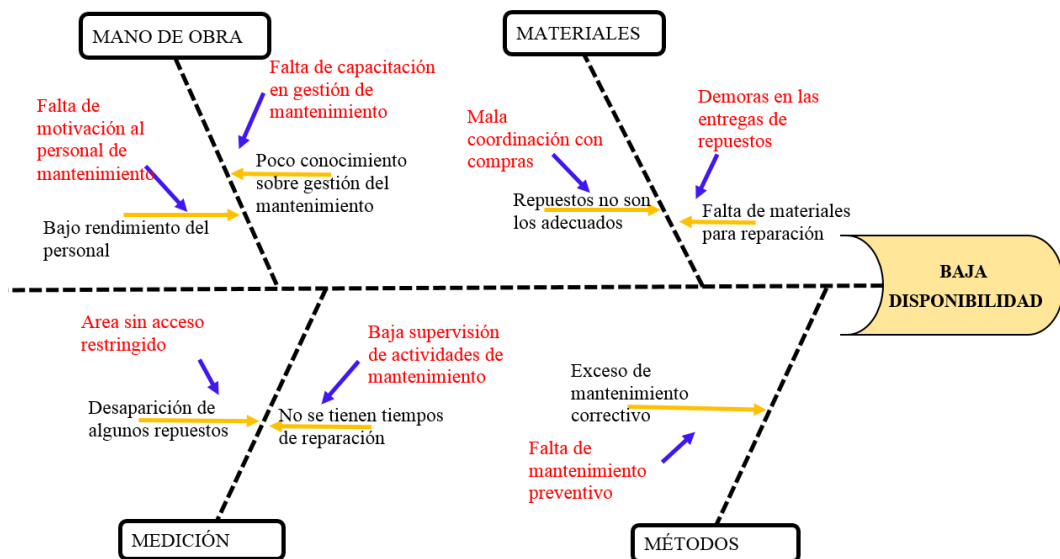
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	272,53	34,47	87,35%
Ecógrafo I	438,00	42,42	90,32%
Ecógrafo II	389,33	35,47	90,89%
Ecógrafo III	250,29	30,36	87,87%
PROMEDIO			88.73%

Sacando un promedio de la disponibilidad de todos los equipos, se tiene una disponibilidad promedio de 88.73%. Lo que significa que la probabilidad de que los equipos estén disponibles para el trabajo es de un 0.8873.

d) Análisis de causa efecto

De acuerdo con el problema indicado de la baja disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes se realizó un análisis de causa efecto para determinar cuáles son las causas principales que llevan a tener una baja disponibilidad, los cuales se detallan en el siguiente diagrama de Ishikawa:

Figura 4
Diagrama de Ishikawa



En el diagrama de causa efecto con Ishikawa se pudieron identificar las siguientes causas raíz que llevan a la baja disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes del centro médico naval CMST:

- Demoras en las entregas de repuestos
- Mala coordinación con compras
- Falta de capacitación en gestión de mantenimiento

- Falta de motivación al personal de mantenimiento
- Área sin acceso restringido
- Baja supervisión de actividades de mantenimiento
- Falta de mantenimiento preventivo

e) Diagrama de Pareto

Para determinar cuáles son las causas más importantes que generan baja disponibilidad, se realizó la puntuación de cada causa raíz de acuerdo a la encuesta realizada a la jefatura, de donde se tiene la siguiente puntuación:

Tabla 8
Puntuación de causa raíz

CR	Causa Raíz	Puntuación
CR1	Demoras en las entregas de repuestos	50
CR2	Mala coordinación con compras	30
CR3	Falta de capacitación en gestión de mantenimiento	90
CR4	Falta de motivación al personal de mantenimiento	20
CR5	Área sin acceso restringido	10
CR6	Baja supervisión de actividades de mantenimiento	85
CR7	Falta de mantenimiento preventivo	95

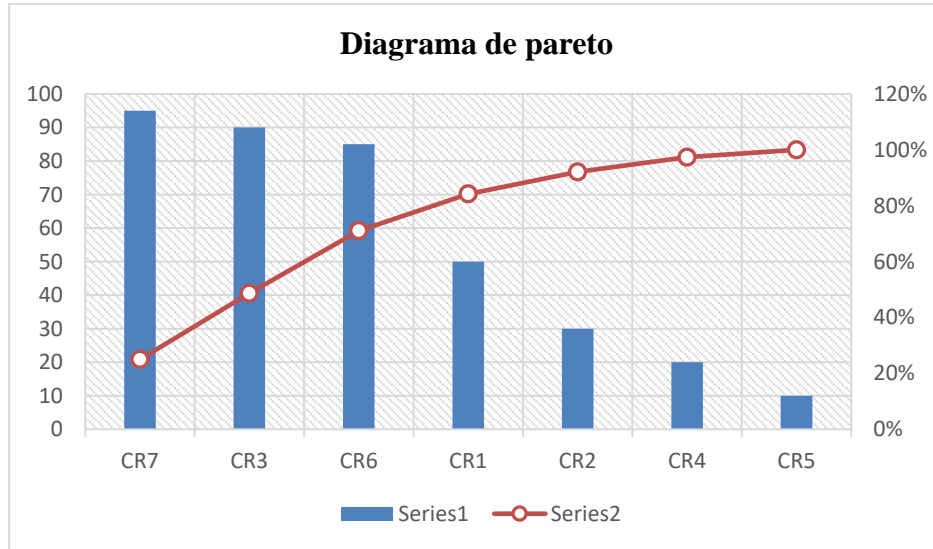
Dicha información fue procesada de acuerdo a Pareto con el 80/20, como se muestra a continuación:

Tabla 9
Priorización de causa raíz

CR	Causa Raíz	Impacto total	% Impacto	% Acumulado
CR7	Falta de mantenimiento preventivo	95	25%	25%
CR3	Falta de capacitación en gestión de mantenimiento	90	24%	49%
CR6	Baja supervisión de actividades de mantenimiento	85	22%	71%
CR1	Demoras en las entregas de repuestos	50	13%	84%
CR2	Mala coordinación con compras	30	8%	92%
CR4	Falta de motivación al personal de mantenimiento	20	5%	97%
CR5	Área sin acceso restringido	10	3%	100%
TOTAL		380	100%	

Finalmente se tiene el diagrama de Pareto en donde se puede visualizar mejor los resultados de la priorización de cada causa raíz.

Figura 5
Diagrama de Pareto



En donde se llega a identificar 3 causas raíz importantes que impactan en la baja disponibilidad de los equipos, siendo las siguientes:

- CR7: Falta de mantenimiento preventivo
- CR3: Falta de capacitación en gestión de mantenimiento
- CR6: Baja supervisión de actividades de mantenimiento

3.2 Diseño de una gestión de mantenimiento para los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST.

Después de conocer las debilidades de la gestión de mantenimiento del centro médico, se propone estrategias de gestión de mantenimiento, el cual se desarrollará mediante la metodología PHVA, para cumplir con el segundo objetivo del presente estudio en donde se consideran las dos primeras dimensiones del PHVA, como son la programación y ejecución.

3.2.1 Programación

En esta dimensión se considera la siguiente estructura para la gestión del mantenimiento:


- Elaborar la ficha técnica para los equipos de diagnóstico por imágenes
- Realizar el programa de mantenimiento preventivo
- Diseñar el procedimiento para la ejecución del mantenimiento preventivo
- Elaborar formato de solicitud de mantenimiento
- Elaborar la programación de capacitaciones al personal de mantenimiento.

Diseño de fichas técnicas

Para gestionar el mantenimiento de manera adecuada primero se debe conocer cada uno de los equipos médicos de diagnóstico por imágenes del centro médico naval CMST, para ello se considera el siguiente modelo de ficha técnica:

Tabla 10

Modelo de ficha técnica para los equipos de diagnóstico por imágenes

	FICHA TÉCNICA			
	Equipos de Diagnóstico por imágenes CMST			
Nombre del equipo				Imagen
Código				
Tipo				
Características				
Modelo		Fecha compra		
Marca		Potencia		
Serie		Ubicación		
Frecuencia de mantenimiento	() mensual	() bimestral	() semestral	
Tareas de mantenimiento periódico a ejecutar				

Con dicha ficha técnica se podrán registrar todos los equipos que se están considerando en la muestra de tal manera conocer el detalle de cada uno.

Estructura organizacional del área de mantenimiento

Como toda área de una empresa u organización, está compuesto por el personal quien se encarga de que las actividades se lleven a cabo en el día a día; en el centro médico naval no es la excepción, ya que cuenta con el área de mantenimiento, pero el personal no cuenta con funciones específicas para las actividades de mantenimiento, dado que no existe un plan ni una programación. En el centro médico se cuenta con un jefe de mantenimiento y un supervisor de mantenimiento, así como 8 técnicos encargados de la disponibilidad de los equipos. Es por ello por lo que se asignan las siguientes funciones:

- ***Jefe/supervisor de mantenimiento***
 - Planear, organizar, dirigir y controlar las actividades de la División de Equipamiento Médico y Electrónica, para el cumplimiento de sus funciones.
 - Solicita oportunamente el requerimiento para el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo del equipamiento médico de alta complejidad, ya que estamos sujetos a supervisiones reguladoras como SUSALUD, IPEN y otros.
 - Programar y controlar el mantenimiento preventivo y reparaciones menores de los equipos médicos, electrónicos y electromecánicos que le sean asignados de acuerdo con los requerimientos presentados.
 - Coordinar, con terceros el mantenimiento de los equipos médicos que son coberturados en contratos de mantenimiento especializado cuando el caso así lo requiera.
 - Efectuar inspecciones periódicas con el objeto de verificar el correcto funcionamiento de los equipos médicos.
 - Asesorar en las especificaciones técnicas para la adquisición de nuevos equipos médicos en coordinación con el área usuaria.
 - Formular los pedidos de materiales, herramientas y repuestos solicitados por el personal a su cargo y gestiona su adquisición;
 - Otros, que le asigne el jefe inmediato superior relacionadas con la naturaleza del cargo.

- ***Técnicos de mantenimiento***

- Es responsable del cumplimiento de las disposiciones y lineamientos de mantenimiento por parte del personal asignado a dicha área.
- Recepciona a través de la secretaria de Ingeniería y Mantenimiento la evaluación de los requerimientos de cada servicio, asignándole numeración a cada Orden de Trabajo (OTM) en el orden de llegada.
- Ejecuta la evaluación de los equipos médicos, electrónicos y electromecánicos, de acuerdo a la situación se solicita repuestos o se elabora su informe técnico y recomendación del trámite de baja y reposición.
- Es responsable de la coordinación de soporte técnico de los equipos médicos de alta complejidad con las empresas en contrato de mantenimiento y/o equipos en garantía técnica.
- Es responsable de las coordinaciones del buen funcionamiento del sistema de digitalización de imágenes de radiología y soporte del servidor PACS/RIS del hospital y los periféricos.
- Controla y supervisa el cumplimiento de las políticas de la División, así como informa al jefe de la División en forma oportuna de las novedades del personal y equipamiento.
- Será responsable del personal Militar y Civil asignado a la División, así como del cumplimiento de sus funciones en cada área.
- Presenta en forma oportuna los requerimientos para el mantenimiento de equipos médicos solicitados por el personal de la División y de las empresas privadas, así como verifica la ejecución de los trámites para su adquisición.
- Supervisa que el taller se encuentre limpio y ordenado a fin de que pueda brindar facilidades para efectuar el Mantenimiento Preventivo y Correctivo de los equipos médicos.

Programa de gestión de mantenimiento

Una vez identificado cada equipo de diagnóstico por imágenes del centro médico CMST, se procede a elaborar un programa para el mantenimiento de cada uno de ellos,



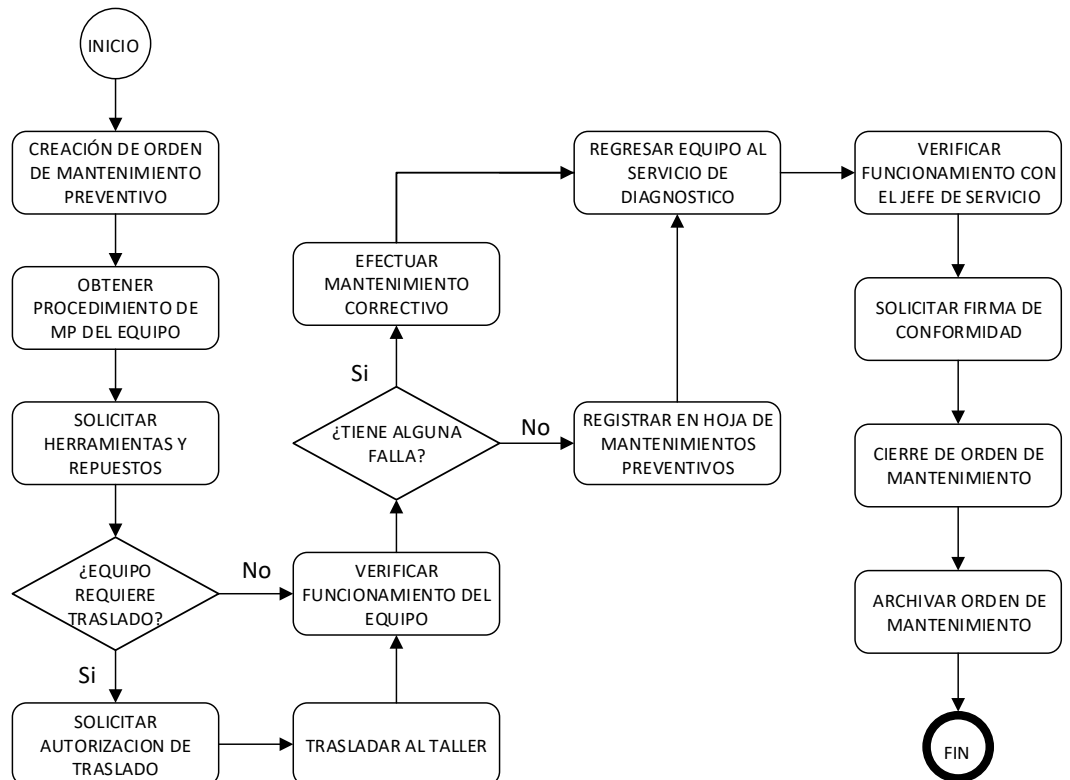
de acuerdo con su frecuencia, así como el personal encargado de realizarlo, como se muestra en la siguiente tabla:

3.2.2 Ejecución

Proceso de ejecución de mantenimiento

Para la ejecución del programa de mantenimiento establecido, es necesario seguir un procedimiento para definir los recursos a utilizar, el cual se presenta en la Figura 6.

Figura 6
Proceso de ejecución de mantenimiento



Formato de solicitud de mantenimiento

Con la finalidad de realizar las actividades de mantenimiento se debe emitir una solicitud de orden de mantenimiento en donde se consideran los datos del solicitante, el servicio, el equipo a realizar mantenimiento, así como el tipo de mantenimiento a realizar, la fecha y hora. Por otro lado, se consideran las actividades de mantenimiento a realizar junto al número de horas y técnicos; también se considera la lista de materiales y repuestos a utilizar y el nombre del técnico responsable, como se observa en la Figura 7.

Figura 7
Formato de solicitud de mantenimiento

		SOLICITUD DE ORDEN DE MANTENIMIENTO N° _	
Solicitante:	_____	Tipo de mantenimiento () Correctivo () Preventivo Fecha: Hora:	
Servicio:	_____		
Equipo:	_____		
Código	_____		
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR			
<u>Descripción</u>		<u>Nº Horas</u>	<u>Nº Técnicos</u>
MATERIALES Y REPUESTOS A UTILIZAR			
<u>Código</u>	<u>Descripcion</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>
Nombre del técnico responsable:			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> _____ Responsable </div> <div style="text-align: center;"> _____ VºBº Supervisor </div> <div style="text-align: center;"> _____ VºBº Jefe Mantto </div> </div>			

Procedimientos de mantenimiento

Luego de la solicitud de orden de mantenimiento se procede a generar una orden de trabajo en donde se registrará cada una de las actividades realmente realizadas en el equipo, para ello se requieren tener procedimientos en donde se detalla las actividades de mantenimiento a realizar. Para ello se elaboró los procedimientos para cada equipo como se muestran en el Anexo 2.

Para la ejecución de lo planificado se considera lo siguiente:

a) Plan de capacitación al personal de mantenimiento

Desde la perspectiva del mantenimiento en un centro médico, la cual converge una variedad de labores ya sea sencillas, así como aquellas que requieren conocimientos avanzados, es por ello que la organización del mantenimiento requiere de ciertas habilidades técnicas en el personal las cuales deben ser actualizadas mediante un plan de capacitación.

El jefe de mantenimiento del centro médico naval CMST será el responsable de velar por que se lleve a cabo la capacitación al personal de mantenimiento, y debe encargarse de:

- Determinar las necesidades de capacitación del personal.
- Establecer los requerimientos generales de capacitación que demanda el departamento.
- Preparar el plan de capacitación.
- Gestionar los recursos para realizar el Plan de Capacitación
- Supervisar el desarrollo de las capacitaciones
- Evaluar el plan de capacitación.

Elaboración del plan de capacitación:

El plan de capacitación del área de mantenimiento estará dirigido al personal del área de mantenimiento del centro médico naval CMST (jefe, supervisor y personal técnico), considerando el siguiente plan:

1) Introducción. Conceptos básicos

- Tipos y enfoques del mantenimiento.
- Mantenimiento correctivo vs. Mantenimiento preventivo.

2) Indicadores para la medición del desempeño

- Trabajos pendientes (Backlog).
- Cumplimiento del programa de mantenimiento.
- Precisión de las estimaciones.
- Mantenimiento preventivo y emergencias.
- Sobretiempos.

3) Planificación del mantenimiento

- Esencia de la planificación
- Síntomas de una planificación ineficaz.
- Objetivos de la planificación.
- Ahorros potenciales por la planificación profesional del mantenimiento.
- La planificación del mantenimiento dentro de la estructura organizacional
- Funciones y responsabilidades del planificador.
- El proceso de planificación en mantenimiento.

4) El sistema de orden de trabajo

- Flujo de la orden de trabajo.
- Definición de prioridades de las órdenes de trabajo.
- La orden de trabajo y su relación con otros documentos.
- La orden de trabajo y el software de gestión de mantenimiento.

5) Estimación de tiempos en mantenimiento

- Aplicación de las estimaciones.
- Metodología para la estimación de tiempos para mantenimiento.

6) Planificación de materiales para mantenimiento

- Clasificación de los materiales utilizados en mantenimiento.
- Análisis de criticidad de los repuestos.

7) Programación del mantenimiento

- Definición y objetivos de la programación.
- Principios de la programación.
- El proceso de programación.
- Clasificación y prioridad de los trabajos.
- Asignación de la mano de obra.

- Esquema de despliegue del trabajo.

8) Auditoría de la gestión de trabajos de mantenimiento

9) Análisis de costos en mantenimiento

- Estructura básica de los costos en mantenimiento.
- Categorías de costos de mantenimiento.
- El presupuesto de mantenimiento.
- Elementos de costos estándar de un trabajo de mantenimiento planificado.
- Sistema de costos ABC para el departamento de mantenimiento.
- Implementación de un sistema de costos ABC.
- Marco para determinar los costos del mantenimiento planificado.

b) Implementación de acuerdo con lo planificado

De acuerdo con lo considerado en la dimensión planificar, ejecutamos lo planeado de tal manera medir resultados y verificar si se llega al objetivo, para después estandarizar y proponer el monitoreo y control respectivo de tal manera se mantenga la mejora continua en el área de mantenimiento del centro médico naval CMST. Para ello se considera el programa de capacitaciones al personal con los respectivos temas y frecuencia horaria como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12
Programa de capacitaciones

PROGRAMA DE CAPACITACIONES			
Nº	Temas	Participantes	Frecuencia
1.	Introducción. Conceptos básicos	Jefe, supervisor, técnicos	4 horas/semana
2.	Indicadores para la medición del desempeño	Jefe, supervisor	5 horas/semana
3.	Planificación del mantenimiento	Jefe, supervisor	3 horas/semana

4.	El sistema de orden de trabajo	Jefe, supervisor, técnicos	4 horas/semana
5.	Estimación de tiempos en mantenimiento	Jefe, supervisor	4 horas/semana
6.	Planificación de materiales para mantenimiento	Jefe, supervisor	5 horas/semana
7.	Programación del mantenimiento	Jefe, supervisor	4 horas/semana
8.	Auditoría de la gestión de trabajos de mantenimiento	Jefe, supervisor, técnicos	5 horas/semana
9.	Análisis de costos en mantenimiento	Jefe, supervisor, técnicos	4 horas/semana

Por otro lado, en la tabla 13 se muestra el cronograma de capacitaciones al personal de mantenimiento, las cuales se realizarán en 4 semanas.

Tabla 13
Cronograma de capacitaciones

Cronograma de capacitaciones					
N.º	Temas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1.	Introducción. Conceptos básicos	X			
2.	Indicadores para la medición del desempeño	X			
3.	Planificación del mantenimiento	X			
4.	El sistema de orden de trabajo		X		
5.	Estimación de tiempos en mantenimiento		X		
6.	Planificación de materiales para mantenimiento			X	
7.	Programación del mantenimiento			X	
8.	Auditoría de la gestión de trabajos de mantenimiento				X
9.	Análisis de costos en mantenimiento				X

3.3 Determinación del incremento de la disponibilidad de equipos por imágenes del Centro Médico Naval CMST al aplicar una gestión de mantenimiento.

Luego de aplicar la propuesta de gestión de mantenimiento en los equipos de diagnóstico por imágenes del centro médico naval CMST, se procedió a realizar la medición de los indicadores de acuerdo con los datos recopilados en el último mes, a la muestra de los 10 equipos, en donde se tiene:

Cumplimiento de mantenimiento programado

En la tabla 14 se muestran la cantidad de horas de mantenimiento programado para los 10 equipos de la muestra, así como las horas de mantenimiento realizadas en donde se tiene:

Tabla 14
% de mantenimiento programado después de la mejora

Equipos	Horas de mantenimiento programados	Horas de mantenimiento realizadas	% mantto programado
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	14	15	93%
Tomógrafo Mx 16 Philips	11	12	92%
Tomógrafo Revolution CT GE	12	13	92%
Mamógrafo Digital 3D GE	7	8	88%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	14	16	88%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	14	15	93%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	14	15	93%
Ecógrafo I	6	6	100%
Ecógrafo II	6	7	86%
Ecógrafo III	6	6	100%
TOTAL	104	113	92%

De acuerdo con los resultados se tiene del total de horas programadas de mantenimiento, se realizaron en promedio el 92%.

Actividades de mantenimiento ejecutadas

Con respecto al % de Actividades de mantenimiento ejecutadas, se realizó la medición de los resultados del último mes en donde se tiene lo siguiente:

Tabla 15

% de actividades de mantenimiento ejecutadas después de la mejora

Equipos	Actividades planeadas	Actividades ejecutadas	% actividades mantto ejecutadas
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	15	14	93%
Tomógrafo Mx 16 Philips	12	11	92%
Tomógrafo Revolution CT GE	12	12	100%
Mamógrafo Digital 3D GE	8	8	100%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	10	9	90%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	10	8	80%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	10	10	100%
Ecógrafo I	8	8	100%
Ecógrafo II	8	7	88%
Ecógrafo III	8	8	100%
TOTAL	101	95	94%

De acuerdo con los resultados se tiene que en promedio un 94% de actividades fueron ejecutadas con respecto a las actividades planeadas, luego de la mejora aplicada.

Indicador de funcionamiento

De acuerdo con la información recopilada de los 10 equipos, se tiene los siguientes resultados del indicador de funcionamiento de los equipos:

Tabla 16

Indicadores MTTF después de la propuesta

Equipos	Tiempo de operación (h/mes)	# fallas al mes	MTTF
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	372	1	372.00
Tomógrafo Mx 16 Philips	395	1	395.00
Tomógrafo Revolution CT GE	382	1	382.00
Mamógrafo Digital 3D GE	342	1	342.00
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	565	1	565.00
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	630	2	315.00
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	530	1	530.00
Ecógrafo I	590	2	295.00
Ecógrafo II	595	2	297.50
Ecógrafo III	520	2	260.00
PROMEDIO			375.35

De acuerdo con dichos resultados se tiene un MTTF promedio de 375.35 horas, lo que significa que cada 375.35 horas se presenta una falla

Indicador de operatividad

Considerando el indicador MTTR, luego de la propuesta aplicada se tienen los siguientes resultados:

Tabla 17
Operatividad luego de la propuesta

Equipos	Tiempo de reparación (h/mes)	# fallas al mes	MTTR
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	12	1	12.00
Tomógrafo Mx 16 Philips	13	1	13.00
Tomógrafo Revolution CT GE	11	1	11.00
Mamógrafo Digital 3D GE	14	1	14.00
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	17	1	17.00
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	20	2	10.00
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	21	1	21.00
Ecógrafo I	20	2	10.00
Ecógrafo II	20	2	10.00
Ecógrafo III	15	2	7.50
PROMEDIO			12.55

Lo que significa que en promedio se toman 12.55 horas para reparar una avería.

Indicador de disponibilidad

Siendo este indicador el objetivo principal del estudio, el cual resulta de la medición de los indicadores MTTF y MTTR, tenemos los resultados:

Tabla 18
Disponibilidad luego de la propuesta

Equipos	MTTF	MTTR	Disponibilidad
Resonador Magnético Philips Achieva 3T	372.00	12.00	96.77%
Tomógrafo Mx 16 Philips	395.00	13.00	96.71%
Tomógrafo Revolution CT GE	382.00	11.00	97.12%
Mamógrafo Digital 3D GE	342.00	14.00	95.91%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad I	565.00	17.00	96.99%
Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad II	315.00	10.00	96.83%

Rayos X Marca Siemens De Alta Complejidad III	530.00	21.00	96.04%
Ecógrafo I	295.00	10.00	96.61%
Ecógrafo II	297.50	10.00	96.64%
Ecógrafo III	260.00	7.50	97.12%
PROMEDIO			96.67%

De acuerdo con los resultados en promedio se tiene una nueva disponibilidad después de la propuesta aplicada del 96.67%.

Comparación de indicadores

En resumen, se realizó una comparativa de los indicadores medidos al inicio del estudio, donde se tiene el antes y después de la propuesta de gestión de mantenimiento aplicada a los 10 equipos de diagnóstico por imágenes del centro médico naval CMST. Luego de capacitar al personal y aplicar la propuesta de gestión de mantenimiento se procedió a medir los indicadores de: % de mantenimiento programado, % de actividades de mantenimiento ejecutadas, funcionamiento, operatividad y disponibilidad, tendiendo los resultados como se muestran en la tabla 19:

Tabla 19

Comparativo de resultados antes y después de propuesta

Dimensión	Indicador	Antes	Después	Variación
Programación	% mantto programado	75.13%	92.47%	23.08%
Ejecución	% actividades mantto ejecutadas	73.75%	94.25%	27.79%
Funcionamiento	MTTF (Tiempo promedio para la falla)	306.96	375.35	22.28%
Operatividad	MTTR- (Tiempo medio de reparación)	32.80	12.55	-61.74%
Disponibilidad	Disponibilidad de equipos	88.73%	96.67%	8.95%

Obteniendo buenos resultados en cada uno de los indicadores considerados en el estudio, como se explica a continuación:

Con respecto al indicador de % de mantenimiento programado, aumentó en 23.08% con respecto al valor inicial, lo que significa que se está cumpliendo con las horas programadas de mantenimiento preventivo.

En cuanto al indicador de % actividades mantenimiento ejecutadas tuvo un aumento del 27.79% con respecto al valor anterior, lo que significa que ahora el personal está cumpliendo con realizar la mayor cantidad de actividades a ejecutarse.

Con respecto al indicador MTTF se tiene un aumento del 22.28% lo que significa que los equipos llevan más horas de funcionamiento antes de fallar.

El indicador MTTR disminuyó en 61.74% lo que significa que disminuyó el tiempo de reparación cada de los equipos, de 32.80 horas a 12.55 horas.

Finalmente, con respecto al indicador principal de todo el estudio, la disponibilidad aumentó de 88.73% hasta 96.67%.

Análisis económico de la propuesta

Para poner en marcha la propuesta, se requiere del análisis económico para determinar los indicadores de viabilidad del proyecto.

Inversión en capacitación al personal

Para la capacitación al personal del área de mantenimiento se requiere de cierta inversión económica para lograr el objetivo, en la Tabla 20 se muestra el monto de las inversiones en capacitación.

Tabla 20
Inversión en capacitación

Elemento	Monto
Capacitador	S/. 7,500.00
Viáticos	S/. 1,200.00
Alimentación	S/. 860.00
Impresora	S/. 1,100.00
Útiles	S/. 1,800.00
Horas-Hombre	S/. 4,500.00
Movilidad	S/. 1,600.00
Total	S/. 18,560.00

Flujo de caja proyectado

Luego se realizó el análisis mediante el flujo de caja proyectado para 5 años, considerando todos los elementos del estado de resultados, así como una tasa de retorno (COK) del 20%, como se puede apreciar en la Tabla 21, se tiene un VAN positivo, una TIR de 45% mayor al COK y un B/C de 1.01 mayor a la unidad.

Tabla 21*Flujo caja proyectado*

<u>ESTADO DE RESULTADOS</u>		COK = 20%					
MES	0	1	2	3	4	5	
INGRESOS POR PROPUESTA	S/. 315,874.00	S/. 341,143.92	S/. 368,435.43	S/. 397,910.27	S/. 429,743.09		
COSTOS OPERATIVOS	S/. 118,000.00	S/. 123,900.00	S/. 130,095.00	S/. 136,599.75	S/. 143,429.74		
DEPRECIACION	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00		
UTILIDAD BRUTA	S/. 159,751.00	S/. 179,120.92	S/. 200,217.43	S/. 223,187.52	S/. 248,190.35		
GAV	S/. 94,500.00	S/. 94,500.00	S/. 94,500.00	S/. 94,500.00	S/. 94,500.00		
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	S/. 65,251.00	S/. 84,620.92	S/. 105,717.43	S/. 128,687.52	S/. 153,690.35		
IMPUESTOS (30%)	S/. 19,575.30	S/. 25,386.28	S/. 31,715.23	S/. 38,606.26	S/. 46,107.11		
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS	S/. 45,675.70	S/. 59,234.64	S/. 74,002.20	S/. 90,081.26	S/. 107,583.25		
<u>FLUJO DE CAJA</u>							
MES	0	1	2	3	4	5	
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS	S/. 45,675.70	S/. 59,234.64	S/. 74,002.20	S/. 90,081.26	S/. 107,583.25		
(+) DEPRECIACION	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00	S/. 38,123.00		
INVERSION	S/. -18,560.00						
FLUJO NETO	S/. -18,560.00	S/. 83,798.70	S/. 97,357.64	S/. 112,125.20	S/. 128,204.26	S/. 145,706.25	

VAN =	S/. 304,151.97
TIR =	45%
B/C =	S/. 1.10

VAN INGRESOS/EGRESOS

INGRESOS	S/. 977,661.62	S/. 315,874.00	S/. 341,143.92	S/. 368,435.43	S/. 397,910.27	S/. 429,743.09
COSTOS	S/. 887,805.48	S/. 270,198.30	S/. 281,909.28	S/. 294,433.23	S/. 307,829.01	S/. 322,159.84

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN:

El presente estudio tiene como objetivo aplicar la gestión del mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, por lo tanto se aplicó la gestión de mantenimiento en donde se capacitó al personal, se preparó un plan de mantenimiento preventivo, así como se desarrollaron los procedimientos de mantenimiento para cada equipo, mejorando la disponibilidad de 88.73% hasta un 96.67%, la cual está en el mismo nivel de disponibilidad logrado en el estudio realizado por Useche et. al, (2018).

En la tabla 7 se puede observar la disponibilidad inicial de los equipos de diagnóstico por imágenes del centro médico naval CMST fue de 88.73% que es idéntico a lo encontrado por Silva y Guijarro (2020) quienes indican que dicho nivel no es el adecuado.

En las tablas 3 y 4 se observa el cumplimiento de horas programadas y las actividades ejecutadas en un nivel menor al 80%, lo cual se relaciona con los resultados del estudio de Orozco et. al, (2021) donde hacen un análisis del cumplimiento de horas programadas y las actividades ejecutadas, las cuales están en un nivel del 80%, lo cual lo consideran como no adecuado.

La recolección de los datos fue un tanto dificultosa, dado que el personal de mantenimiento no siempre se encontraba en disposición de brindar la información por temas de trabajo, sin embargo se logró recopilar toda la información requerida gracias a la intervención del responsable de supervisión del mantenimiento del Centro Médico Naval CMST.

Desde la visión teórico está investigación se realizó con el fin de encontrar soluciones y aportes al problema de investigación, el cual se apoya de herramientas de ingeniería, las cuales se aplicarán de acuerdo con la teoría. En el aspecto práctico se plantean posibles soluciones a las deficiencias y problemas presentes en el Centro Médico Naval CMST, buscando aumentar la disponibilidad de los quipos de diagnóstico por imágenes, de esa manera contribuyendo en la mejora del centro médico Desde el punto de vista Metodológico en el presente estudio se proponen herramientas capaces de generar conocimiento válido y confiable, ya que la propuesta de gestión de mantenimiento hace uso de herramientas las cuales han sido aplicadas con éxito en muchas empresas.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con el primer objetivo, se logró evaluar la actual gestión del mantenimiento del Centro Médico Naval CMST, en donde se encontró que no estaba correctamente organizado lo cual generaba una baja disponibilidad de los equipos de 88.73%.
- Se logró diseñar la gestión del mantenimiento para los equipos de diagnóstico por imágenes del Centro Médico Naval CMST, en donde se planificaron las actividades de mantenimiento, así como se elaboro como debe llevarse a cabo todo el proceso, también se elaboraron los procedimiento para el mantenimiento de cada equipo.
- Finalmente, con la propuesta se logró aumentar la disponibilidad de los equipos de 88.73% hasta 96.67%.

Referencias

- Aravena, M., Kimelman, E., Micheli, B., Torrealba, R., & Zúñiga, J. (2006). Investigación educativa I.
- Botero, C. (1991). Mantenimiento preventivo.
- Chasteauneuf, C. (2009). Questionnaires. Encyclopedia of Case Study Research. SAGE Publications.
- Fuentes Astudillo, N. (2020). Definición de la gestión de mantenimiento de planta en Viscofan Danville.
- García, A. C. (2013). Análisis documental: el análisis formal. Revista general de información y documentación, 3(1), 11.
- Gupta, G. (2017). A Failure Mode Effect and Criticality Analysis of Conventional Milling Machine Using Fuzzy Logic: Case Study of RCM. Quality and reliability engineering international, 33(2), 347-356.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación (6.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Herrera-Galán, M., & Duany-Alfonzo, Y. (2018). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Ingeniería industrial*, 37(1), 2-13.
- Marín, M. I. A., Murillo, W. O., Echeverri, O. J. G., & Escobar, A. M. M. (2018). Desarrollo de software para la gestión del mantenimiento en los laboratorios de la IU Pascual Bravo. *Revista Cintex*, 23(1), 43-50.

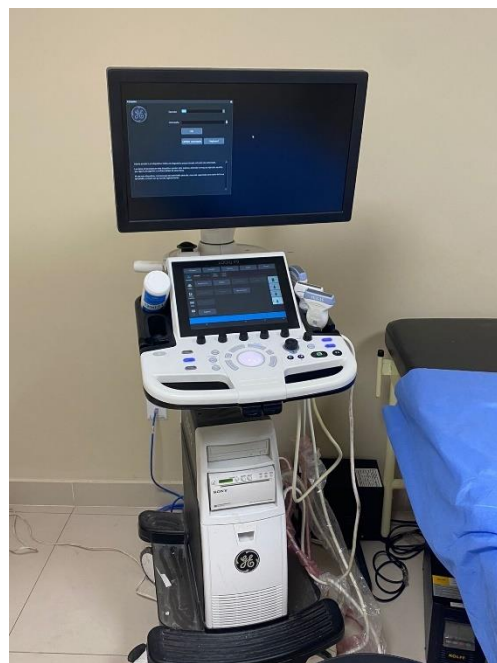
- Martínez, B. (2010). Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo scoop de la mina isidora-valle norte pertenecientes a la empresa minera venrus ca, *el callao-estado bolívar* (Doctoral dissertation, Universidad de Oriente).
- Matos, Y., & Pasek, E. (2008). La observación, discusión y demostración: técnicas de investigación en el aula. *Laurus*, 14(27), 33-52.
- Medina, R. (2022). *Estrategias de Gestión de mantenimiento para mejorar los dinciadores de mantenimiento de equipos de transporte de carga*. Universidad San Ignacio de Loyola. Perú
- Miranda Ortiz, L. H. (2021). Mejoramiento de la gestión de mantenimiento de los equipos médicos en el Hospital San José del Callao.
- Orozco, W., Narváez, G., García Gómez, W., & Quintero Rodas, A. (2021). Gestión de mantenimiento y producción más limpia en tres instituciones de salud de Medellín, Colombia. *Revista Ingeniería Biomédica*, 11(21), 21-25.
- Rodrigues, B. T. (2015). Diagrama de pareto. *CEP*, 1310, 100.
- Rodríguez, E., Miguel, A., & Sánchez, M. (2021). Gestión de mantenimiento para equipos médicos. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 22(1), 59-67.
- Rubio Liniers, M. C. (2020). El análisis documental. Indización y resumen en bases de datos especializadas.
- Salgado Bello, P. M. (2020). Importancia del Diagnóstico por Imágenes en las Enfermedades Respiratorias.
- Sacristán, F. R. (2001). Manual del mantenimiento integral en la empresa. FC Editorial.

- Silva, L. C. A., & Guijarro, E. G. L. (2020). Propuesta de metodología para gestión de mantenimiento de equipos y sistemas de uso médico. *Revista Publicando*, 4(10 (2)), 143-153.
- Tudón, A., Zúñiga, M., Lerma, M., y Méndez, L. (2019). Implementation of the RCM methodology in pleating machine. *Journal of Quantitative and Statistical Analysis*, 6(4), 13-15
- Tuesta Yliquin, J. M. (2014). Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa OBRAINSA.
- Useche, A. O., Monroy, C. R., & Izquierdo, H. (2018). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista venezolana de gerencia*, 18(61), 86-104.
- Valenzuela, L. (2000). *Diagrama de ishikawa*. Santiago de Chile, Chile: UNAB.
- Villajulca, Y. (2021). *Mantenimiento basado en el AMEF para la flota vehicular de la empresa TRC SAC*. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2020). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.

Anexos

Anexo 1. Equipos de diagnóstico por imágenes centro médico naval CMST









Código		Nombre	Mamógrafo Digital 3D GE		Fecha Programada:
Frecuencia	Bimestral	Componente	Condiciones eléctricas		
Hora Inicio		Hora Terminó	Tiempo Real		Tiempo Estimado
FECHA INICIO :			FECHA FINAL :		
Ítem	Actividades de mantenimiento preventivo			V.B	Observación
01	Revisión de Tensión de red				
02	Revisión de Corriente de fuga a chasis				
03	Revisión de Corriente de fuga a tierra				
04	Revisión de Resistencia a tierra				
05	Revisión de Resistencia de aislamiento entre los conductores de línea a tierra				
06	Revisión de Tensión del tubo				
07	Revisión de Energía en el tubo				
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
▶	TIEMPO DE EJECUCION	<input type="text"/>	(USUARIO debe Colocar OK ó NOK)		
▶	CALIDAD EN EJECUCION	<input type="text"/>	(USUARIO debe Colocar OK ó NOK)		
Responsables :					
Elaborado por (Nombre y firma)			Supervisor		Jefe Mantenimiento

Anexo 3. Validación de expertos

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DEL CENTRO MÉDICO NAVAL CMST, AÑO 2022
Línea de Investigación:	Desarrollo sostenible y gestión empresarial/Gestión de PYME
Apellidos y nombres del experto:	Mg. Odar Roberto Florian Castillo
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Gestión de Mantenimiento

Mediante la matriz de la evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas, marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, lo exhortamos a la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

N°	Criterios a evaluar	Registro de cumplimiento		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas de investigación se relaciona con cada uno de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Observaciones:



Mg. Odar Roberto Florian castillo
CIP -045191

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DEL CENTRO MÉDICO NAVAL CMST, AÑO 2022
Línea de Investigación:	Desarrollo sostenible y gestión empresarial/Gestión de PYME
Apellidos y nombres del experto:	Mg. Odar Roberto Florian Castillo
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Disponibilidad de los equipos

Mediante la matriz de la evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas, marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, lo exhortamos a la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

N°	Criterios a evaluar	Registro de cumplimiento		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas de investigación se relaciona con cada uno de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Observaciones:



Mg. Odar Roberto Florian castillo
CIP -045191

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE DIAGNOSTICO POR IMÁGENES DEL CENTRO MÉDICO NAVAL CMST, AÑO 2022
Línea de Investigación:	Desarrollo sostenible y gestión empresarial/Gestión de PYME
Apellidos y nombres del experto:	Rosas Ruiz, Lisset Milagros
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Disponibilidad de los Equipos

Mediante la matriz de la evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas, marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, lo exhortamos a la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

N°	Criterios a evaluar	Registro de cumplimiento		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas de investigación se relaciona con cada uno de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Observaciones:



Lisset Milagros Rosas Ruiz
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. N° 478222

Firma del experto

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE DIAGNOSTICO POR IMÁGENES DEL CENTRO MÉDICO NAVAL CMST, AÑO 2022
Línea de Investigación:	Desarrollo sostenible y gestión empresarial/Gestión de PYME
Apellidos y nombres del experto:	Rosas Ruiz, Lisset Milagros
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Gestión de Mantenimiento

Mediante la matriz de la evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas, marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, lo exhortamos a la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

N°	Criterios a evaluar	Registro de cumplimiento		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas de investigación se relaciona con cada uno de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Observaciones:


Lisset Milagros Rosas Ruiz
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. N° 179222
Firma del experto

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE DIAGNOSTICO POR IMÁGENES DEL CENTRO MÉDICO NAVAL CMST, AÑO 2022
Línea de investigación:	Desarrollo sostenible y gestión empresarial/Gestión de PYME
Apellidos y nombres del experto:	Herrera Alvarez, Marcos.
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Gestión de Mantenimiento

Mediante la matriz de la evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas, marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, lo exhortamos a la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

N°	Criterios a evaluar	Registro de cumplimiento		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas de investigación se relaciona con cada uno de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Observaciones:


Marcos Herrera Alvarez
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg.CIP. N° 202666
 Ing. Marcos Herrera Alvarez

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE DIAGNOSTICO POR IMÁGENES DEL CENTRO MÉDICO NAVAL CMST, AÑO 2022
Línea de investigación:	Desarrollo sostenible y gestión empresarial/Gestión de PYME
Apellidos y nombres del experto:	Herrera Alvarez, Marcos.
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Disponibilidad de los Equipos

Mediante la matriz de la evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas, marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, lo exhortamos a la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

N°	Criterios a evaluar	Registro de cumplimiento		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas de investigación se relaciona con cada uno de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Observaciones:



Marcos Herrera Alvarez
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP. N° 202566
 Ing. Marcos Herrera Alvarez