

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS MÉDICOS EN EL CENTRO DE SALUD DE LOS BAÑOS DEL INCA"

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO INDUSTRIAL

Autores:

Bachiller: Janet Gutierrez Bueno

Bachiller: Ana Paola Llanos Gonzales

Asesor:

Ing.

Fanny Emelina Piedra Cabanillas

DEDICATORIA

A Dios por haber permitido que podamos llegar a esta etapa de nuestra vida universitaria, a nuestros padres, hermanos, nuestra familia que nos apoyó y sobre todo a nuestras segundas madres que partieron de este mundo, pero siempre nos apoyaron en este arduo camino así mismo a todos nuestros docentes que gracias a sus enseñanzas hemos obtenido conocimientos

Janet y Ana Paola

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darnos la vida y salud; a nuestros padres por confiar en nosotros, brindarnos una educación y ser el motor que nos impulsa a seguir adelante. Así mismo agradecer a la Universidad Privada del Norte, y a nuestros docentes que nos compartieron conocimientos, apoyaron y alentaron en todo este proceso de formación profesional.

Janet y Ana Paola

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FÍGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos	15
1.4. HIPÓTESIS	15
1.4.1. Hipótesis General.....	15
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	16
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS).....	16
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	17
2.4. PROCEDIMIENTO	17
2.4.1. Validez y confiabilidad del instrumento	18
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	21
2.5.1 Variable Independiente	21
2.5.2 Variable dependiente	21
CAPÍTULO III. RESULTADOS	24
3.1. VARIABLES	24
3.1.1. Variable Independiente	24
3.1.1.1. Dimensión 1.....	24
3.1.1.2. Dimensión 2.....	24
3.1.1.3. Dimensión 3.....	25
3.1.2. Variable Dependiente.....	26

3.1.2.1. Dimensión 1.....	26
3.1.2.2. Dimensión 2.....	31
3.1.2.3. Dimensión 3.....	38
3.1.3. <i>Tabla anual de mantenimiento correctivo de los equipos médicos del área de laboratorio en el centro de salud de los Baños Del Inca –Cajamarca.....</i>	46
3.2. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MEJORA).....	56
3.2.1. <i>Implementación del área de mantenimiento:.....</i>	59
3.2.2. <i>Propuesta de un Diagrama De Estandarización De Procesos De Mantenimiento Preventivo De Los Equipos Médicos</i>	62
3.2.3. <i>Propuesta de Capacitación al Personal</i>	63
<i>Cronograma de mantenimiento y capacitaciones al personal del área de laboratorio....</i>	68
3.2.6. <i>Mejora De Indicadores</i>	78
3.2.6.1. Variable Independiente	79
3.2.6.2. Variable Dependiente	84
3.2.7. <i>Costo de Mantenimiento Preventivo de equipos priorizados.</i>	103
3.3. RESUMEN GENERAL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	112
3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	113
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	122
DISCUSIÓN.....	122
4.1. CONCLUSIONES.....	124
REFERENCIAS	126
ANEXOS	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Técnicas e Instrumentos de Recolección</i>	17
Tabla 2 Diseño de operacionalización de variables.....	22
Tabla 3 Historial De Analizador Bioquímico / chem7.....	32
Tabla 4 Historial De Fallas De Analizador Bioquímico / BS-300M.....	33
Tabla 5 Historial De Fallas De Centrifuga de 8 tubos / PLC-03	33
Tabla 6 Historial de Fallas de Microscopio / YUJIE OPTIC.....	34
Tabla 7 Historial de Fallas de Microscopio / NUMBER: BM-180	34
Tabla 8 Historial de Fallas de Micropipeta automática / Boeco.....	35
Tabla 9 Historial de Fallas de Refrigeradora / RA21F	35
Tabla 10 Historial de Fallas de Refrigeradora horizontal.....	36
Tabla 11 Historial de Fallas de Rotador Digital / DSR-2800 D	36
Tabla 12 Historial de Fallas de Vortex Mixer / VM-300	37
Tabla 13 Historial de Analizador Bioquímico/Chem 7.....	39
Tabla 14 Historial de Analizador Bioquímico/BS-3000M.....	39
Tabla 15 Historial de Centrifuga de 8 tubos / PLC-03.....	40
Tabla 16 Historial de Microscopio / YUJIE OPTICS.....	40
Tabla 17 Historial de Microscopio / Number:BM-180.....	41
Tabla 18 Historial de Micropipeta automática/ Boeco	41
Tabla 19 Historial de Refrigeradora / RA21F	42
Tabla 20 Historial de Refrigeradora horizontal	43
Tabla 21 Historial de Rotador Digital / DSR-2800 D.....	43
Tabla 22 Historial de Vortex Mixer / VM-300.....	44
Tabla 23 Costo Correctivo Anual de Equipos	46
Tabla 24 Operacionalización de Variables con los Resultados del diagnóstico	49
Tabla 25 <i>Diagnóstico Actual de los Equipos Médicos</i>	54
Tabla 26 Diseño de un Mantenimiento Preventivo	57
Tabla 27 Temas de Capacitación.....	64
Tabla 28 cronograma de Mantenimiento y Capacitaciones	68
Tabla 29 Costo de Capacitación al Personal Médico.....	69
Tabla 30 Historial de mejora de fallas de Analizador Bioquímico/Chem 7.....	87
Tabla 31 Historial mejora de fallas de Analizador bioquímico/BS-3000M.....	87
Tabla 32 Historial de mejora de Centrifuga de 8 tubos/PLC-03	88
Tabla 33 Historial de mejora de fallas de Microscopio/YUJIE OPTICS	89
Tabla 34 Historial de mejora de fallas de Microscopio/NUMBER:BM-180	89
Tabla 35 Historial de mejora de fallas de Micropipeta automática/Boeco	90
Tabla 36 Historial de mejora de fallas de Refrigeradora/RA21F	90
Tabla 37 Historial de mejora de fallas de Refrigeradora horizontal	91
Tabla 38 Historial de mejora de fallas de Rotador Digital/DSR-2800 D	92
Tabla 39 Historial de mejora de fallas de Vortex Mixer/ VM-300.....	92

Tabla 40	Historial de Mejora de Analizador bioquímico/Chem 7	94
Tabla 41	Historial de mejora de Analizador bioquímico/BS-3000M	94
Tabla 42	Historial de mejora de Centrifuga de 8 tubos/PLC-03	95
Tabla 43	Historial de mejora de Microscopio/YUJIE OPTICS	96
Tabla 44	Historial de Mejora de Microscopio/NUMBER:BM-180.....	96
Tabla 45	Historial de Mejora de Micropipeta automática/Boeco	97
Tabla 46	Historial de Mejora de Refrigeradora/RA21F.....	97
Tabla 47	Historial de Mejora de Refrigeradora horizontal.....	98
Tabla 48	Historial de Mejora de Rotador digital/DSR-2800 D.....	98
Tabla 49	Historial de Mejora de Vortex/VM-300.....	99
Tabla 50	Operacionalización de variables después de la propuesta de mejora.....	101
Tabla 51	Costo de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Priorizados	103
Tabla 52	Comparación de Resultados de Variables	105
Tabla 53	Resumen anual de costos de mantenimiento.....	112
Tabla 54	Costo de Implementación	114
Tabla 55	Sueldo de Personal.....	116
Tabla 56	Costos Proyectados	118
Tabla 57	Flujo de Caja Neto Proyectado	120
Tabla 58	Evaluación de Indicadores Financieros.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Pareto de la Frecuencia de Fallas de los Equipos	20
Figura 2 Porcentaje De Disponibilidad De Equipos Médicos	31
Figura 3 Tiempo Medio De Reparación De Los Equipos Médicos	38
Figura 4 Tiempo Promedio Entre Fallas En Horas De Los Equipos Médicos	45
Figura 5 Plano de implementación del área de mantenimiento.....	59
Figura 6 Hoja de registro de equipos médicos	61
<i>Figura 7 Diagrama de Estandarización de Procesos de Mantenimiento Preventivo</i>	62
Figura 8 Hoja de Control y Limpieza de Equipos Médicos	71
Figura 9 Hoja de Vida de los Equipos Médicos	72
Figura 10 Orden de Trabajo de Mantenimiento de los Equipos Médicos	73
Figura 11 Hoja de Procedimiento de Reparación de Equipos Médicos	74
Figura 12 Cronograma de Mantenimiento y Calibración.....	75
Figura 13 Las 5´s.....	76
Figura 14 Tareas Preventivas Después de la Mejora.....	82
Figura 15 Porcentaje de Disponibilidad Después de la Mejora	86
Figura 16 MTTR Después de la Mejora.....	93
Figura 17 MTBF después de la mejora	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Total de tareas preventivas	24
Ecuación 2 Cumplimiento De Tareas Preventivas	25
Ecuación 3 Cumplimiento De Inspecciones.....	26
Ecuación 4 Disponibilidad	26
Ecuación 5 Tiempo Medio Para Reparar.....	32
Ecuación 6 Tiempo Medio Entre Fallas	38

RESUMEN

La investigación se realizó en el Centro de Salud de los Baños Del Inca-Cajamarca en el área de laboratorio , dedicada a la atención de pacientes de bajos recursos el cual, actualmente no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento preventivo establecido ya que se detectó que los trabajos dejan que terceros hagan un mantenimiento correctivo; los problemas encontrados recaen directamente en la falta de disponibilidad de los equipos lo que afecta a la calidad de servicio hacia los pacientes; lo que perjudica directamente a la disponibilidad de los equipos médicos por lo que se está realizando la investigación con el objetivo de diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos médicos del centro de salud. Por 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 determinando la medida de los indicadores establecidos, el cual se utilizó técnicas de entrevistas y fórmulas para el cálculo de determinados indicadores como la cantidad de tareas preventivas, el porcentaje de cumplimiento y disponibilidad de equipos, el MTTR y MTBF que permite el cálculo de la disponibilidad y las diferentes herramientas de ingeniería. Finalmente se llegó a la conclusión que con la propuesta implementación de un diseño de gestión de mantenimiento preventivo es viable ya que las mejoras de los indicadores de mantenimiento son significativas y por consiguiente la mejora de las tareas preventivas

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, equipos hospitalarios, MTTR. MTBF, disponibilidad,

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La constante necesidad de las instituciones de salud públicas hace que la competitividad actual haya originado que exista una evolución avanzada del mantenimiento, dejando de usar los procedimientos estáticos (esperando que haya una falla en la maquina) y así pasar a la implementación de métodos más dinámicos. Además, desde la evolución del sistema de Gestión de mantenimiento, la inclinación más lucida hacia la disponibilidad del proceso en las diferentes industrias, empresas u organizaciones, inclusive en el sector salud, siendo este el resultado inmediato del avance científico. El objetivo principal del mantenimiento se enfoca en maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos para no suspender el proceso productivo, de igual forma optimizar los recursos empleados

Un centro de salud se debe considerar como un establecimiento donde se realizan un conjunto de actividades atendidas por sistemas complejos, destinadas a recuperar la salud de la población que lo requiere. Esto involucra que los equipos médicos estén en óptimas condiciones, teniendo la seguridad y continuidad los 365 días del año de modo que otorgue confiabilidad y disponibilidad de ejecución de todas las áreas que tiene un centro de salud; de la misma manera lo importante del mantenimiento hospitalario es el servicio que se focaliza en el cacto de asegurar el buen funcionamiento de los equipos.

Según (Gonzales Santillan & Maicelo Bazan , 2017), en la empresa Jampar Multiplest Internacional S.R.L, no cuenta con una adecuada gestión de mantenimiento preventivo, por ende se ha ampliado los reclamos de los clientes en los últimos meses,

es así que proponen un diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de laboratorio en dicha empresa. por lo que en dicha propuesta planteada se obtiene un incremento en la disponibilidad de los equipos lo cual se contempla en la reducción de tiempos de trabajos y disminución de sus costos.

Señala (Marrufo Delgado & Cachi Bacón , 2017) en su“ 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”, narra que el inconveniente principal fue como optimizar los equipos biomédicos hospitalarios debido a la ausencia de mantenimiento de estos, la falta de capacitación al personal y a los procesos inapropiados por tal causa, el objetivo de estudio fue determinar cómo avalar una operación segura, un mayor porcentaje de disponibilidad, mejorar la productividad y mejorar la satisfacción de los clientes en todos los equipos biomédicos, obteniendo en sus resultados que la aplicación de un 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 10 equipos objeto de estudio, teniendo una disponibilidad de 100% después de implementación del sistema.

Según (Cossio Rojas , 2021) en su tesis “Sistema de gestión de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos biomédicos de la clínica San Pablo Trujillo, para aumentar su confiabilidad y reducir sus costos de producción”, nos alude que las principales causas de la falta de disponibilidad de equipos son la falta de información

de hojas de registro de cada falla de los equipos biomédicos , constantes mantenimientos correctivos , etc.; por lo cual se desarrolla un plan de mantenimiento por cada equipo determinado el índice de riesgo , se propone así también un programa de mantenimiento mediante un cuadro de tareas propuestas , etc, teniendo como resultado gracias a este estudio de investigación un mejor comportamiento y un avance de tecnologías innovadoras en el mantenimiento

Por otro lado (Jaime Estupiñan , 2017) en su trabajo de investigación denominada "Diseño del plan de mantenimiento preventivo enfocado a la teoría del TPM para la compañía de montajes diseño y construcción C.M.D SAS" aclara que su estudio está orientada a asegurar la disponibilidad y mantenimiento de los equipos de manera eficaz con el objetivo de mejorar el sistema productivo, favoreciendo a la realización de sus políticas de calidad; con el desarrollo de esta propuesta de investigación de la teoría TPM a través del plan de mantenimiento preventivo permite a la empresa CMD SAS ser más integral entorno al fortalecimiento de la compañía, ya que el TPM permite la unificación de cada área de la compañía basándose en mejorar los ambientes de trabajo y quienes lo conforman, obteniendo un ambiente de trabajo entusiasta.

En este escenario luego de tener una visita al centro de salud Baños Del Inca, se analizó presentando serias deficiencias en sus equipos médicos con respecto al material y herramientas del área de Laboratorio donde se realizan los estudios de los análisis, afectando negativamente en la disponibilidad de atención hacia los pacientes, así también en el mantenimiento de los equipos y sistema de gestión del mismo: como la ausencia de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo. En relación al

método se detectaron procedimientos inadecuados de los equipos reparados, en cuanto a la mano de obra, el personal técnico no cuenta con ninguna experiencia en reparaciones técnicas de los equipos médicos.

La disponibilidad de equipos hospitalarios en el centro de salud de los Baños del Inca no maneja un registro ordenado ni un sistema de aplicación de mantenimiento preventivo programado con disciplina y con estricto cumplimiento, por ello es de vital importancia la adaptación de planes de mantenimiento capaces de sostener un sistema de disponibilidad para con los pacientes de su comunidad.

Por ello, se propone un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que identifique cuales son las fallas de trabajar con mantenimientos correctivos en este tipo de equipos hospitalarios, su repercusión en la comunidad de Baños Del Inca, sus elevados costos, su necesidad hacia la comunidad de Baños Del Inca y que a su vez eviten que estos equipos sean utilizados por los pacientes de dicha comunidad.

Al contextualizar el problema principal de este estudio, en la cual sobre sale los defectos en las reparaciones, relacionada a la baja disponibilidad de acceso de los equipos del área de laboratorio del Centro de Salud Baños Del Inca, se encuentra una importante semejanza en la realidad problemática en los estudios de los antecedentes, esto involucra que los diferentes centros de salud tienen esta imperfección en común y es de suma importancia saber cómo cada una de ellas se ha encargado de solucionar estos inconvenientes utilizando las diferentes herramientas de Ingeniería industrial. Estas investigaciones ya antes expuestas corroboran los análisis y resultados de la presente investigación.

1.2. Formulación Del Problema

¿En qué medida el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de los equipos médicos en El Centro De Salud de Los Baños Del Inca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos médicos en el Centro De Salud Baños Del Inca.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Diagnosticar la situación actual del mantenimiento de los equipos hospitalarios en área de Laboratorio del centro de salud De Los Baños Del Inca.
- ✓ Analizar la disponibilidad de los diferentes equipos que existen actualmente en el área de laboratorio, del Centro de Salud de Los Baños Del Inca.
- ✓ Diseñar una propuesta de un sistema de mantenimiento preventivo en el centro de salud de Los Baños Del Inca
- ✓ Evaluar los indicadores, después de diseñar la propuesta de mejora.
- ✓ Realizar el análisis económico del diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el área de laboratorio en el Centro de Salud Baños Del Inca – Cajamarca.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

El diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el Centro de Salud de los Baños del Inca incrementará la disponibilidad de los equipos médicos en el área de laboratorio.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo De Investigación

Pre experimental: es aquella en la que el investigador trata de acercarse a una investigación experimental pero no tiene los medios de control suficientes que permitan la validez interna según (Saiz Manzanares, 2017).

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 en marcha el plan de mejora.

Transversal: la recolección de datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado; es como tomar una fotografía de algo que sucede según (Hernández Sampieri, 2011). La recolección de datos se hará mediante un determinado periodo de tiempo, los detalles se expondrán de forma descriptiva.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Unidad de estudio:

- El Centro De Salud Baños Del Inca – Cajamarca

Población

- Nuestra población está representada por todos los equipos hospitalarios de las diferentes áreas del Centro de Salud Baños del Inca – Cajamarca.

Muestra

- La muestra está representada por los equipos médicos del Area de Laboratorio en el Centro De Salud Baños Del Inca – Cajamarca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Teniendo en cuenta a Espinoza (2015) Son las herramientas con que cuenta el investigador para documentar la información recabada de la realidad, utilizando mecanismo que ayuda al investigador para recolectar y registrar la información: formularios, las pruebas psicológicas, las escalas de opinión, y actitudes.

Tabla 1 Técnicas e Instrumentos de Recolección

Técnicas	Justificación	Instrumentos
Entrevista	Permitirá obtener la información histórica en el área de laboratorio del Centro de salud Baños del Inca	Guía de entrevista (Registro de históricos)
Observación	Verificación del estado de cada uno de los indicadores	Guía de observación

Fuente: Elaboración Propia

Entrevista: Dirigido a la Tecnóloga Medico Roxana Yudith Rojas Palomino coordinadora del Área de Laboratorio del Centro de Salud de los Baños Del Inca para ver el estado de los equipos y su funcionamiento de cada uno de ellos.

Observación: A los equipos hospitalarios para verificar la disponibilidad de estos, como su tiempo de vida útil y sus fallas presentadas.

2.4. Procedimiento

- Primero se identificó las causas del problema de la disponibilidad de los equipos de laboratorio para saber cuál es la relación de causa y efecto, así mismo saber las posibles causas que afectan este problema.
- Planificación y preparación de la guía de entrevista; se ha establecido entrevistar a la encargada del área (coordinadora del área de laboratorio)
- Jefe del centro de salud de Baños del Inca: Al doctor Elisalde Romero Cepeda encargado y responsable de dirigir todo el establecimiento de salud; a quien se le solicitó el permiso respectivo para poder obtener los datos correspondientes.
- Jefe del área de Laboratorio: Tecnólogo Médico Roxana Yudith Rojas Palomino, coordinadora del área del laboratorio, la cual es responsable de poder cumplir las tareas asignadas que permiten mantener en funcionamiento de dicha área y sus equipos de laboratorio; a quien está dirigida la encuesta para poder conseguir y reunir la información y todo referente a los equipos del área, como es el número de fallas que presentan al año cada uno de los equipos.

2.4.1. Validez y confiabilidad del instrumento

Para poder establecer la validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, se valió de la opinión y el visto bueno de los expertos de ing. Industrial de nuestra casa superior de estudios de la sede Cajamarca; ya que este fue una adaptación de la tesis titulada “Diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, para incrementar la disponibilidad de los equipos de laboratorio clínicos de la empresa Jampar Multiplest Internacional S.R.L – 2017” de los Autores : Gonzales Santillán Ernesto y Maicelo Bazán Marcelita (ANEXO 2).

2.4.2. Para analizar la información

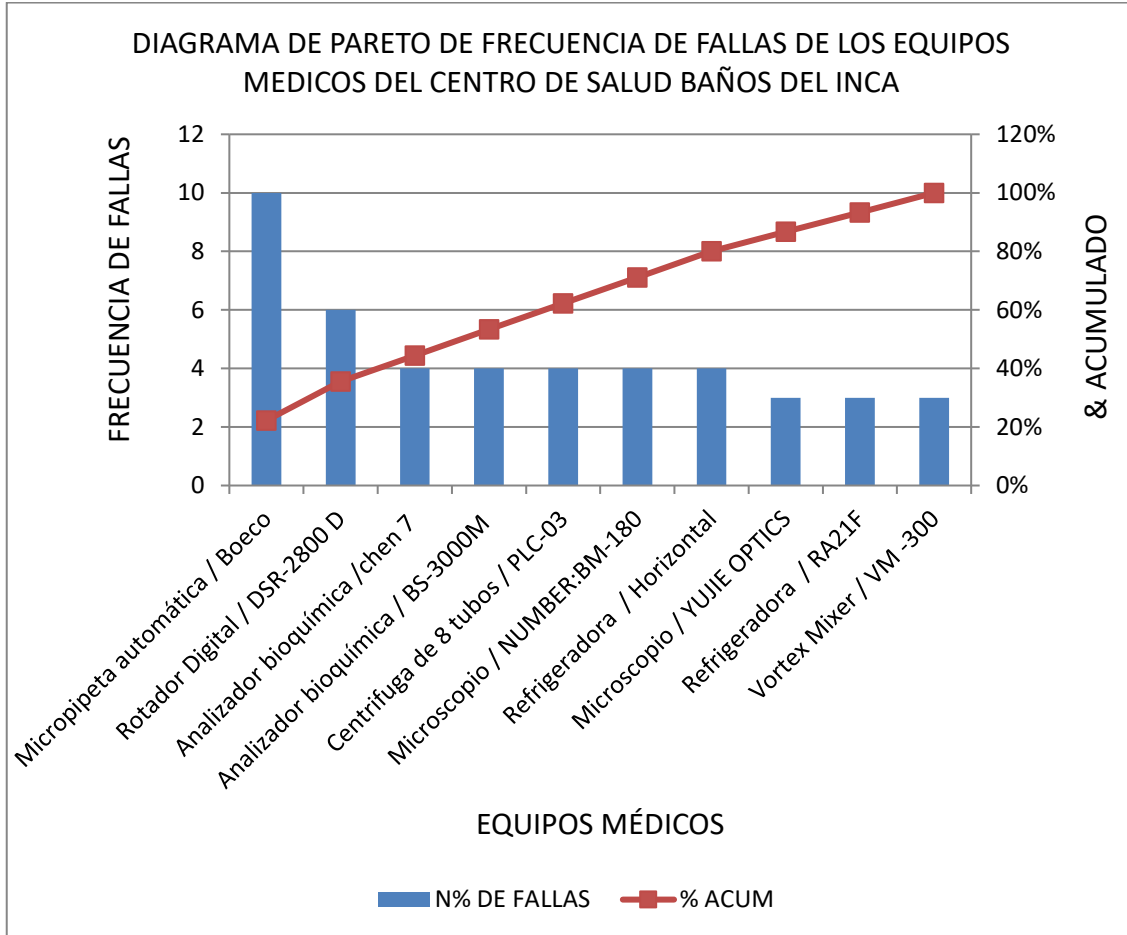
Luego de haber aprovechado el instrumento, se procedió a ordenar la información en Excel el cual nos permitió elaborar las diferentes tablas que detallan los resultados finales de las variables y dimensiones, para la composición de la data se utilizó Office 2016.

2.4.3. Aspectos éticos de la investigación

Todas las fuentes que se han examinado y con las que se han asesorado en este estudio se están citando, así mismo también contamos con los permisos correspondientes del Centro de salud de los Baños del Inca donde estamos realizando la investigación, esta información brindada por dicha institución se emplea con intensiones académicas, apoyándonos en el método científico sin omitir los valores que un examinador debe contemplar; los resultados se muestran sin variar los datos verdaderos. (Anexo 3)

DIAGRAMA DE PARETO

Figura 1 Diagrama de Pareto de la Frecuencia de Fallas de los Equipos



Fuente: Elaboración Propia

Los datos mostrados en este gráfico fueron obtenidos mediante la entrevista y ficha de observación el cual registra el número de las fallas que se han producido por cada equipo médico (Anexo n° 04), con este diagrama de Pareto podemos tener una mejor visión de los equipos más críticos del Centro de Salud Baños Del Inca. Por consiguiente, con la teoría 80/20 podemos decir que el 80% de las fallas fueron generadas por los siete primeros equipos,

asimismo se puede observar que los 2 primeros equipos son los que más registran fallas al año.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1 Variable Independiente

Sistema de mantenimiento preventivo

2.5.2 Variable dependiente

Disponibilidad de los equipos médicos

Tabla 2 Diseño de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo (Independiente)	son actividades que se realizan para asegurar el funcionamiento continuo de equipos o máquinas y prevenir cualquier tipo de falla	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	Tareas preventivas	Cantidad de tareas preventivas
			Cumplimiento de tareas preventivas	Porcentaje de cumplimiento
La Disponibilidad de los Equipos médicos (Dependiente)	Es la probabilidad de que un equipo funcione o no cuando se lo requiera	según (Pinzón, 2016) confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para	Disponibilidad	Porcentaje de disponibilidad de equipos

<p>un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el</p>	<p>Tiempo medio para reparar</p>	<p>Horas promedio (MTTR)</p>
<p>sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.</p>	<p>Tiempo medio entre fallas</p>	<p>Horas Promedio (MTBF)</p>

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Variables

3.1.1. Variable Independiente

Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo

3.1.1.1. Dimensión 1

Tareas Preventivas:

Se basa en establecer las disposiciones que se implanta para poder controlar reducir y eliminar los riesgos.

Indicador 1

Cantidad de tareas Preventivas:

Este indicador se calcula dividiendo el total de tareas preventivas entre la suma del total de tareas preventivas y el total de tareas correctivas.

Actualmente el centro de salud Baños del Inca –Cajamarca, en el área de laboratorio no realiza un plan de mantenimiento preventivo, por lo cual se ha considerado 0 el número de tareas preventivas y para el valor de tareas correctivas el total de fallas de los equipos médicos. Por lo tanto, para todos los equipos el total de tareas preventivas es igual a cero.

Ecuación 1 Total de tareas preventivas

$$\%Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{Tareas\ Preventivas}{Tareas\ Preventivas + Tareas\ Corecctivas} * 100$$

$$\%Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{0}{0 + 4} = 0$$

3.1.1.2. Dimensión 2

Cumplimiento De Tareas Preventivas:

Se refiere si el encargado cumple en realizar el respectivo mantenimiento preventivo a los equipos del área de laboratorio.

Indicador 2

Porcentaje De Cumplimiento:

Para obtener los resultados de este indicador se calcula dividiendo el total de tareas preventivas realizadas entre el total de tareas preventivas programadas.

Actualmente el centro de salud Baños del Inca en el área de laboratorio, no realiza estas actividades, puesto que como se informa en el diagnóstico ellos solo realizan un mantenimiento correctivo a los equipos, por lo cual se ha considerado 0 el número de tareas preventivas programadas y realizadas.

Ecuación 2 Cumplimiento De Tareas Preventivas

$$\% \text{Cumplimiento Tareas Preventivas} = \frac{\text{Total de Tareas Preventivas Realizadas}}{\text{Total de Tareas Preventivas Programadas}} * 100$$

$$\% \text{Cumplimiento Tareas Preventivas} = 0\%$$

3.1.1.3. Dimensión 3

Cumplimiento De Inspecciones:

Se refiere si el encargado cumple en evaluar y comprobar las buenas condiciones de los equipos usados con más frecuencia y se aplica con el fin de predecirse a algunas fallas de los equipos.

Indicador 3

Porcentaje De Cumplimiento:

Para obtener los resultados de este indicador se calcula dividiendo el total de inspecciones realizadas entre el total de inspecciones programadas. Actualmente el centro de salud Baños del Inca en el área de laboratorio no realizan inspecciones a los equipos médicos porque no tienen un plan de mantenimiento preventivo, por lo cual se ha considerado 0 el número de inspecciones programadas y realizadas

Ecuación 3 Cumplimiento De Inspecciones

$$\%Cumplimiento\ de\ Inspecciones = \frac{Total\ de\ Inspecciones\ Realizadas}{Total\ de\ Inspecciones\ Programadas} * 100$$

$$\%Cumplimiento\ de\ Inspecciones = 0\%$$

3.1.2. Variable Dependiente

La disponibilidad de los equipos médicos

3.1.2.1. Dimensión 1

Disponibilidad (A):

Está representado por el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad

Indicador 1

Porcentaje de disponibilidad de equipos en promedio:

Este indicador se calcula primero dividiendo el tiempo promedio entre fallas, entre el tiempo medio entre fallas, sumando el tiempo promedio para reparar. Luego de hallar el cálculo de la disponibilidad, se multiplica por cien, para así poder encontrar el porcentaje respectivo.

Ecuación 4 Disponibilidad

$$Disponibilidad\ \% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

- ✓ **Analizador Bioquímico/Chem 7:** Es un analizador compacto, de alto desempeño y que se basa en un micro controlador de 16 bits para pruebas de química, electrólitos, inmunoanálisis, hormonas, coagulación y medicamentos.

Porcentaje De Disponibilidad De Analizador Bioquímico/Chem 7

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2190}{2190 + 32} * 100 = 98.6 \%$$

Actualmente la disponibilidad de los Analizador Bioquímico/Chem 7 se encuentra en un 98.6 % de disponibilidad

- ✓ **Analizador bioquímico/BS-3000M:** Es un equipo de laboratorio, el cual el cual es utilizado para medir el nivel del suero sanguíneo como: glucosa, colesterol, triglicéridos, ácido úrico, proteínas, pruebas bioquímicas y enzimáticas

Porcentaje De Disponibilidad De Analizador bioquímico/BS-3000M

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2190}{2190 + 32} * 100 = 98.6 \%$$

Actualmente la disponibilidad de los Analizador Bioquímico/BS-3000M se encuentra en un 98.6 % de disponibilidad.

- ✓ **Centrifuga de 8 tubos / PLC-03.** Es ideal para su uso en laboratorios e instituciones médicas, fabricado con un material de alta resistencia. Este es de fácil manipulación por lo que ayuda a reducir el tiempo de trabajo, el cual separa el suero de la sangre en corto tiempo.

Porcentaje De Disponibilidad De Centrifuga de 8 tubos / PLC-03

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2190}{2190 + 16} * 100 = 99.3 \%$$

Actualmente la disponibilidad del Centrifuga de 8 tubos / PLC-03 se encuentra en un 99.3 % de disponibilidad.

- ✓ **Microscopio / YUJIE OPTICS.** Diseñado esencialmente para el examen clínico y la demostración de enseñanza en los centros médicos y de salud y laboratorios, siendo utilizada para trabajos de rutina e investigación en biología, citología bacteriológica y farmacia.

Porcentaje De Disponibilidad De Microscopio / YUJIE OPTICS

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2920}{2920 + 21.43} * 100 = 99.3 \%$$

Actualmente la disponibilidad del Microscopio / YUJIE OPTICS se encuentra en un 99.3 % de disponibilidad.

- ✓ **Microscopio / NUMBER: BM-180.** Desarrollado específicamente para la educación, con especial atención, a la ergonomía y con una relación calidad / precio excepcional. Los oculares están asegurados y los microscopios equipados con una protección ejemplar ajustable.

Porcentaje De Disponibilidad De Microscopio / NUMBER: BM-180

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2190}{2190 + 28.57} * 100 = 98.7 \%$$

Actualmente la disponibilidad del Microscopio / NUMBER: BM-180 se encuentra en un 98.7 % de disponibilidad.

- ✓ **Micropipeta automática / Boeco.** Se utiliza para medir pequeños volúmenes y transvasarlos de un recipiente a otro, son autoclavables que aseguran la entrega exacta y precisa de líquido para las más diversas aplicaciones

Porcentaje De Disponibilidad De Micropipeta automática / Boeco

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{1752}{1752 + 48} * 100 = 97.3 \%$$

Actualmente la disponibilidad de la Micropipeta automática / Boeco se encuentra en un 97.3 % de disponibilidad.

- ✓ **Refrigeradora / RA21F.** Su principal función es mantener una temperatura de conservación interna definida (de 1° a 15 °C) para almacenar y proteger correctamente productos, muestras, sustancias químicas, fármacos, soluciones y más sustancias termos sensibles.

Porcentaje De Disponibilidad De Refrigeradora / RA21F

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2920}{2920 + 30} * 100 = 99 \%$$

Actualmente la disponibilidad de la Refrigeradora / RA21F se encuentra en un 99 % de disponibilidad.

- ✓ **Refrigeradora horizontal.** Es adecuado para almacenar materiales y productos sensibles en farmacias, consultorios médicos, clínicas, y laboratorios, como son los productos biológicos, vacunas, medicamentos, reactivos, etc.

Porcentaje De Disponibilidad De Refrigeradora horizontal

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2190}{2190 + 40} * 100 = 98.2 \%$$

Actualmente la disponibilidad de la Refrigeradora horizontal se encuentra en un 98.2 % de disponibilidad.

- ✓ **Rotador Digital / DSR-2800 D.** se usa ampliamente en las pruebas VDRL, RPR y EIA. El Rotador digital está equipado con una pantalla digital para indicar la velocidad actual y el tiempo restante, con un funcionamiento estable y tranquilo.

Porcentaje De Disponibilidad De Rotador Digital / DSR-2800 D

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2920}{2920 + 42} * 100 = 98.6 \%$$

Actualmente la disponibilidad del Rotador Digital / DSR-2800 D se encuentra en un 98.6 % de disponibilidad.

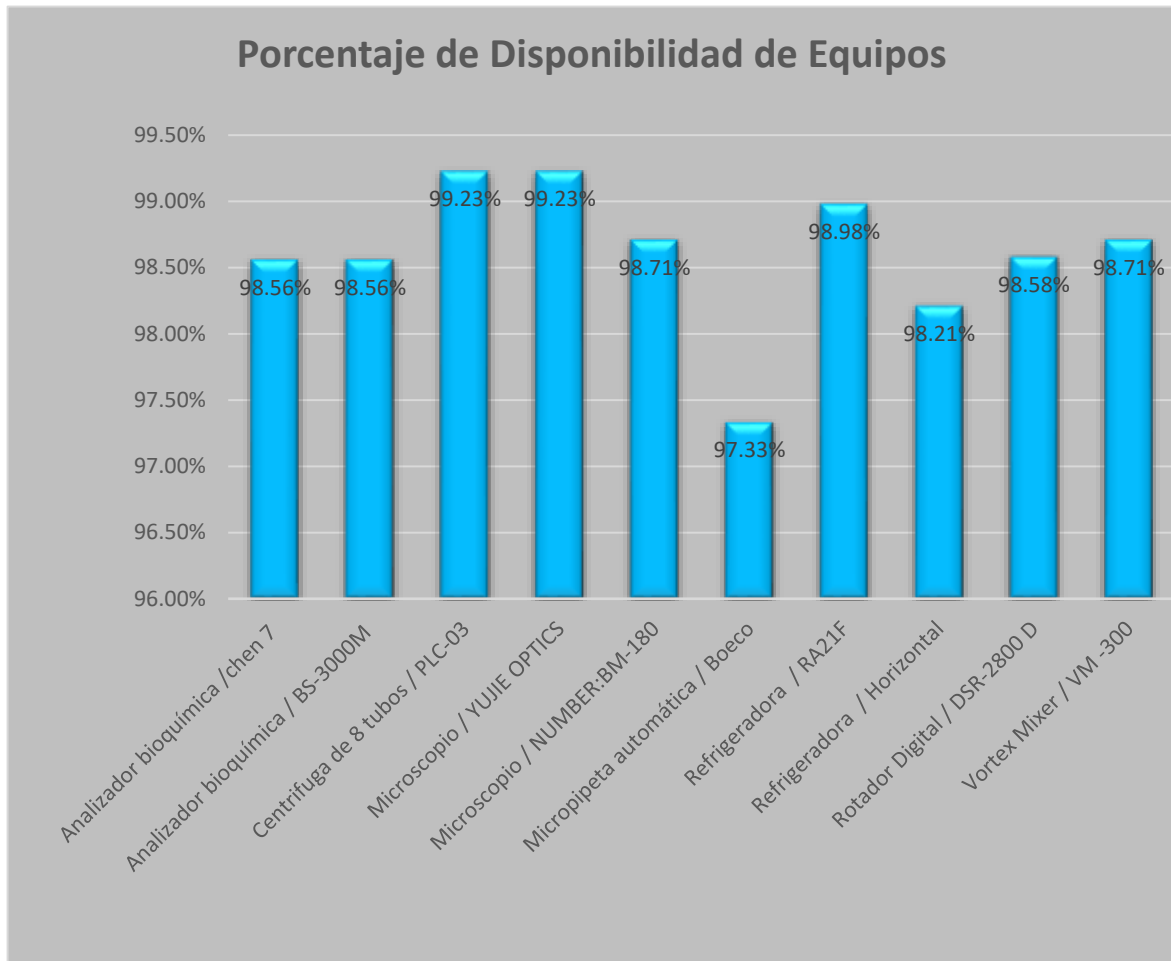
- ✓ **Vortex Mixer / VM-300.** Se utiliza en la aplicación para diagnóstico de especímenes para los métodos de prueba cualitativos o cuantitativos en tubos de ensayo, frascos en Vitro con rango de velocidad de 0 a 2300 rpm, tiene dos tipos de operación, de acuerdo a la necesidad, agitación intermitente o continua, la intensidad de agitación puede ser controlada en el modo intermitente.

Porcentaje De Disponibilidad De Vortex Mixer / VM-300

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{2920}{2920 + 6.67} * 100 = 99.8 \%$$

Actualmente la disponibilidad del Vortex Mixer / VM-300 se encuentra en un 99.8 % de disponibilidad.

Figura 2 Porcentaje De Disponibilidad De Equipos



Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico se muestra el comportamiento del porcentaje de disponibilidad de los equipos médicos del área de laboratorio.

3.1.2.2. Dimensión 2

Tiempo medio para reparar (MTTR):

Se refiere a la medida de mantenimiento de equipos y piezas reparables.

Representa el promedio del tiempo necesario para reparar una avería hasta que la actividad del equipo se restablezca.

Indicador 2

Horas promedio (MTTR): Para obtener los resultados de este indicador, se calcula dividiendo el tiempo total de reparación correctiva entre el número de reparaciones correctivas

Ecuación 5 Tiempo Medio Para Reparar

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

✓ **Analizador Bioquímico/Chem 7:**

Tabla 3 Historial De Analizador Bioquímico / chem7

Horas reparadas	Nº de reparaciones	Nºde equipos
32	4	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{32 * 4 * 1}{4} = 32 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura una reparación de 1 Analizador Bioquímico/Chem 7 es de 32 horas.

✓ **Analizador bioquímico / BS-3000M:**

Tabla 4 Historial De Fallas De Analizador Bioquímico / BS-300M

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
32	4	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{32 * 4 * 1}{4} = 32 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Analizador bioquímico / BS-3000M es de 32 horas.

✓ **Centrifuga de 8 tubos / PLC-03:**

Tabla 5 Historial De Fallas De Centrifuga de 8 tubos / PLC-03

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
16	4	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{16 * 4 * 1}{4} = 16 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1

Centrifuga de 8 tubos / PLC-03 es de 16 horas.

✓ **Microscopio / YUJIE OPTICS:**

Tabla 6 Historial de Fallas de Microscopio / YUJIE OPTIC

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
21.43	3	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{21.43 * 3 * 1}{3} = 21.43 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1

Microscopio / YUJIE OPTICS es de 21.43 horas.

✓ **Microscopio / NUMBER: BM-180:**

Tabla 7 Historial de Fallas de Microscopio / NUMBER: BM-180

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
28.57	4	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{28.57 * 4 * 1}{4} = 28.57 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1

Microscopio / NUMBER: BM-180 es de 28.57 horas.

✓ **Micropipeta automática / Boeco:**

Tabla 8 Historial de Fallas de Micropipeta automática / Boeco

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
24	10	2

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{24 * 10 * 2}{10} = 48 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 2

Micropipetas automáticas / Boeco es de 48 horas.

✓ **Refrigeradora / RA21F:**

Tabla 9 Historial de Fallas de Refrigeradora / RA21F

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
30	3	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\textit{T tiempo total de reparación correctiva}}{\textit{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{30 * 3 * 1}{3} = 30 \textit{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Refrigeradora / RA21F es de 30 horas.

✓ **Refrigeradora horizontal:**

Tabla 10 Historial de Fallas de Refrigeradora horizontal

Horas reparadas	Nº de reparaciones	Nºde equipos
40	4	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\textit{T tiempo total de reparación correctiva}}{\textit{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{40 * 4 * 1}{4} = 40 \textit{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Refrigeradora horizontal es de 40 horas.

✓ **Rotador Digital / DSR-2800 D:**

Tabla 11 Historial de Fallas de Rotador Digital / DSR-2800 D

Horas reparadas	Nº de reparaciones	Nºde equipos
-----------------	--------------------	--------------

21 6 2

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{21 * 6 * 2}{6} = 42 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 2 Rotadores Digitales / DSR-2800 D es de 42 horas.

✓ **Vortex Mixer / VM-300:**

Tabla 12 Historial de Fallas de Vortex Mixer / VM-300

Horas reparadas	Nº de reparaciones	Nº de equipos
6.67	3	1

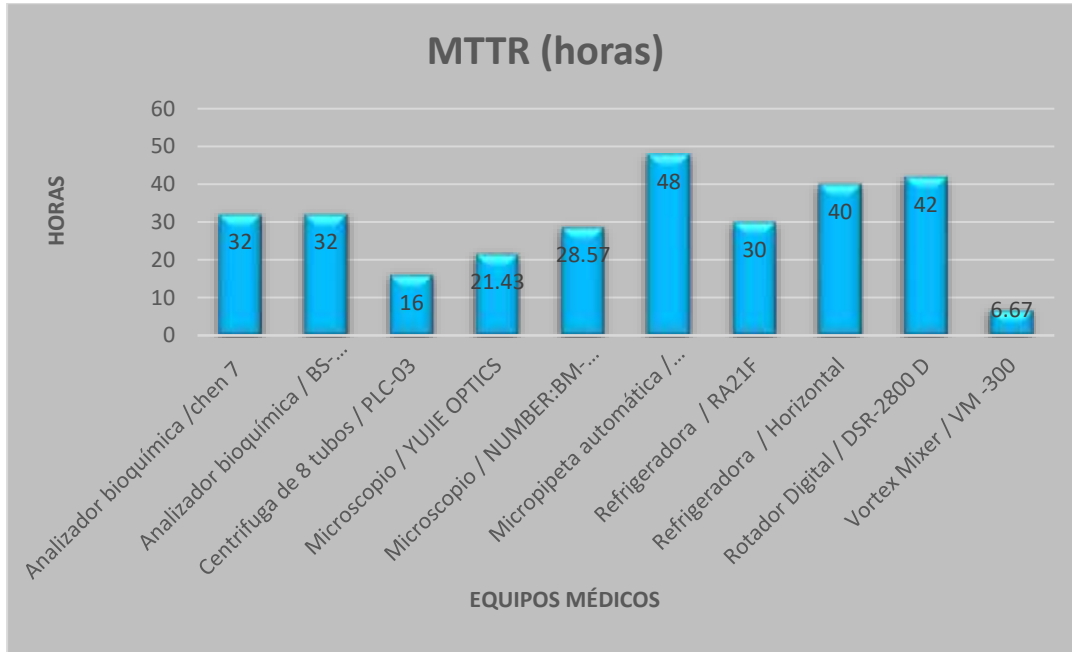
Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{6.67 * 3 * 1}{3} = 6.67 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Vortex Mixer / VM-300 es de 6.67horas.

Figura 3 Tiempo Medio De Reparación De Los Equipos Médicos



En este gráfico se muestra el comportamiento del tiempo de reparación acumulada en horas de los equipos médicos del área de laboratorio y también indica la cantidad de horas al año de inactividad de los equipos.

3.1.2.3. Dimensión 3

Tiempo medio entre fallas: es el tiempo promedio transcurrido entre una falla y la siguiente falla ocurrida.

Indicador 2

Horas promedio (MTBF): Para obtener los resultados de este indicador, se calcula dividiendo el número de horas de operación entre el número de reparación correctivas.

Ecuación 6 Tiempo Medio Entre Fallas

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

✓ **Analizador Bioquímico/Chem 7:**

Tabla 13 Historial de Analizador Bioquímico/Chem 7

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	-------------	------------------

24	365	4	1
----	-----	---	---

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{4} = 2190 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Analizador Bioquímico/Chem 7 indica que el tiempo promedio entre fallas es de 2190 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Analizador bioquímico / BS-3000M:**

Tabla 14 Historial de Analizador Bioquímico/BS-3000M

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	-------------	------------------

24	365	4	1
----	-----	---	---

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{4} = 2190 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Analizador bioquímico / BS-3000M indica que el tiempo promedio entre fallas es de 2190 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Centrifuga de 8 tubos / PLC-03:**

Tabla 15 Historial de Centrifuga de 8 tubos / PLC-03

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
24	365	4	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{4} = 2190 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

La Centrifuga de 8 tubos / PLC-03 indica que el tiempo promedio entre fallas es de 2190 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Microscopio / YUJIE OPTICS:**

Tabla 16 Historial de Microscopio / YUJIE OPTICS

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
24	365	3	1

Fuente: *Elaboración propia*

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{3} = 2920 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Microscopio / YUJIE OPTICS nos indica que el tiempo promedio entre fallas es de 2920 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Microscopio / NUMBER: BM-180:**

Tabla 17 Historial de Microscopio / Number:BM-180

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
24	365	4	1

Fuente: *Elaboración propia*

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{4} = 2190 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Microscopio / NUMBER: BM-180 indica que el tiempo promedio entre fallas es de 2190 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Micropipeta automática / Boeco:**

Tabla 18 Historial de Micropipeta automática/ Boeco

N°de fallas

Horas	N° de días	Total de	
Trabajadas	trabajados	equipos	
24	365	10	2

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 2}{10} = 1752 \text{ horas/fallas} * 2 \text{ equipos}$$

Las Micropipetas automáticas / Boeco indica que el tiempo promedio entre fallas es de 1752 horas / fallas por 2 equipos.

✓ **Refrigeradora / RA21F:**

Tabla 19 Historial de Refrigeradora / RA21F

Horas	N° de días	N° de fallas	Total de
Trabajadas	trabajados		equipos
24	365	3	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{3} = 2920 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

La Refrigeradora / RA21F indica que el tiempo promedio entre fallas es de 2920 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Refrigeradora horizontal**

Tabla 20 Historial de Refrigeradora horizontal

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N° de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	--------------	------------------

24	365	4	1
----	-----	---	---

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{4} = 2190 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

La Refrigeradora horizontal indica que el tiempo promedio entre fallas es de 2190 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Rotador Digital / DSR-2800 D:**

Tabla 21 Historial de Rotador Digital / DSR-2800 D

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N° de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	--------------	------------------

24	365	6	2
----	-----	---	---

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 2}{6} = 2920 \frac{\text{horas}}{\text{fallas}} * 2 \text{ equipos}$$

Los Rotadores Digitales / DSR-2800 D indican que el tiempo promedio entre fallas es de 2920 horas / fallas por 2 equipos.

✓ **Vortex Mixer / VM-300:**

Tabla 22 Historial de Vortex Mixer / VM-300

Horas Trabajadas	Nº de días trabajados	Nº de fallas	Total de equipos
24	365	3	1

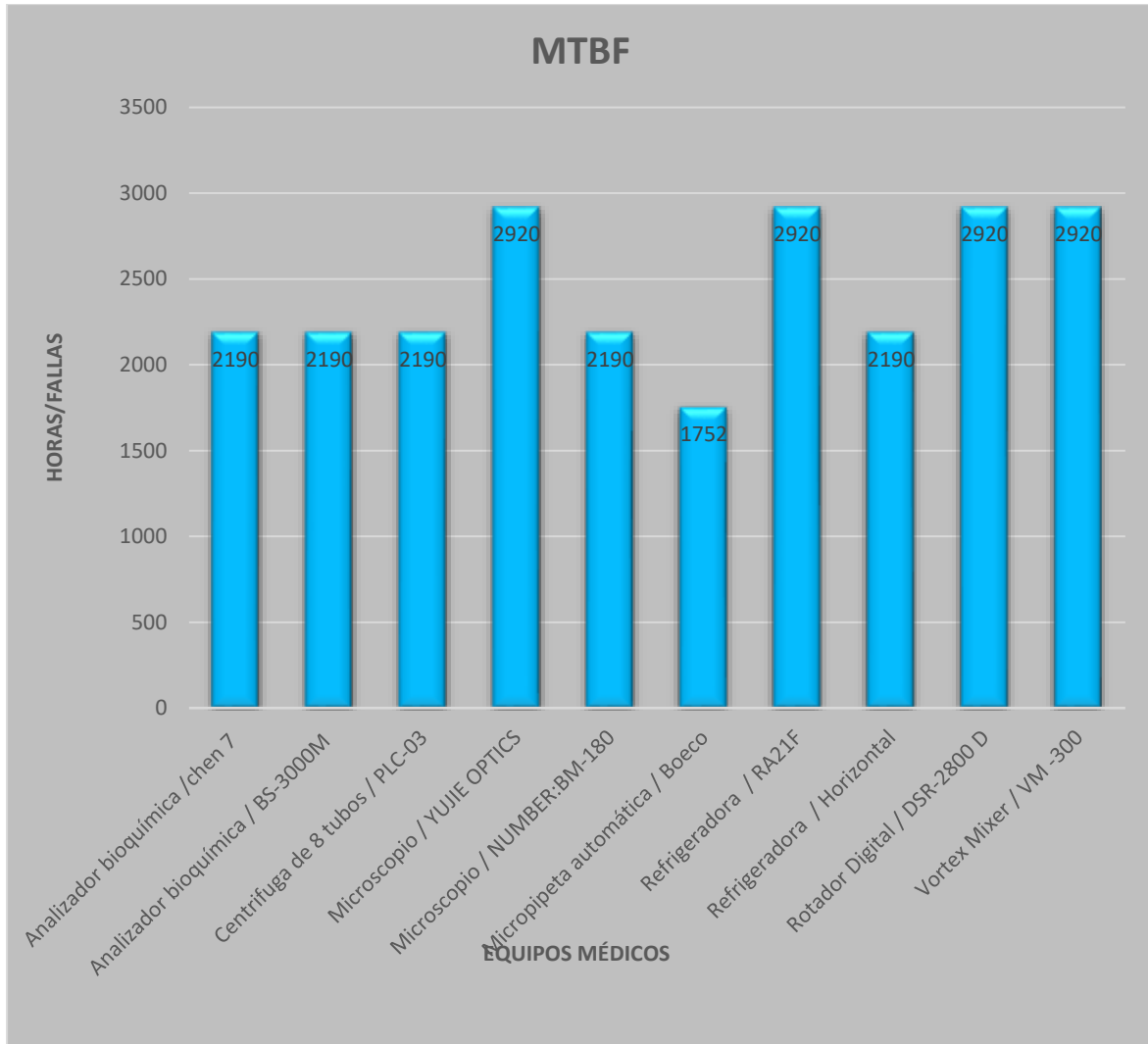
Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{\text{Nº de horas de operación}}{\text{Nº de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{3} = 2920 \frac{\text{horas}}{\text{fallas}} * 1 \text{ equipo}$$

El Vortex Mixer / VM-300 indican que el tiempo promedio entre fallas es de 2920 horas / fallas por 1 equipo.

Figura 4 Tiempo Promedio Entre Fallas En Horas De Los Equipos Médicos



Este gráfico indica el comportamiento del tiempo promedio entre fallas en horas, de cada uno de los equipos médicos del área de laboratorio.

3.1.3. Tabla anual de mantenimiento correctivo de los equipos médicos del área de laboratorio en el centro de salud de los Baños Del Inca –Cajamarca.

Tabla 23 Costo Correctivo Anual de Equipos

Equipos	Cantidad	Modelo	Tiempo Mantenimiento Por Equipo	Situación Del Equipo	Costo Mantenimiento Total por h.h	Costo Total De Mantto Correctivo
Analizador bioquímica	1	chen 7	32.00	Regular	S/ 100	S/3,200
Analizador bioquímica	1	BS-3000M	32.00	Regular	S/ 100	S/3,200
Centrifuga de 8 tubos	1	PLC-03	16.00	Regular	S/ 100	S/1,600
Microscopio	1	YUJIE OPTICS	21.43	Regular	S/ 70	S/1,500

Microscopio	1	NUMBER:BM-180	28.57	Regular	S/	70	S/2,000
Micropipeta automática	2	Boeco	24.00	Regular	S/	50	S/2,400
Refrigeradora	1	RA21F	30.00	Regular	S/	100	S/3,000
Refrigeradora	1	Horizontal	40.00	Regular	S/	100	S/4,000
Rotador Digital	2	DSR-2800 D	21.00	Regular	S/	100	S/4,200

Vortex Mixer	1	VM - 300	6.67	Regular	S/	90	S/600
						S/	
Costo Total Anual De Equipos						25,700	

Fuente: Elaboración propia

Actualmente de acuerdo a la data recogida se gasta la cantidad de S/. 25,700.00 soles anualmente en mantenimiento correctivo en los equipos médicos del área de laboratorio en mano de obra. 8Anexo4)

Tabla 24 Operacionalización de Variables con los Resultados del diagnóstico

Variables	Indicadores	Formulas	RESULTADOS		
			Equipos priorizados	ANTES	INDICE
			Analizador bioquímica /chen 7	0	%
			Analizador bioquímica / BS-3000M	0	%
			Centrifuga de 8 tubos / PLC-03	0	%
Variable Independiente	Total De tareas preventivas	TTP= (Tareas preventivas)/ (tareas preventivas+ Tareas Correctivas)	Microscopio / YUJIE OPTICS	0	%
			Microscopio / NUMBER:BM-180	0	%
			Micropipeta automática / Boeco	0	%
			Refrigeradora / RA21F	0	%
			Refrigeradora / Horizontal	0	%

			Rotador Digital / DSR-2800 D	0	%
			Vortex Mixer / VM -300	0	%
%					
Cumplimiento	%CTP=(Total tareas prev		Equipos en general del área de		
Tareas	realizadas /Total tareas prev		laboratorio	0	%
Preventivas	Programadas)*100				
%					
Cumplimiento	%CI= (Total inspecciones		Equipos en general del área de		
inspecciones	realizadas/ total inspecciones		laboratorio	0	%
	Programadas) *100				
Variable	Tiempo		Analizador bioquímica /chen 7	32.00	horas
Dependiente	promedio para	MTTR=(Tiempo total de	Analizador bioquímica / BS-		
	reparar	reparación correctiva	3000M	32.00	horas

)/(Número de reparación correctivas)	Centrifuga de 8 tubos / PLC-		
	03	16.00	horas
	Microscopio / YUJIE OPTICS	21.43	horas
	Microscopio / NUMBER:BM-		
	180	28.57	horas
	Micropipeta automática /		
	Boeco	48.00	horas
	Refrigeradora / RA21F	30.00	horas
	Refrigeradora / Horizontal	40.00	horas
	Rotador Digital / DSR-2800 D	42.00	horas
Vortex Mixer / VM -300	6.67	horas	
Analizador bioquímica /chen 7	2190.00	H/F	

		Analizador bioquímica / BS-		
		3000M	2190.00	H/F
		Centrifuga de 8 tubos / PLC-		
		03	2190.00	H/F
		Microscopio / YUJIE OPTICS	2920.00	H/F
Tiempo	MTBF=(N° de horas de	Microscopio / NUMBER:BM-		
promedio entre	operación)/(N° de	180	2190.00	H/F
fallas	reparación correctivas)	Micropipeta automática /		
		Boeco	1752.00	H/F
		Refrigeradora / RA21F	2920.00	H/F
		Refrigeradora / Horizontal	2190.00	H/F
		Rotador Digital / DSR-2800 D	2920.00	H/F
		Vortex Mixer / VM -300	2920.00	H/F

		Analizador bioquímica /chen 7	98.56	%
		Analizador bioquímica / BS-		
		3000M	98.56	%
		Centrifuga de 8 tubos / PLC-		
		03	99.27	%
		Microscopio / YUJIE OPTICS	99.27	%
Disponibilidad	$D=MTTB/(MTTB+MTTR)$	Microscopio / NUMBER:BM-		
		180	98.71	%
		Micropipeta automática /		
		Boeco	97.33	%
		Refrigeradora / RA21F	98.98	%
		Refrigeradora / Horizontal	98.21	%
		Rotador Digital / DSR-2800 D	98.58	%

Vortex Mixer / VM -300 98.71 %

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25 *Diagnóstico Actual de los Equipos Médicos*

Tipo de variable	Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Sistema de plan de mantenimiento preventivo	Según (García, 2012) Se define como un conjunto de actividades programadas a	Tareas preventivas	0%
		equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y	Cumplimiento de tareas preventivas	0%
		segura con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos	Cumplimiento de inspecciones	0%
Variable Dependiente				98.7%

La disponibilidad de los equipos médicos	Según (Pinzón, 2016) confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado.	Disponibilidad de equipos médicos	2438 horas
	En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.	El tiempo medio entre fallas (MTBF)	El tiempo medio para reparar (MTTR)	30 horas

Fuente: Elaboración Propia

En la presenta tabla se observa el diagnostico actual de los equipos médicos del área de laboratorio, antes de efectuar la mejora.

3.2. Diseño Del Plan de Mantenimiento Preventivo (Mejora)

Para el desarrollo del diseño del sistema de Mantenimiento preventivo se realizará los procesos de mantenimiento en cada una de las causas que ocasionan la baja disponibilidad de los equipos médicos, retrasando sus tiempos de operación y por consiguiente la atención hacia los pacientes. Primero realizaremos un análisis de los equipos que mayor falla presentan por falta de un cronograma anual de mantenimiento, lo cual implementaremos en donde se especifique los días de mantenimiento de cada equipo incluyendo las capacitaciones al personal, estableciendo políticas de mantenimiento con el personal involucrado directamente con el equipo médico, al realizar estas actividades y procedimientos del sistema de gestión de mantenimiento preventivo se logrará incrementar la disponibilidad de cada uno de los equipos médicos del área laboratorio.

Tabla 26 Diseño de un Mantenimiento Preventivo

Causas	Solución De Causas	Método a Implementar
Falta de un área en específico que se encargue de los equipos en estado obsoleto	Gestionar con el área de logística y recursos humanos para la creación e implementación del área De	
Inexistencia de registros, de los equipos médicos que se malogran	Mantenimiento preventivo, para la estandarización de los procesos y poder evitar las paradas y por consiguiente una mejor disponibilidad de equipos médicos así mismo tener un registro sobre todos los	Incrementar la disponibilidad de los equipos médicos en el centro de salud Baños Del Inca
Mantenimiento Correctivo	equipos existentes y con mayor falla	
Fallas Constantes		

Falta de capacitación en mantenimiento preventivo

Definir un acuerdo con el área de recursos para la realización de capacitaciones técnicas, sobre el sistema de gestión de mantenimiento preventivo

Falta de experiencia en mantenimiento de los equipos médicos

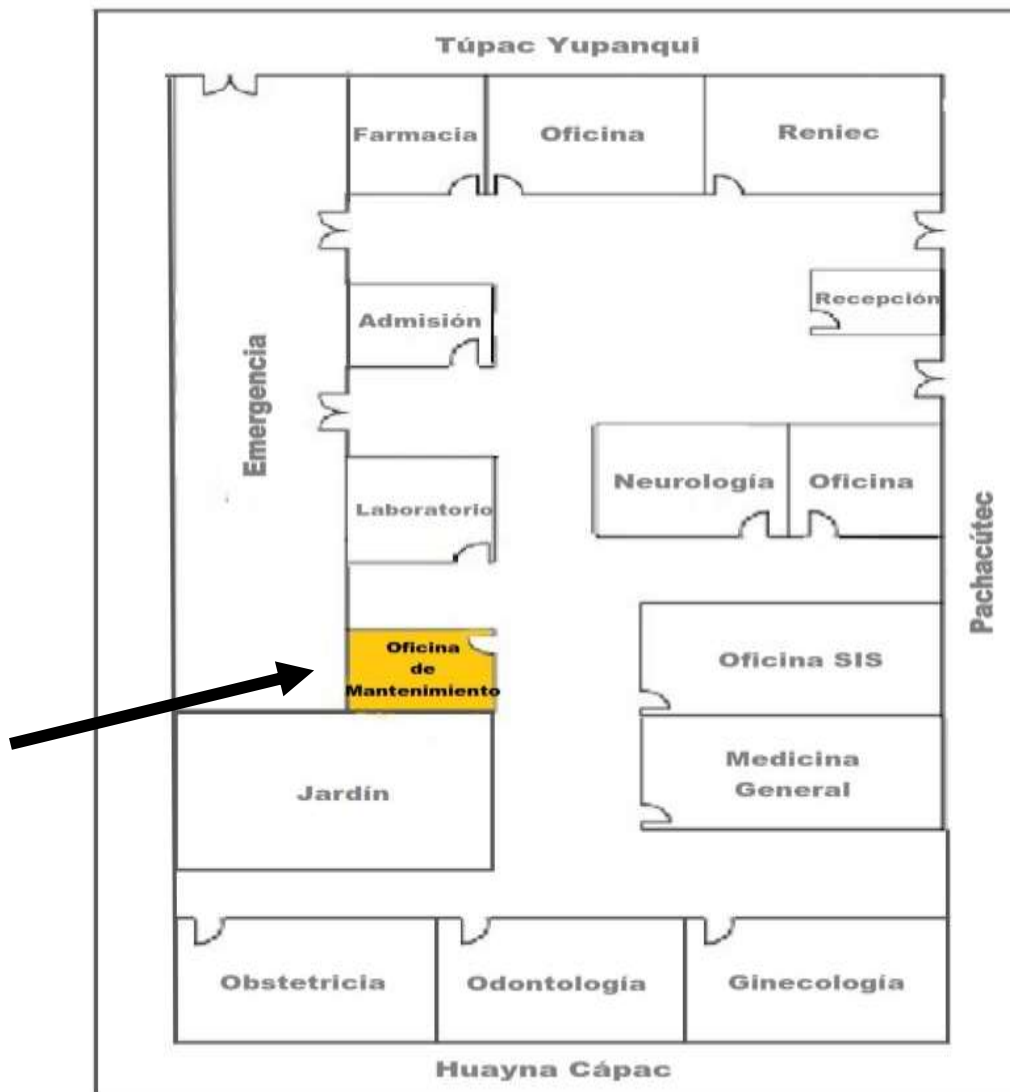
semestralmente, al personal que ejecuta los equipos y a través de esto incrementar el conocimiento del personal médico para que puedan desarrollar un mejor plan de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Implementación del área de mantenimiento:

Se adecuará un ambiente en el cual habrá un técnico encargado de establecer un sistema de control del trabajo de mantenimiento:

Figura 5 Plano de implementación del área de mantenimiento



Fuente: elaboración propia

En este escenario el área de mantenimiento que se implementará será en una oficina que actualmente se encuentra desocupado puesto que el personal lo utiliza como un almacén para guardar cosas obsoletas de las diferentes áreas del centro de salud.

Actividades que realiza el técnico para el mantenimiento de los equipos:

- ✓ **Inspección:** Se realiza para verificar la estabilidad, el funcionamiento seguro y también la eficiencia de los equipos médicos, mediante la inspección mensual, trimestrales, semestrales y anuales de acuerdo a cada equipo de laboratorio.
- ✓ **Servicio:** Comprende fundamentalmente las siguientes tareas como son lubricación, limpieza, ajustes y más actividades correspondientes para cada uno de los equipos médicos de laboratorio.
- ✓ **Reparación:** Este procedimiento se efectúa cuando las condiciones de trabajo así lo requieran, pueden ser reparaciones con mayor o menor dificultad, esto es de acuerdo a las fallas que presenten los equipos, lo que determinará la interrupción o no de la producción (disponibilidad de los equipos médicos).
- ✓ **Cambio:** Esta actividad consiste en sustituir un elemento o pieza de los equipos que han agotado su vida útil por otra pieza que se encuentre en perfecto estado. El cambio que se realice se determina por razones técnicas y con el previo estudio a los equipos que lo requieran.
- ✓ **Hoja de registro:** Esto ayudara identificar los equipos médicos mediante un formulario estandarizado con información que contenga.
 - ✓ Nombre y código del equipo
 - ✓ Datos generales y especificaciones técnicas
 - ✓ Descripción del uso o funcionamiento del equipo
 - ✓ Análisis criticidad del equipo
 - ✓ Lista de repuestos
 - ✓ Estado del equipo medico

✓ Persona responsable.

Figura 6 Hoja de registro de equipos médicos

<u>"HOJA DE REGISTRO DE EQUIPO MEDICO DEL CENTRO DE SALUD BAÑOS DEL INCA"</u>					FECHA:
					RESPONSABLE :
DATOS GENERALES					
NOMBRE DEL EQUIPO :					
MARCA:		MODELO:		SERIE :	
ÁREA :		SERVICIO :		CODIGO :	
PRIORIDAD		SERIE		INVENTARIO DE ACTIVO FIJO	
SERVICIO				UBICACIÓN	
MANTENIMIENTO				GARANTIA	
INFORMACIÓN TÉCNICA					
VAC MIN/ MAX		FRECUENCIA		CORRIENTE	
HUMEDAD		CAPACIDAD		BATERIA	
TEMPERATURA			INSTALACIONES		
DESCRIPCIÓN DE EQUIPO			FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO		
ANÁLISIS CRÍTICO DEL EQUIPO					
REPUESTOS MAS FRECUENTES DEL EQUIPO					

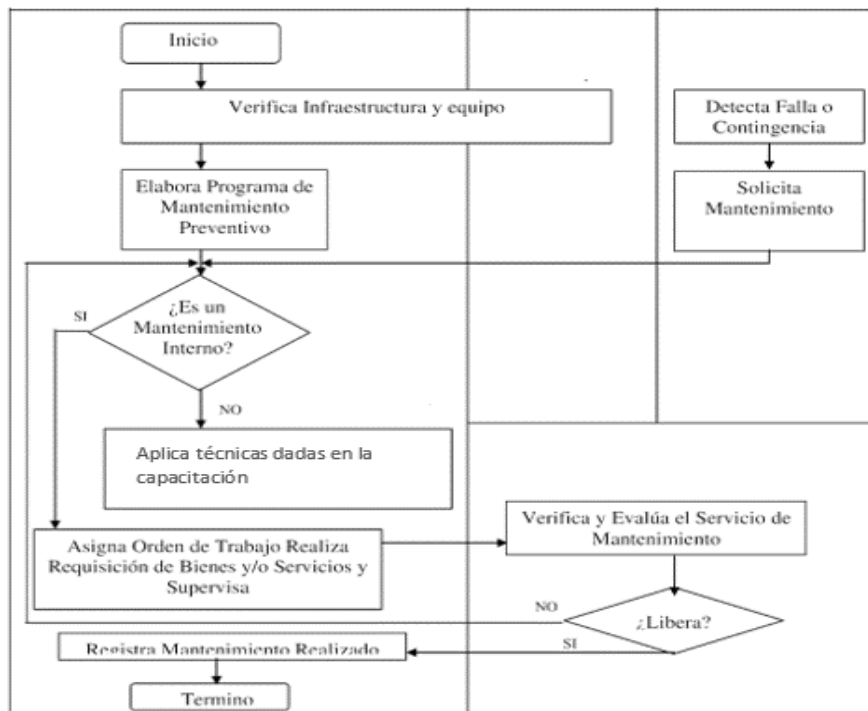
Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Propuesta De Un Diagrama De Estandarización De Procesos De Mantenimiento Preventivo De Los Equipos Médicos

Para la realización y ejecución de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo se diseñó una propuesta de implementación de estandarización de procedimientos el cual ayudara a tener un orden lógico de los equipos que están en mal estado y aquellos que necesitan su mantenimiento anualmente y semestralmente según sea el caso.

El responsable de ejecutar esta acción será cada uno de los trabajadores de esta área ya que irán rotando cada dos meses, para que se puedan familiarizar con todo lo relacionado al mantenimiento, luego de las capacitaciones dadas por el especialista en mantenimiento preventivo

Figura 7 Diagrama de Estandarización de Procesos de Mantenimiento Preventivo



Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Propuesta de Capacitación al Personal

Para el desarrollo se diseñó una propuesta de capacitación al personal del área de laboratorio para poder tener más conocimientos acerca del mantenimiento preventivo de los equipos médicos. Se diseña un plan de capacitación a todo el personal expuesto, en el cual se plantea por cada equipo los siguientes temas: La evolución del equipo, principios de lectura, mantenimiento preventivo, problemas más frecuentes que se presentan y el análisis de la causa/raíz de las fallas. Finalmente incluirá la práctica para un buen funcionamiento de las maquinas con la ayuda de un cronograma de capacitación semestral, con esto se logrará incrementar la disponibilidad de equipos que se establecerá en un periodo de un año.

El responsable de realizar las capacitaciones en las fechas establecidas en el cronograma será el encargado del área de mantenimiento ya contratado anteriormente.

Tabla 27 Temas de Capacitación

Equipos	Temas a Capacitar
Analizador bioquímica /chen 7	Tema 1 : Evolución del Analizador Bioquímico/chen 7
	Tema 2 : Principios de lectura del Analizador Bioquímico/chen 7
	Tema 3 : Mantenimiento preventivo del Analizador Bioquímico/chen 7
	Tema 4 : Problemas frecuentes del Analizador Bioquímico /chen 7
	Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas del Analizador Bioquímico /Chen7
Analizador bioquímica / BS-3000M	Tema 1 : Evolución del Analizador Bioquímico/BS-3000M
	Tema 2 : Principios de lectura del Analizador Bioquímico/BS-3000M
	Tema 3 : Mantenimiento preventivo del Analizador Bioquímico/BS-3000M
	Tema 4 : Problemas frecuentes del Analizador Bioquímico /BS-3000M
	Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas del Analizador Bioquímico /BS-3000M

	Tema 1 : Evolución de la Centrifuga de 8 tubos/ PLC-03
	Tema 2 : Principios de la Centrifuga de 8 tubos/ PLC-03
Centrifuga de 8 tubos / PLC-03	Tema 3 : Mantenimiento preventivo de la Centrifuga de 8 tubos/ PLC-03
	Tema 4 : Problemas frecuentes de la Centrifuga de 8 tubos/ PLC-03
	Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas de la Centrifuga de 8 tubos/ PLC-03

	Tema 1 : Evolución del Microscopio/ YUJIE OPTICS
	Tema 2 : Principios de lectura del Microscopio/ YUJIE OPTICS
Microscopio / YUJIE OPTICS	Tema 3 : Mantenimiento preventivo del Microscopio/ YUJIE OPTICS
	Tema 4 : Problemas frecuentes del Microscopio/ YUJIE OPTICS
	Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas del Microscopio/ YUJIE OPTICS

	Tema 1 : Evolución del Microscopio NUMBER:BM-180
Microscopio / NUMBER:BM-180	Tema 2 : Principios de lectura del Microscopio NUMBER:BM-180
	Tema 3 : Mantenimiento preventivo del Microscopio NUMBER:BM-180

Tema 4 : Problemas frecuentes del Microscopio NUMBER:BM-180

Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas del Microscopio NUMBER:BM-180

	Tema 1 : Evolución de Micropipeta automático/Boeco
	Tema 2 : Principios de lectura de Micropipeta automático/Boeco
Micropipeta automática / Boeco	Tema 3 : Mantenimiento preventivo de Micropipeta automático/Boeco
	Tema 4 : Problemas frecuentes de Micropipeta automático/Boeco
	Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas de Micropipeta automático/Boeco

	Tema 1 : Evolución de Refrigeradora /RA21F
	Tema 2 : Principios de Refrigeradora /RA21F
Refrigeradora / RA21F	Tema 3 : Mantenimiento preventivo de Refrigeradora /RA21F
	Tema 4 : Problemas frecuentes de Refrigeradora /RA21F
	Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de Refrigeradora /RA21F

Refrigeradora / Horizontal	Tema 1 : Evolución de la Refrigeradora /Horizontal
----------------------------	--

Tema 2 : Principios de la Refrigeradora /Horizontal

Tema 3 : Mantenimiento preventivo de la Refrigeradora /Horizontal

Tema 4 : Problemas frecuentes de la Refrigeradora /Horizontal

Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas de la Refrigeradora /Horizontal

Rotador Digital / DSR-2800 D

Tema 1 : Evolución del Rotador Digital / DSR-2800 D

Tema 2 : Principios de lectura del Rotador Digital / DSR-2800 D

Tema 3 : Mantenimiento preventivo del Rotador Digital / DSR-2800 D

Tema 4 : Problemas frecuentes del Rotador Digital / DSR-2800 D

Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas del Rotador Digital / DSR-2800 D

Vortex Mixer / VM -300

Tema 1 : Evolución de Vortex Mixer/ VM-300

Tema 2 : Principios de lectura de Vortex Mixer/ VM-300

Tema 3 : Mantenimiento preventivo de Vortex Mixer/ VM-300

Tema 4 : Problemas frecuentes de Vortex Mixer/ VM-300

Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas de Vortex Mixer/ VM-300

Fuente: Elaboración Propia

Cronograma de mantenimiento y capacitaciones al personal del área de laboratorio

Tabla 28 cronograma de Mantenimiento y Capacitaciones

N°	Nombre del Equipo / Modelo	JUNIO				DICIEMBRE				
		SEMANA				SEMANA				
		21	22	23	24	47	48	49	50	51
1	Analizador bioquímica /chen 7	L				L				
2	Analizador bioquímica / BS-3000M	M				M				
3	Centrifuga de 8 tubos / PLC-03	M								
4	Microscopio / YUJIE OPTICS	J				J				
5	Microscopio / NUMBER:BM-180	V				V				
	CAPACITACION	S				S				
6	Micropipeta automática / Boeco		L				L			
	Micropipeta automática / Boeco		L				L			
7	Refrigeradora / RA21F		M				M			
8	Refrigeradora / Horizontal		M				M			
9	Rotador Digital / DSR-2800 D		J							
	Rotador Digital / DSR-2800 D		V							
10	Vortex Mixer / VM -300		V							
	CAPACITACION		S				S			

Equipos que fallan con mas frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla nos indica que en las semanas 21, 22, 47 y 48 el mantenimiento de los equipos se realizará de lunes a viernes y los días sábados serán las capacitaciones al personal. Asimismo, en las semanas libres (23,24, 49,50 y 51) se utilizarán para poder dar mantenimiento a los equipos que no están contabilizados en la lista, puesto que se está contratando al técnico semestralmente (junio y diciembre).

Tabla 29 Costo de Capacitación al Personal Médico

Actividad	Costo por hora	N° de horas por		Costo Total
		2 días	N° de Capacitaciones (Anualmente)	
Capacitación al Equipo Medico	S/. 80.00	16	2	S/2560.00

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 29 se muestra que el costo total de capacitación es de S/. 2560.00, puesto que se realizará capacitaciones al personal médico de laboratorio dos veces al año, cada una por dos días.

3.2.4. Formatos de Check-List para los equipos médicos del área de laboratorio.

Estos formatos de check-list son los que nos ayudaran a tener el registro de los equipos, la recolección de información y también el análisis de los procesos de operaciones del mantenimiento preventivo que se realice en el área de laboratorio a los equipos médicos; además con la ayuda de estos formatos se establecerá un mejor control de todas las actividades que realice el personal y el técnico contratado, así mismo se podrá tener el registro histórico de los equipos donde se muestre todas las fallas e incidentes de cada equipo médico cooperando al sistema de mantenimiento.

El responsable de realizar las hojas de inspección u hojas check-list será el encargado del área de mantenimiento ya contratado anteriormente que ira rotando cada cierto tiempo.

Figura 8 Hoja de Control y Limpieza de Equipos Médicos

<u>"HOJA DE CONTROL Y LIMPIEZA DE EQUIPO MEDICO DEL CENTRO DE SALUD BAÑOS DEL INCA"</u>							FECHA:	
							RESPONSABLE :	
DATOS GENERALES								
NOMBRE DEL EQUIPO :								
MARCA:			MODELO:			SERIE :		
ÁREA :			SERVICIO :			CODIGO :		
MESES	SEMANAS				FRECUENCIA			OBSERVACIÓN
	1	2	3	4	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL	
ENERO								
FEBRERO								
MARZO								
ABRIL								
MAYO								
JUNIO								
JULIO								
AGOSTO								
SETIEMBRE								
OCTUBRE								
NOVIEMBRE								
DICIEMBRE								
ELABORADO POR			REVISADO POR			APROBADO POR		
FIRMA Y SELLO			FIRMA Y SELLO			FIRMA Y SELLO		

Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Hoja de Vida de los Equipos Médicos

<u>"HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS MEDICO DEL CENTRO DE SALUD BAÑOS DEL INCA"</u>								FECHA:	
								AREA:	
								RESPONSABLE:	
FECHA			TIPO DE MANTENIMIENTO			CAMBIO DE PIEZAS		RESPONSABLE	OBSERVACIONES
DIA	MES	AÑO	RUT	PREV	COR	TIPO DE PIEZA	COSTO		

Fuente: *Elaboración propia*

Figura 10 Orden de Trabajo de Mantenimiento de los Equipos Médicos

"ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS MÉDICOS DEL CENTRO DE SALUD BAÑOS DEL INCA"					
ORDEN	N°		FECHA		
MANTENIMIENTO			MANTENIMIENTO		
RESPONSABLE :					
DATOS GENERALES					
EQUIPO:			ÁREA :		
MARCA:		MODELO:		SERIE :	
ESTADO INICIAL DE FUNCIONAMIENTO			ESTADO DE CONSERVACIÓN		
MALOGRADO	REGULAR	BUENO	MALOGRADO	REGULAR	BUENO
DESCRIPCIÓN DEL FALLO DEL EQUIPO					
DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN REALIZADA					
REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS				CANTIDAD	COSTO
FECHA DE REALIZACION					
INICIO				FINAL	
TIEMPO EMPLEADO					

Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Hoja de Procedimiento de Reparación de Equipos Médicos

<u>"HOJA DE PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE EQUIPO MEDICO DEL CENTRO DE SALUD BAÑOS DEL INCA"</u>		FECHA:
		RESPONSABLE:
DATOS GENERALES		
NOMBRE DEL EQUIPO :		
MARCA:	MODELO:	SERIE :
ÁREA :	SERVICIO :	CODIGO :
FOTO DE LA PARTE	HERRAMIENTAS EMPLEADAS	PROCESO DE REPARACIÓN
OBSERVACIONES:		
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
FIRMA Y SELLO	FIRMA Y SELLO	FIRMA Y SELLO

Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Cronograma de Mantenimiento y Calibración

<u>"CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS MEDICOS DEL CENTRO DE SALUD BAÑOS DEL INCA"</u>													FECHA RESPONSABLE		
DATOS GENERALES															
NOMBRE DEL EQUIPO :															
MARCA:				MODELO:				SERIE :							
ÁREA :				SERVICIO :				CODIGO :							
N° PLACA O CÓDIGO DE INVENTARIO :															
CALIBRACIÓN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
OBSERVACIONES:															

Fuente: Elaboración propia

3.2.5. Utilización Del Sistema De Administración Japonés De Las 5s

Proviene de las palabras japonesas que empiezan con una "S", este conocimiento se encamina en trabajo efectivo, planificado y procesos de estandarización, las 5s simplifica el ambiente del trabajo, ayuda a disminuir los residuos obsoletos y actividades que no contribuyen, así mismo ayuda a aumentar la seguridad y eficiencia de calidad del trabajo asignado.

Es por ello que a continuación se explica cada uno de estos, así mismo lo que se propone como mejora en el área de laboratorio del centro de salud de los Baños del Inca:

Figura 13 Las 5's



Fuente: <https://prevencionar.com/2016/06/23/metodo-las-5s/>

SEIRI (Clasificar): Significa descartar o eliminar del área de trabajo todo el elemento innecesario. Para este escenario una vez realizada la visita al centro de salud – área de laboratorio se pudo observar que, hubo materiales obsoletos esparcidos por toda el área que impedían el paso del personal de esta área.

Por lo cual se propone al personal del área realizar una clasificación de los equipos que no se utilizan, para poder reciclarlos en un lugar dado, de igual manera se propone a la encargada del área delimitar las zonas de seguridad de los equipos médicos,

SEITON (orden): se refiere a poder organizar los elementos necesarios e innecesarios de tal manera de tal modo que facilite su búsqueda. En este escenario se realizará el inventario de almacén para la verificación de los equipos y se encontró que algunos de estos, están prestados en otras áreas del centro de salud

Por lo que se propone hacer inventarios de los equipos cada cierto tiempo (3 meses) y proceder a ordenar los equipos por familias en el área de mantenimiento ya establecido, así mismo sugiriendo al encargado del área que los equipos siempre se mantengan en el orden establecido.

SEISO (limpiar) Se refiere a la eliminación de suciedad y polvo de todos los elementos de una empresa. En este escenario encontramos que en el área de laboratorio en las diferentes zonas se encuentran residuos de polvo, así mismo algunos equipos que son utilizados para analizar las muestras, no son limpiados.

Por lo cual se propone sensibilizar al personal e informarles la importancia que se tiene al mantener limpios los equipos utilizados, sobre todo al final de cada jornada lo que ayuda a garantizar, que el siguiente encuentren todo impecable y los residuos obsoletos utilizados en los depósitos correspondientes (basura).

SEIKETSU (estandarizar): Este estudio es el que permite sostener todo lo aprendido en la aplicación de los tres primeros “S”, esto implica preparar modelos de limpieza y de

inspección para la realización de control permanente, estos estándares deben tener el procedimiento que se debe seguir, cuando ocurra algo anormal. En este contexto el área de laboratorio solo cuenta con plan de mantenimiento correctivo, de igual manera no se encontró ningún tipo de documentación en lo que se pueda saber que se realizó alguna actividad similar.

Por lo que se plantea como parte del diseño del mantenimiento elaborar reportes con indicaciones que permita autorizar lo establecido, como el control del mantenimiento y limpieza de cada equipo, en la que se exige tener los en óptimas condiciones.

SHITSUKE (disciplina): Se refiere a convertir en una costumbre la utilización de los métodos que se han descrito. En este escenario lo planteado es algo nuevo para esta área.

Por lo que se propone que al plantear la filosofía de las 5s se aplique, con beneficio a los trabajadores de esta área, como a los pacientes que acuden, por lo que es importante que cada uno de los empleadores se comprometa con llevar este estilo de trabajo para ir mejorando cada día.

3.2.6. Mejora De Indicadores

Con el nuevo diseño del sistema gestión de mantenimiento preventivo y la estandarización de los procesos para la realización del mantenimiento de los equipos con mayores fallas, como los equipos de Analizador Bioquímico/Chem 7, Analizador bioquímico / BS-3000M, Centrifuga de 8 tubos / PLC-03, Microscopio / YUJIE OPTICS, Microscopio / NUMBER: BM-180, Micropipeta automática / Boeco, Refrigeradora / RA21F, Refrigeradora horizontal, Rotador Digital / DSR-2800 D, y por último el Vortex Mixer / VM-300, se

ejecuta la medición de los indicadores para la verificación de la disponibilidad actual de los equipos del centro de salud mediante la propuesta de mejora.

3.2.6.1. Variable Independiente

Indicador 1

Cantidad de tareas preventivas:

Con la implementación del diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo y las diferentes herramientas implementadas en la propuesta se logrará cumplir con las tareas preventivas, puesto que de esto se hará cargo el responsable del área, para una verificación de cumplimiento. Es así que se ha considerado un total de 48 tareas preventivas anuales, es decir semanalmente y para el total de tareas correctivas se ha considerado el número de fallas ocurridas por cada equipo.

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{Tareas\ Preventivas}{Tareas\ Preventivas + Tareas\ Corecctivas}$$

✓ **Analizador Bioquímico/Chem 7:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 4} = 0.92 * 100 = 92\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/Chem 7 sea en un 92% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Analizador bioquímico / BS-3000M:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 4} = 0.92 * 100 = 92\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 92% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Centrifuga de 8 tubos / PLC-03:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 4} = 0.92 * 100 = 92\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 92% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Microscopio / YUJIE OPTICS:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 3} = 0.94 * 100 = 94\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 94% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Microscopio / NUMBER: BM-180:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 4} = 0.92 * 100 = 92\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 94% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Micropipeta automática / Boeco:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 10} = 0.83 * 100 = 83\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 83% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Refrigeradora / RA21F:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 3} = 0.94 * 100 = 94\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 94% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Refrigeradora horizontal:**

$$Total\ Tareas\ Preventivas = \frac{48}{48 + 4} = 0.92 * 100 = 92\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 92% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Rotador Digital / DSR-2800 D:**

$$\text{Total Tareas Preventivas} = \frac{48}{48 + 6} = 0.89 * 100 = 89\%$$

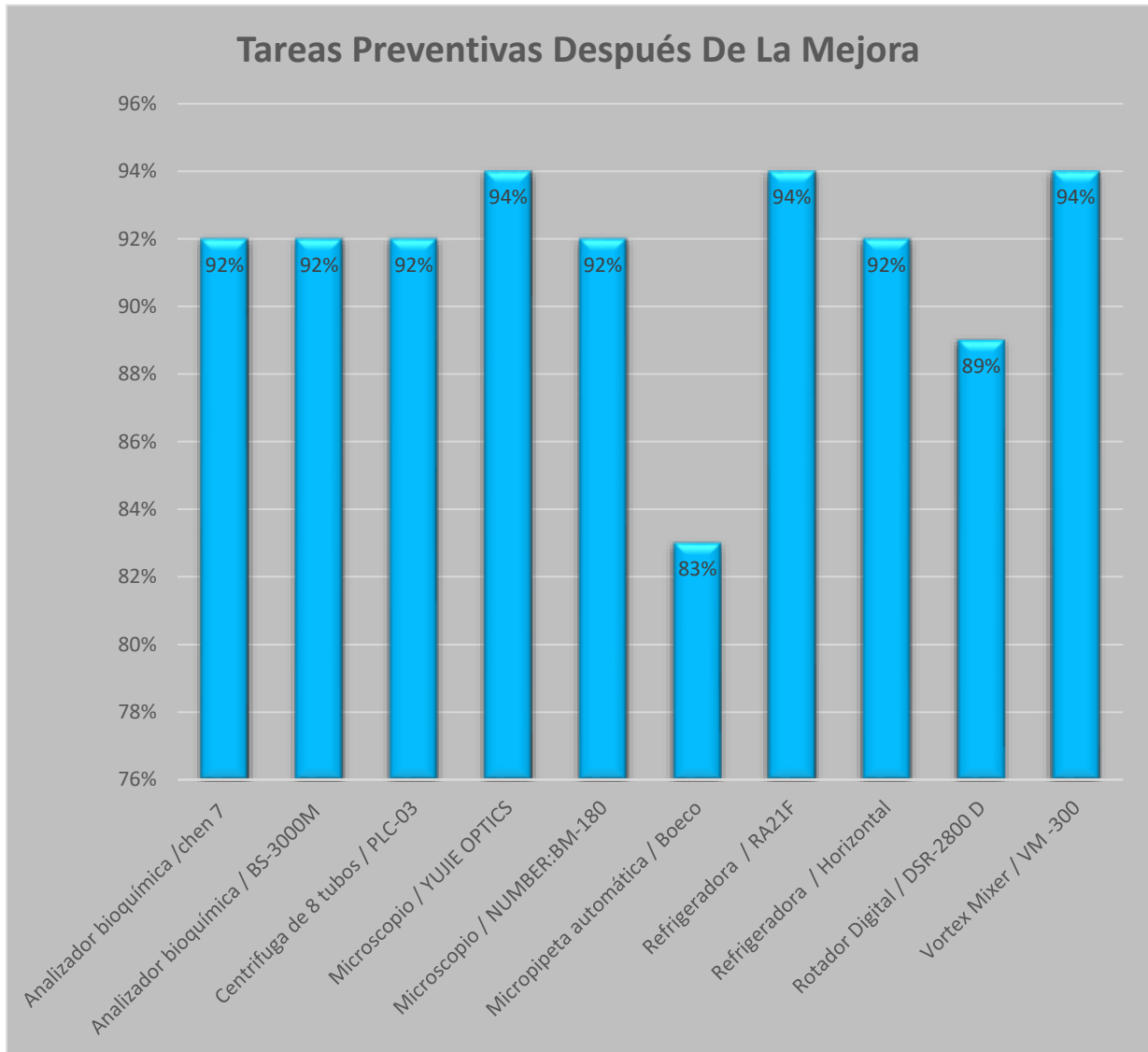
Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 89% con respecto a las tareas correctivas.

✓ **Vortex Mixer / VM-300:**

$$\text{Total Tareas Preventivas} = \frac{48}{48 + 3} = 0.94 * 100 = 94\%$$

Se espera que el total de tareas preventivas del Analizador Bioquímico/ BS-3000M sea en un 94% con respecto a las tareas correctivas.

Figura 14 Tareas Preventivas Después de la Mejora



Fuente: Elaboración Propia

En este grafico se muestra los porcentajes esperados del total de tareas preventivas con respecto a las tareas correctivas, esto después de la mejora mediante un sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

Indicador 2

Porcentaje de cumplimiento de tareas:

Para este indicador con la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo y las diferentes herramientas se logrará cumplir con el porcentaje de cumplimiento de tareas, puesto que el personal responsable verificará que se lleve a cabo el cumplimiento de las tareas para el buen funcionamiento y disponibilidad de los equipos. Para ello se ha considerado que el cumplimiento de las tareas preventivas es en un 75% y un 25% que no se cumple, siendo 48 el total de tareas preventivas programadas y 36 el total de tareas preventivas realizadas en el área de laboratorio.

$$\%Cumplimiento Tareas Preventivas = \frac{\text{Total de Tareas Preventivas Realizadas}}{\text{Total de Tareas Preventivas Programadas}} * 100$$

$$\%Cumplimiento Tareas Preventivas = \frac{36}{48} * 100 = 75\%$$

Se espera que el porcentaje del cumplimiento de tareas preventivas sea del 75% con respecto al total de las tareas preventivas indicadas.

Porcentaje de cumplimiento de inspecciones

Para obtener el valor de este indicador con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se logrará cumplir con el porcentaje de cumplimiento de inspecciones, puesto que el personal responsable se encargará de que se lleve a cabo el cumplimiento de inspecciones indicadas. Para ello se ha considerado que el cumplimiento de las inspecciones es en un 75% y un 25% que no se cumple, siendo 24 el total de inspecciones programadas y 18 el total de tareas preventivas realizadas en el área de laboratorio.

$$\%Cumplimiento de Inspecciones = \frac{\text{Total de Inspecciones Realizadas}}{\text{Total de Inspecciones Programadas}} * 100$$

$$\%Cumplimiento\ de\ Inspecciones = \frac{18}{24} * 100 = 75\%$$

Se espera que el porcentaje de cumplimiento de inspecciones realizadas sea del 75% con respecto al total de inspecciones indicadas.

3.2.6.2. Variable Dependiente

Indicador 1

Porcentaje de Disponibilidad de equipos:

$$Disponibilidad\ \% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

✓ Porcentaje de Disponibilidad del Analizador Bioquímico/Chem 7:

$$Disponibilidad\ \% = \frac{4380}{4380 + 12} * 100 = 99.73\%$$

Actualmente la disponibilidad del Analizador Bioquímico/Chem 7 se encuentra en un 99.73 % de disponibilidad.

✓ Porcentaje De Disponibilidad Del Analizador bioquímico / BS-3000M:

$$Disponibilidad\ \% = \frac{4380}{4380 + 12} * 100 = 99.73\%$$

Actualmente la disponibilidad del Analizador bioquímico / BS-3000M está en un 99.73% de disponibilidad.

✓ Porcentaje De Disponibilidad De Lámparas De Centrifuga de 8 tubos/PLC-03:

$$Disponibilidad\ \% = \frac{8760}{8760 + 3} * 100 = 99.97\%$$

Actualmente la disponibilidad de Centrifuga de 8 tubos / PLC-03 está en un 99.97% de disponibilidad.

✓ Porcentaje De Disponibilidad Del Microscopio / YUJIE OPTICS:

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{4380}{4380 + 12} * 100 = 99.73\%$$

Actualmente la disponibilidad del Microscopio / YUJIE OPTICS está en un 99.73% de disponibilidad.

✓ **Porcentaje De Disponibilidad Del Microscopio / NUMBER: BM-180:**

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{4380}{4380 + 12} * 100 = 99.73\%$$

Actualmente la disponibilidad del Microscopio / NUMBER: BM-180 está en un 99.73% de disponibilidad.

✓ **Porcentaje De Disponibilidad De las Micropipeta automáticas / Boeco:**

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{8760}{8760 + 8} * 100 = 99.91\%$$

Actualmente la disponibilidad de las Micropipeta automática / Boeco está en un 99.91% de disponibilidad.

✓ **Porcentaje De Disponibilidad De la Refrigeradora / RA21F:**

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{4380}{4380 + 16} * 99.63 = 100\%$$

Actualmente la disponibilidad de la Refrigeradora / RA21F está en un 99.63% de disponibilidad.

✓ **Porcentaje De Disponibilidad De la Refrigeradora horizontal:**

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{4380}{4380 + 16} * 100 = 99.63\%$$

Actualmente la disponibilidad de la Refrigeradora horizontal está en un 99.63% de disponibilidad.

✓ **Porcentaje De los Rotadores Digitales / DSR-2800:**

$$Disponibilidad \% = \frac{17520}{17520 + 6} * 100 = 99.96\%$$

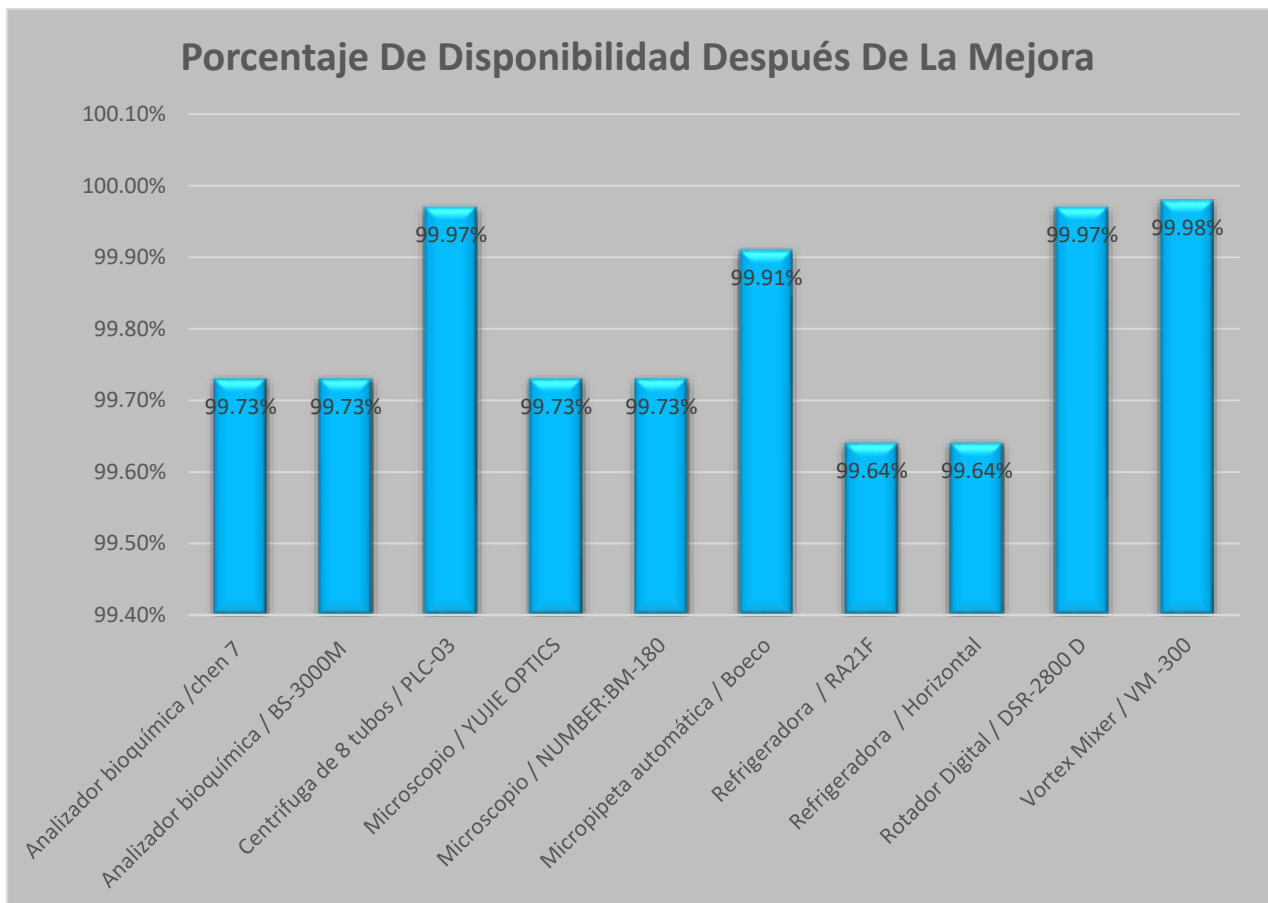
Actualmente la disponibilidad de los Rotadores Digitales / DSR-2800 D está en un 99.96% de disponibilidad.

✓ **Porcentaje De Disponibilidad Del Vortex Mixer / VM-300:**

$$Disponibilidad \% = \frac{8760}{8760 + 2} * 100 = 99.93\%$$

Actualmente la disponibilidad del Vortex Mixer / VM-300 está en un 99.93% de disponibilidad.

Figura 15 Porcentaje de Disponibilidad Después de la Mejora



Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico se muestra el comportamiento del porcentaje de disponibilidad después de la mejora, en donde se muestra que la disponibilidad de los equipos después de la mejora son los más próximos a un porcentaje del 100%.

Indicador 2

Horas Promedio MTTR

✓ Analizador Bioquímico/Chem 7:

Tabla 30 Historial de mejora de fallas de Analizador Bioquímico/Chem 7

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
12	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{12 * 2 * 1}{2} = 12 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura una reparación de 1 Analizador Bioquímico/Chem 7 es de 12 horas.

✓ Analizador bioquímico / BS-3000M:

Tabla 31 Historial mejora de fallas de Analizador bioquímico/BS-3000M

horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
-----------------	--------------------	--------------

12 2 1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{12 * 2 * 1}{2} = 12 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1

Analizador bioquímico / BS-3000M es de 12 horas.

✓ **Centrifuga de 8 tubos / PLC-03:**

Tabla 32 Historial de mejora de Centrifuga de 8 tubos/PLC-03

Horas reparadas	Nº de reparaciones	Nº de equipos
3	1	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{3 * 1 * 1}{1} = 3 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de Centrifuga de 8 tubos / PLC-03 es de 3 horas.

✓ **Microscopio / YUJIE OPTICS:**

Tabla 33 Historial de mejora de fallas de Microscopio/YUJIE OPTICS

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
12	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{12 * 2 * 1}{2} = 12 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Microscopio / YUJIE OPTICS es de 12 horas.

✓ **Microscopio / NUMBER: BM-180:**

Tabla 34 Historial de mejora de fallas de Microscopio/NUMBER:BM-180

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
12	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{12 * 2 * 1}{2} = 12 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1

Microscopio / NUMBER: BM-180 es de 12 horas.

✓ **Micropipeta automática / Boeco:**

Tabla 35 Historial de mejora de fallas de Micropipeta automática/Boeco

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
4	2	2

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{4 * 2 * 2}{2} = 8 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 2

Micropipetas automáticas / Boeco es de 8 horas.

✓ **Refrigeradora / RA21F:**

Tabla 36 Historial de mejora de fallas de Refrigeradora/RA21F

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
16	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{16 * 2 * 1}{2} = 16 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Refrigeradora / RA21F es de 16 horas.

✓ **Refrigeradora horizontal:**

Tabla 37 Historial de mejora de fallas de Refrigeradora horizontal

Horas reparadas	N° de reparaciones	N° de equipos
16	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{16 * 2 * 1}{2} = 16 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Refrigeradora horizontal es de 16 horas.

✓ **Rotador Digital / DSR-2800 D:**

Tabla 38 Historial de mejora de fallas de Rotador Digital/DSR-2800 D

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
3	1	2

Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{3 * 1 * 2}{1} = 6 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 2 Rotadores Digitales / DSR-2800 D es de 6 horas.

✓ **Vortex Mixer / VM-300:**

Tabla 39 Historial de mejora de fallas de Vortex Mixer/ VM-300

Horas reparadas	N° de reparaciones	N°de equipos
2	1	1

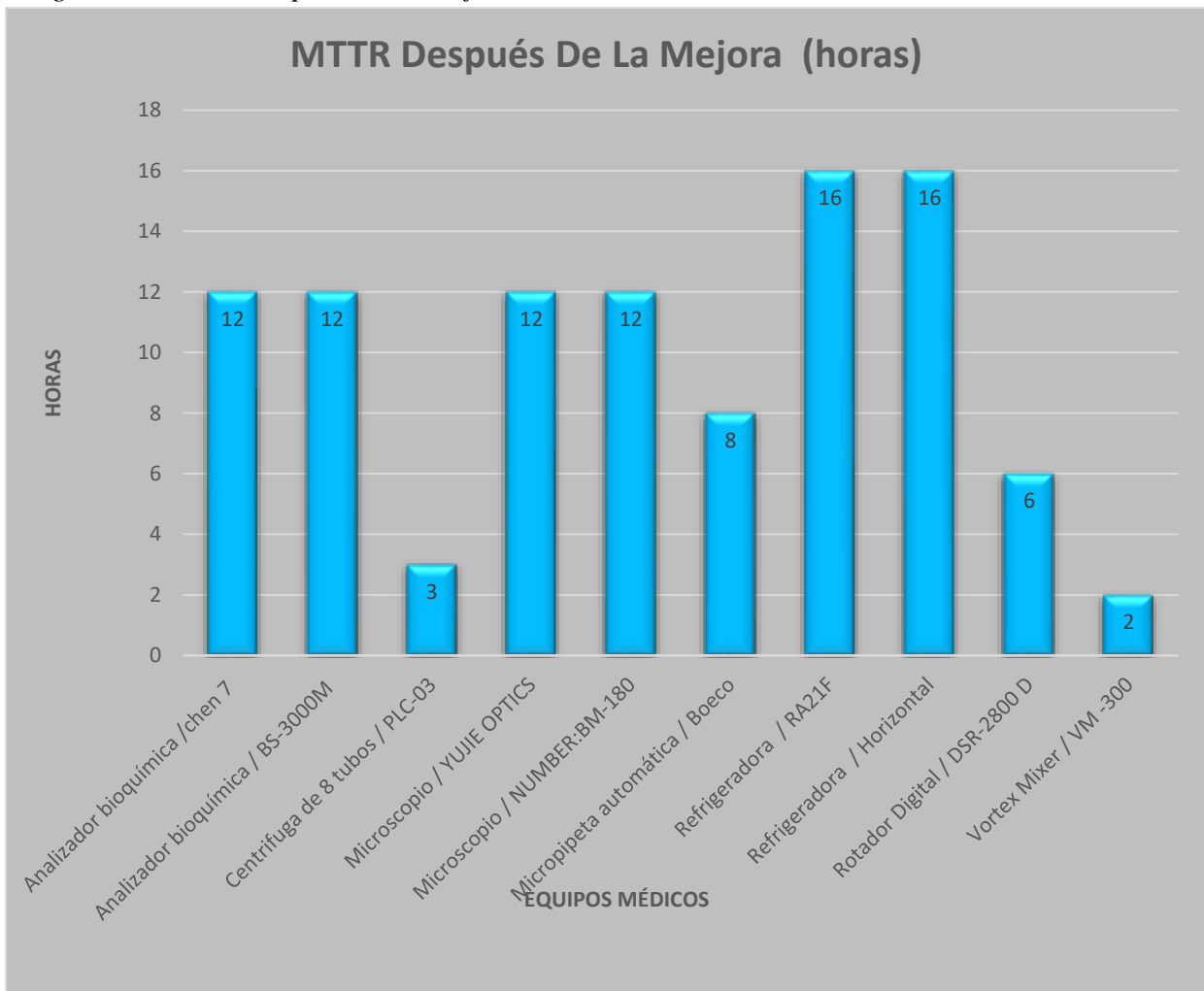
Fuente: Elaboración propia

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparación correctivas}}$$

$$MTTR = \frac{2 * 1 * 1}{1} = 2 \text{ horas}$$

Este indicador nos muestra que el tiempo que dura la reparación de 1 Vortex Mixer / VM-300 es de 2 horas.

Figura 16 MTTR Después de la Mejora



Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico se muestra después de la mejora el comportamiento del tiempo de reparación acumulada en horas de los equipos médicos del área de laboratorio y también indica la cantidad de horas al año de inactividad de los equipos.

Indicador 3

Horas Promedio MTBF

✓ **Analizador Bioquímico/Chem 7:**

Tabla 40 Historial de Mejora de Analizador bioquímico/Chem 7

Horas Trabajadas	Nº de días trabajados	Nº de fallas	Total de equipos
24	365	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{2} = 4380 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Analizador Bioquímico/Chem 7 indica que el tiempo promedio entre fallas es de 4380 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Analizador bioquímico / BS-3000M:**

Tabla 41 Historial de mejora de Analizador bioquímico/BS-3000M

Horas Trabajadas	Nº de días trabajados	Nº de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	--------------	------------------

24 365 2 1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{2} = 4380 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Analizador bioquímico / BS-3000M indica que el tiempo promedio entre fallas es de 4380 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Centrifuga de 8 tubos / PLC-03:**

Tabla 42 Historial de mejora de Centrifuga de 8 tubos/PLC-03

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	-------------	------------------

24	365	1	1
----	-----	---	---

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{1} = 8760 \text{ horas/fallas por 1 equipo}$$

La Centrifuga de 8 tubos / PLC-03 indica que el tiempo promedio entre fallas es de 8760 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Microscopio / YUJIE OPTICS:**

Tabla 43 Historial de mejora de Microscopio/YUJIE OPTICS

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
24	365	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{2} = 4380 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Microscopio / YUJIE OPTICS nos indica que el tiempo promedio entre fallas es de 4380 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Microscopio / NUMBER: BM-180:**

Tabla 44 Historial de Mejora de Microscopio/NUMBER:BM-180

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
24	365	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{2} = 4380 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Microscopio / NUMBER: BM-180 indica que el tiempo promedio entre fallas es de 4380 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Micropipeta automática / Boeco:**

Tabla 45 Historial de Mejora de Micropipeta automática/Boeco

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
24	365	2	2

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 2}{2} = 8760 \text{ horas/fallas} * 2 \text{ equipos}$$

Las Micropipetas automáticas / Boeco indica que el tiempo promedio entre fallas es de 8760 horas / fallas por 2 equipos.

✓ **Refrigeradora / RA21F:**

Tabla 46 Historial de Mejora de Refrigeradora/RA21F

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
24	365	1	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{2} = 4380 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

La Refrigeradora / RA21F indica que el tiempo promedio entre fallas es de 4380 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Refrigeradora horizontal:**

Tabla 47 Historial de Mejora de Refrigeradora horizontal

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N° de fallas	Total de equipos
24	365	2	1

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{2} = 4380 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

La Refrigeradora horizontal indica que el tiempo promedio entre fallas es de 4380 horas / fallas por 1 equipo.

✓ **Rotador Digital / DSR-2800 D:**

Tabla 48 Historial de Mejora de Rotador digital/DSR-2800 D

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N° de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	--------------	------------------

24 365 1 2

Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 2}{1} = 17520 \text{ horas/fallas} * 2 \text{ equipos}$$

Los Rotadores Digitales / DSR-2800 D indica que el tiempo promedio entre fallas es de 17520 horas / fallas por 2 equipos.

✓ **Vortex Mixer / VM-300:**

Tabla 49 Historial de Mejora de Vortex/VM-300

Horas Trabajadas	N° de días trabajados	N°de fallas	Total de equipos
------------------	-----------------------	-------------	------------------

24	365	1	1
----	-----	---	---

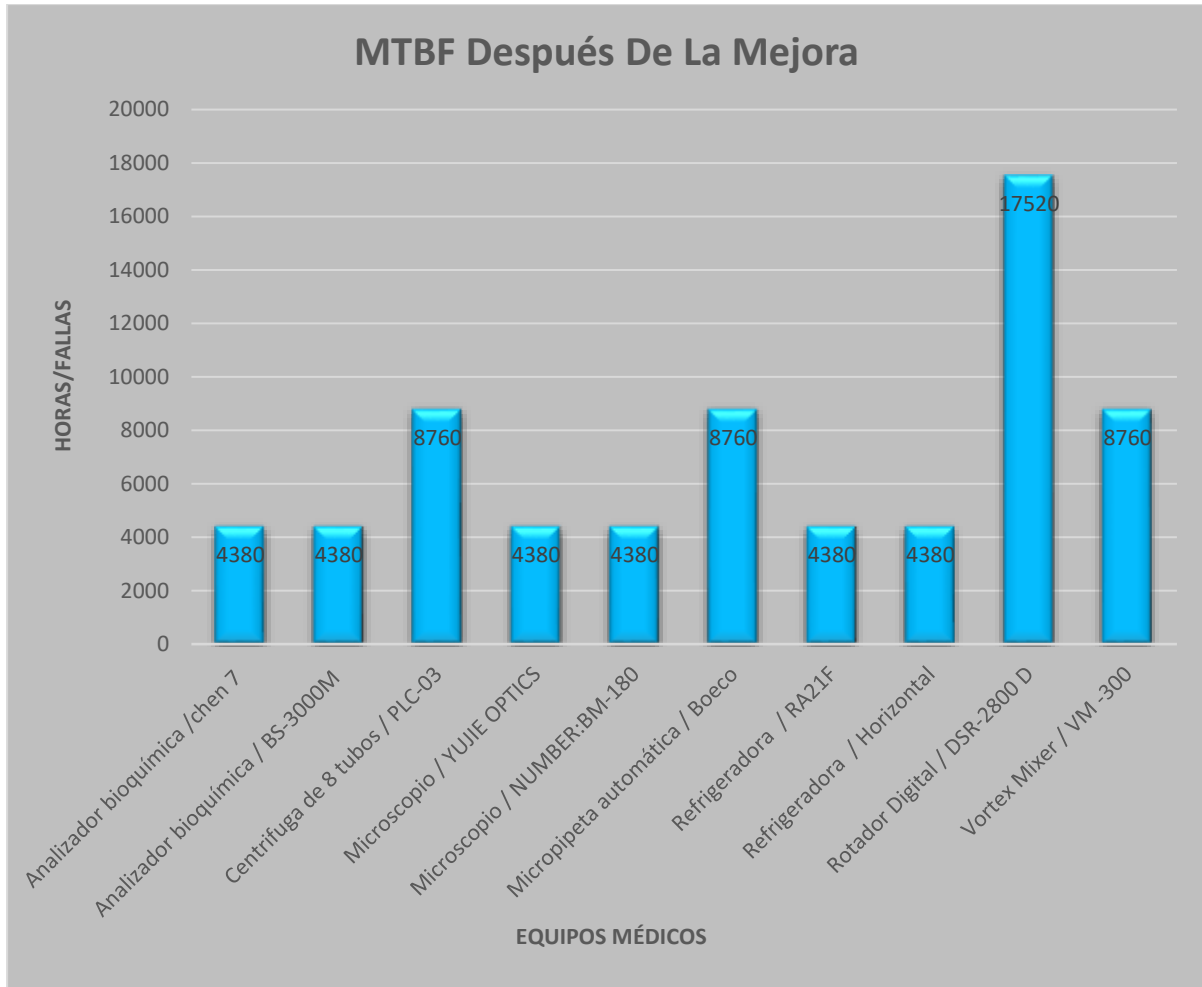
Fuente: Elaboración propia

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de reparación correctivas}}$$

$$MTBF = \frac{24 * 365 * 1}{1} = 8760 \text{ horas/fallas} * 1 \text{ equipo}$$

El Vortex Mixer / VM-300 indica que el tiempo promedio entre fallas es de 8760 horas / fallas por 1 equipo.

Figura 17 MTBF después de la mejora



Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico indica el comportamiento después de la mejora del tiempo promedio entre fallas en horas de cada uno de los equipos médicos del área de laboratorio.

Tabla 50 Operacionalización de variables después de la propuesta de mejora

Tipo de variable	Variable	Definición operacional	Dimensiones	Antes de la Propuesta	Después de la Propuesta	Mejora (Variación)
Variable Independiente	Sistema de plan 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	Tareas preventivas	0%	91.4%	91.4%
			Cumplimiento de tareas preventivas	0%	75%	75%
			Cumplimiento de inspecciones	0%	75%	75%
Variable Dependiente	La disponibilidad de los equipos médicos	según (Pinzón, 2016) confianza de que un componente o sistema que	Disponibilidad de equipos médicos	98.7%	100%	1.3%

<p>sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.</p>	<p>El tiempo medio entre fallas (MTBF)</p>	<p>2438 horas</p>	<p>7008 horas</p>	<p>4570 horas</p>
<p></p>	<p>El tiempo medio para reparar (MTTR)</p>	<p>30 horas</p>	<p>10 horas</p>	<p>20 horas</p>

Fuente: Elaboración propia

3.2.7. Costo de Mantenimiento Preventivo de equipos priorizados.

Tabla 51 Costo de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Priorizados

Equipo	Cantidad	Modelo	Tiempo Mantto Por Equipo	Situación Del Equipo	Costo Mantenimiento Total por H.H	Costo Total De Mantto preventivo
Analizador bioquímica	1	chen 7	12	Regular	S/. 100.00	S/. 1200.00
Analizador bioquímica	1	BS-3000M	12	Regular	S/. 100.00	S/. 1200.00
Centrifuga de 8 tubos	1	PLC-03	3	Regular	S/. 100.00	S/. 300.00
Microscopio	1	YUJIE OPTICS	12	Regular	S/. 70.00	S/. 840.00
Microscopio	1	NUMBER: BM-180	12	Regular	S/. 70.00	S/. 840.00
Micropipeta automática	2	Boeco	4	Regular	S/. 50.00	S/. 400.00

Refrigerador	1	RA21F	16	Regular	S/. 100.00	S/. 1600.00
a						
Refrigerador	1	Horizontal	16	Regular	S/. 100.00	S/. 1600.00
a						
Rotador	2	DSR-2800	3	Regular	S/. 100.00	S/. 600.00
Digital		D				
Vortex	1	VM - 300	2	Regular	S/. 90.00	S/. 180.00
Mixer						
costo total anual de mantenimiento preventivo						S/. 8760.00

Fuente: Elaboración propia

Con la implementación del diseño de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo nuestro costo anual es de S/. 8760.00 en los equipos médicos del área de laboratorio.

3.3 Resultado Detallado De La Aplicación Del Diseño Del Sistema De Gestión De Mantenimiento A través De Los Indicadores

Tabla 52 Comparación de Resultados de Variables

Variables	Indicadores	Formulas	RESULTADOS				
			Equipos priorizados	ANTES	DESPUÉS	INDICE	VARIACIÓN
Variable Independiente	Total De tareas preventivas	TTP= (Tareas preventivas)/ (tareas preventivas+ Tareas Correctivas)	Analizador bioquímica /chen 7	0	92	%	92
			Analizador bioquímica / BS-3000M	0	92	%	92
			Centrifuga de 8 tubos / PLC-03	0	92	%	92
			Microscopio / YUJIE OPTICS	0	94	%	94
			Microscopio / NUMBER:BM-180	0	92	%	92

			Micropipeta automática /			
			Boeco	0	83 %	83
			Refrigeradora / RA21F			
				0	94 %	94
			Refrigeradora / Horizontal			
				0	92 %	92
			Rotador Digital / DSR-2800			
			D	0	89 %	89
			Vortex Mixer / VM -300			
				0	94 %	94
%						
Cumplimiento	%CTP=(Total tareas prev		Equipos en general del área			
Tareas	realizadas /Total tareas prev		de laboratorio	0	%	
Preventivas	Programadas)*100					75
						75

%	Cumplimiento inspecciones	%CI= (Total inspecciones realizadas/ total inspecciones Programadas) *100	Equipos en general del área de laboratorio			
			0		%	
			75			75
Variable dependiente	Tiempo promedio para reparar	MTTR=(Tiempo total de reparación correctiva)/(Número de reparación correctivas)	Analizador bioquímica /chen 7			
			32.00	12	horas	20
			Analizador bioquímica / BS-3000M			
			32.00	12	horas	20
			Centrifuga de 8 tubos / PLC-03			
			16.00	3	horas	13
			Microscopio / YUJIE			
			21.43	12	horas	9

		Microscopio /				
		NUMBER:BM-180	28.57	12	horas	17
		Micropipeta automática /				
		Boeco	48.00	8	horas	40
		Refrigeradora / RA21F				
			30.00	16	horas	14
		Refrigeradora / Horizontal				
			40.00	16	horas	24
		Rotador Digital / DSR-2800				
		D	42.00	6	horas	36
		Vortex Mixer / VM -300				
			6.67	2	horas	5
Tiempo promedio entre fallas	MTBF=(N° de horas de operacion)/(N° de reparación correctivas)	Analizador bioquímica				
		/chen 7	2190.00	4380	H/F	2190
		Analizador bioquímica /				
		BS-3000M	2190.00	4380	H/F	2190

Centrifuga de 8 tubos /				
PLC-03	2190.00	8760	H/F	6570
Microscopio / YUJIE				
OPTICS	2920.00	4380	H/F	1460
Microscopio /				
NUMBER:BM-180	2190.00	4380	H/F	2190
Micropipeta automática /				
Boeco	1752.00	8760	H/F	7008
Refrigeradora / RA21F				
Refrigeradora / Horizontal	2190.00	4380	H/F	2190
Rotador Digital / DSR-2800				
D	2920.00	17520	H/F	14600
Vortex Mixer / VM -300				
Vortex Mixer / VM -300	2920.00	8760	H/F	5840

		Analizador bioquímica			
	/chen 7	98.56	99.73	%	1.17
		Analizador bioquímica /			
	BS-3000M	98.56	99.73	%	1.17
		Centrifuga de 8 tubos /			
	PLC-03	99.27	99.97	%	0.69
Disponibilidad	$D=MTTB/(MTTB+MTTR)$	Microscopio / YUJIE			
	OPTICS	99.27	99.73	%	0.46
		Microscopio /			
	NUMBER:BM-180	98.71	99.73	%	1.01
		Micropipeta automática /			
	Boeco	97.33	99.91	%	2.58
	Refrigeradora / RA21F	98.98	99.64	%	0.65

Refrigeradora / Horizontal	98.21	99.64	%	1.43
<hr/>				
Rotador Digital / DSR-2800				
D	98.58	99.97	%	1.38
<hr/>				
Vortex Mixer / VM -300	98.71	99.98	%	1.27

Fuente: Elaboración propia

Análisis Del Resultado De La Implementación:

En la tabla n°52 se observa que hay una mejora tanto en la variable dependiente como independiente, gracias al diseño realizado al mantenimiento preventivo así mismo mejorando en un 99.9 % de disponibilidad en los equipos médicos para poder cumplir en su total función.

3.3. Resumen General De Costos De Mantenimiento

Tabla 53 Resumen anual de costos de mantenimiento

Equipos	Cantidad	Modelo	Costo anual Mantto Correctivo	Costo anual Mantto Preventivo	Ahorro anual al aplicar Mantto Preventivo
Analizador bioquímica	1	chen 7	S/ 3,200	S/ 1,200	S/ 2,000
Analizador bioquímica	1	BS-3000M	S/ 3,200	S/ 1,200	S/ 2,000
Centrifuga de 8 tubos	1	PLC-03	S/ 1,600	S/ 300	S/ 1,300
Microscopio	1	YUJIE OPTICS	S/ 1,500	S/ 840	S/ 660
Microscopio	1	NUMBER:BM-180	S/ 2,000	S/ 840	S/ 1,160
Micropipeta automática	2	Boeco	S/ 2,400	S/ 400	S/ 2,000
Refrigeradora	1	RA21F	S/ 3,000	S/ 1,600	S/ 1,400
Refrigeradora	1	Horizontal	S/ 4,000	S/ 1,600	S/ 2,400

Rotador	2	DSR-2800 D			S/ 3,600
Digital			S/ 4,200	S/ 600	
Vortex Mixer	1	VM - 300	S/ 600	S/ 180	S/ 420
Total			S/ 25,700	S/ 8,760	S/ 16,940
capacitaciones semestrales					S/ 2,560
Costo total de ahorro					S/ 14,380

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se muestra que el costo total de mantenimiento correctivo anual es de s/. 25,700 así como el costo anual de mantenimiento preventivo es de s/. 8,760 y el costo total de capacitaciones semestralmente es de s/. 2,560, por lo cual tenemos un ahorro anual en mano de obra de s/. 14,380.

3.4. Análisis Económico

Para la realización del siguiente análisis económico se ha tenido en cuenta todos los costos que son necesarios para la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo como son los útiles para escritorio, equipos de oficina, materiales para la limpieza de los equipos, equipos de protección personal y costo por contratación de personal para las capacitaciones.

Tabla 54 Costo de Implementación

ITEM	MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO		INVERSIÓN		
			UNITARIO		TOTAL		
<u>Útiles De Escritorio</u>							
Papel Bond A4	Millar	2	S/	15	S/	30	
Lapiceros	Caja	1	S/	5	S/	5	
Archivadores	unidad	3	S/	6	S/	18	
Perforadores	unidad	1	S/	9	S/	9	
Tinta de Impresora	unidad	2	S/	37	S/	74	
<u>Equipos De Oficinas</u>							
Laptop HP	unidad	1	S/	1,569	S/	1,569	
Impresora	unidad	1	S/	800	S/	800	
Memoria USB	unidad	1	S/	25	S/	25	
Escritorio	unidad	1	S/	140	S/	140	
<u>Materiales De</u>							
<u>Limpieza-Equipos</u>							
Detergente 25k	Saco	1	S/	70	S/	70	
Lubricantes a base de aceite	Galón	1	S/	180	S/	180	

Lubricantes a base de				S/	80		
silicona	Galón	1				S/	80
Paño Industrial (				S/	5		
Waipe)	Kilogramo	2				S/	10
Desinfectante	Galón	1		S/	55	S/	55
Cepillo de limpieza	Unidades	2		S/	15	S/	30

Equipos De Protección

Personal

Lentes de seguridad	Unidades	10		S/	12	S/	120
Guantes quirúrgicos	Caja	2		S/	60	S/	120
Respirador quirúrgicos	Unidades	10		S/	20	S/	200
		2		S/	5	S/	10

Capacitación al

Personal

Capacitación de							
mantenimiento	Horas	32		S/	80	S/	2,560

Total De Inversión	S/	6,105
--------------------	----	--------------

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en esta tabla, se detalla en cada ítem la medida, cantidad y precio unitario; generando así un costo total de 6,105.00.

Inversión

Se ha considerado para la inversión el sueldo del personal técnico y asistente, así como también los costos de materiales y equipos necesarios para la implementación del área de mantenimiento.

Para ello se tiene en cuenta que una inversión consiste en asignar recursos a cambio de obtener beneficios y los costos se refieren al valor de los recursos que son necesarios para la producción de un producto o prestación de servicios; es así que inversión y costo se diferencian en que el primero disminuye los ingresos, mientras que la inversión los puede incrementar.

Tabla 55 Sueldo de Personal

Descripción	Costo/día S/.	Pago mensual	Total anual
Técnico especialista en equipos médicos	60	1,800.00	S/ 3,600.00
Asistente de mantenimiento	40	1,300.00	S/ 2,600.00
TOTAL		3,100.00	S/ 6,200.00

Fuente: Elaboración propia

Para asignar el sueldo al personal técnico se tomó como en cuenta que el salario mensual en promedio de un técnico especialista en equipos médicos es de S/. 1,800.00 (anexo N° 5) y el sueldo para el asistente es de S/. 1,300.00. Obteniendo así un sueldo total semestral de S/. 3,100.00, puesto que el contrato para el técnico y asistente solo es por dos veces al año.

Flujo de Inversión

Para desarrollarse el flujo de caja se ha tenido en cuenta todos los montos respectivos al año cero y su permanencia en los años siguientes. Sin embargo, los costos de herramientas, equipos y capacitación solo se han considerado en el año cero.

Tabla 56 Costos Proyectados

COSTOS POR INCURRIR	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
EN EL PROCESO						
Tema 1 : Evolución del equipo	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	512.00
Tema 2 : Principios de lectura del equipo	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	512.00
Tema 3 : Mantenimiento preventivo del equipo	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	512.00
Tema 4 : Problemas frecuentes del equipo	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	512.00
Tema 5 :Análisis de la causa y la raíz de fallas del equipo	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	S/ 512	512.00
Manual de mantenimiento, diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Manual de mantenimiento, diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Manual de mantenimiento, diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Manual de mantenimiento, diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Manual de mantenimiento, diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00

Cuadernillos de registro de las 5s	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Formatos Check-List	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00
Laptop HP	1569.00	.....	.....	.....	.....	.....
Impresora	800.00	.....	.....	.....	.....	.....
Memoria USB	25.00	.....	.....	.....	.....	.....
Escritorio	140.00	.....	.....	.....	.....	.....
Papel Bond A4	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Lapiceros	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Archivadores	18.00	.....	.....	.....	.....	.....
Perforadores	9.00	.....	.....	.....	.....	.....
Tinta de Impresora	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00
Detergente 25k	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
Lubricantes a base de aceite	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Lubricantes a base de silicona	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Paño Industrial (Waipe)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Desinfectante	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
Cepillo de limpieza	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Lentes de seguridad	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Guantes quirúrgicos	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00

Respirador	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Mandil	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
TOTAL DE COSTOS	6,597.00	4,036.00	4,036.00	4,036.00	4,036.00	4,036.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla n°56 nos muestra la proyección de los costos en un periodo de cinco años, en el cual se aprecia la inversión inicial en el año cero con un total de S/. 6,597.00. Asimismo, los siguientes años muestran un costo constante con un valor de S/. 4,036.00.

Tabla 57 Flujo de Caja Neto Proyectado

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
-6,597.00	2,164.00	2,164.00	2,164.00	2,164.00	2,164.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla n°55 muestra el flujo de caja en un periodo de cinco años, siendo negativo en el año cero (S/. -6,597.00), puesto que es lo que se invertirá para la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo. Asimismo, en los años siguientes se tiene un valor positivo porque es el ingreso que se recuperará con la implementación del sistema (S/. 2,164.00).

Tabla 58 Evaluación de Indicadores Financieros

COK	9%
VAN	S/. 8,417.21
TIR	19%

IR **S/. 1.28**

Fuente: Elaboración propia

VAN: Siendo el valor actual neto obtenido mayor a cero, el cual permitirá generar una utilidad de S/. 8417.21 por lo tanto, se acepta la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

TIR: Se acepta la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, puesto que la tasa interna de retorno es mayor que el costo de oportunidad del capital con un 19%

IR: Se obtiene que con la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo se genera una rentabilidad de S/. 1.28 por cada sol invertido en este proyecto.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

De acuerdo con los resultados que se han obtenido en esta investigación en el Centro de Salud Baños del Inca, se puede confirmar que para el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo se debe de llevar a cabo un estudio sobre todos los motivos o causas que perjudican a los indicadores de mantenimiento, principalmente en la disponibilidad de los equipos, tal como lo indica (Marrufo Delgado & Cachi Bacón , 2017) en su tesis "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", menciona que es viable implementar el sistema de mantenimiento preventivo, puesto que la mejora de los indicadores son significativas y por consiguiente se logró mejorar la disponibilidad de los equipos biomédicos en estudio en un 83%; con lo que concordamos y podemos corroborar que con el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo si se logra mejorar la disponibilidad de los equipos en estudio.

Así también para realizar un diseño de un sistema de gestión de mantenimiento es importante la utilización de técnicas y herramientas los cuales sirven para el estudio y análisis de información lo que permite determinar y saber la disponibilidad de cada uno de los equipos, tal como lo menciona (Chuquilín Novoa , 2017) en su tesis "Diseño De Un Sistema De Gestión De Mantenimiento Hospitalario Para Optimizar La Vida Útil De Los Equipos En La Unidad De Servicios Generales, Del Hospital Regional Docente De Cajamarca", en donde indica que al realizar el diseño de un sistema de mantenimiento preventivo aplicando técnicas y herramientas correspondientes los resultados obtenidos son significativos puesto que la disponibilidad en todos los equipos tuvo un aumento entre un intervalo de 20% a 25%, así

como también su confiabilidad, reduciendo el estado crítico y aumentando la vida útil de los equipos; con lo que coincidimos y podemos asimismo corroborar que al realizar el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo si se logra aumentar la disponibilidad de los equipos y gracias a esto poder disminuir las fallas y paradas teniendo que aplicar mantenimiento correctivo.

Además (Arriola Vega , 2015) en su tesis denominada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo planificado para disminuir las fallas y aumentar la disponibilidad de las máquinas en la empresa Hacienda Iguana, en Tola-Rivas en el periodo comprendido de agosto a noviembre del año 2015”, menciona que gracias a la implementación del diseño de un sistema de mantenimiento preventivo planificado se logró evaluar y obtener como resultado que los beneficios para la empresa son bastante significativas, así también indica que se logró aumentar la vida útil de los equipos; con lo que concordamos y podemos corroborar que al diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo se logra obtener beneficios y disminuir los costos por mantenimiento correctivo para la empresa en nuestro caso el centro de Salud Baños Del Inca, asimismo aumenta de la disponibilidad de los equipos estudiados y también su vida útil.

4.1. Conclusiones

Se propuso el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad, basado en el análisis de los equipos médicos en estado crítico del Centro de Salud de los Baños del Inca en el área de laboratorio para posteriormente calcular los valores de la disponibilidad inicial y final de los equipos críticos que son los siguientes: Analizador bioquímico /Chem 7 de 98.56% y 99.73 %, Analizador bioquímico / BS-3000M de 98.56% y 99.73 %, Centrifuga de 8 tubos / PLC-03 de 99.27% y 99.97 %, Microscopio / YUJIE OPTICS de 99.27% y 99.73 %, Microscopio / NUMBER:BM-180 de 98.71% y 99.73 %, Micropipetas automáticas / Boeco de 97.33% y 99.91 %, Refrigeradora / RA21F de 98.98% y 99.64 %, Refrigeradora / Horizontal de 98.21% y 99.64 %, Rotador Digital / DSR-2800 D de 98.58% y 99.97 %, Vortex Mixer / VM -300 de 98.71% y 99.98 %, teniendo como resultado un aumento de la disponibilidad de todos los equipos médicos de laboratorio para que funcionen satisfactoriamente durante los 365 días del año.

En el diagnóstico se encontró que los principales problemas a mejorar con el diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo son: falta de un área de mantenimiento preventivo, realización de mantenimiento correctivo de los equipos, falta de capacitación al personal médico y ningún registro de los mantenimientos dados e información de los equipos médicos.

Se concluye que al realizar el presupuesto total de mantenimiento de los equipos médicos del área de laboratorio con mayor frecuencia de obsolescencia y una mayor demanda en el centro de salud, se obtiene un costo total de S/. 25700.00 nuevos soles anualmente aplicando el mantenimiento correctivo, y con la implementación del mantenimiento

preventivo se obtiene un costo total anual de S/. 11,320.00 incluido las capacitaciones
semestrales, ahorrando en mano de obra S/. 14,380.00 anualmente.

REFERENCIAS

- Saiz Manzanares, M. C. (2017). *RIUBU Repositorio Institucional*. Obtenido de https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/4889/Tema_3_metodologia_para_la_evaluacion.pdf?sequence=7&isAllowed=y#:~:text=Seg%C3%BAn%20Campbell%20y%20Stanley%20
- Yupanqui Granados , C. D. (2016). “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM PARA TRACTOCAMIONES INTERNATIONAL WORKSTAR 7600”. *Tesis*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10528/Yupanqui%20Granados%2c%20Christian%20Diego.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Alegria Molina , A., Orrellana Ramirez , R., & Zamora Orellana , G. (2008). PROPUESTA DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PARA EL HOSPITAL NACIONAL ROSALES. *Tesis* .
- Arriola Vega , Y. (2015). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo planificado para disminuir las fallas y aumentar la disponibilidad de maquinaria* . Managua.
- Chuquilín Novoa , N. M. (2017). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO PARA OPTIMIZAR LA VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS EN LA UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES, DEL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE CAJAMARCA. *Tesis* .
- Cossio Rojas , M. G. (2021). *Repositorio Unioversidad Cesar Vallejo* . Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71442/Cossio_RMG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espinoza, E. (2015). *Google academico*. Obtenido de <http://www.bvs.hn/Honduras/Embarazo/Metodos.e.Instrumentos.de.Recoleccion.pdf>
- Flores Tacan, J. J. (2018). *Repositorio UPN*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14426/JUAN%20FLORES%20TACAS.pdf?sequence=4&isAllowed=y&fbclid=IwAR0YolxNvvgtnMX4mOS2LVZfcMqc7D1aCGt8P-h907i-g76-Hi12-Lq0oxl>

Gonzales Santillan , E., & Maicelo Bazan , M. (2017). *Repositorio UPN*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11310/Gonzales%20Santillan%20Ernesto%2C%20Maicelo%20Bazan%20Marcelita.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Hernández Sampieri, R. (junio de 2011). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/garcia_m_f/capitulo4.pdf

Jaime Estupiñan , S. (2017). *Repositorio Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia*. Obtenido de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2688/1/TGT_1307.pdf

Marrufo Delgado , S. J., & Cachi Bacón , R. (2017). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA. *Tesis*.

Marrufo Delgado , S. J., & Cachi Bacón , R. (2017). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS BIOMEDICOS EN EL DEPARTAMENTO DE DIAGNOSTICO POR IMAGENES DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA. *Tesis*.

Mesa Grajales, D., Ortiz Sánchez, Y., & Pinzon, M. (MAYO de 2006). LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS. *REDALYC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>

Municipalidad , B. (2017). Plan de desarrollo concertado del distrito de los Baños del Inca 2017-2021, con perspectiva al 2030. 36. Obtenido de <https://docplayer.es/88134158-Concertado-del-distrito-de-los-banos-del-inca-al-2021-con-perspectiva-al-2030.html>

Objetivos de la gestión de mantenimiento. (23 de Abril de 2019). Obtenido de <https://cmms.pe/objetivos-de-la-gestion-de-mantenimiento-2/>

Olarte , W., & Botero, M. (2010). IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN. *Redalyc* .

OMS. (2012). *Introduccion al programa de mantenimiento de equipos medicos*. Ginebra-Suiza: Ediciones de la OMS. Obtenido de

http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536_spa.pdf;jsessionid=448F9DC85FB1CB373AE8F81FE5596700?sequence=1

Palomino Lazaro, L. (2019). “DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS E INSTALACIONES DEL HOSPITAL SAN JOSE LIMA-PERU. *tesis.* Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3738/PALOMINO%20LAZARO%20LAURO%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1



DA/II-0201-2021

Cajamarca, 9 de setiembre del 2021

Elisalde Romero Cepeda
Director
Establecimiento de salud Baños del Inca

Presente. –

Es grato dirigirme a usted en nombre de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, para saludarle cordialmente y al mismo tiempo presentarle a nuestro egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial, quien solicita información de sus equipos médicos (área de laboratorio) así mismo permiso para realizar visitas frecuentes a dicha área; esta información será utilizada para la recolección de datos, para nuestro trabajo de investigación (tesis). dicha información ayudará mucho para el desarrollo de su tesis. Toda información que se brinde a nuestro estudiante tiene fines estrictamente académicos.

Apellidos y Nombres

Janet Gutiérrez Bueno
Ana Paola Llanos Gonzales

N00024333
N00026496



Ing. Ricardo Fernando Ortega Mestanza
Coordinador de la Carrera de Ingeniería Industrial
UPN – Cajamarca



Anexo 2

FORMATO DE ENTREVISTA

Empresa: CENTRO DE SALUD BAÑOS DEL INCA **Fecha:** 04/10/2021

Encargado: T.M. Roxana Rojas Palomino

1. ¿Cuáles son los equipos que más fallas han presentado?

Analizador hematológico, analizador bioquímico, centrifuga de 8 tubos, contador hematológico, microscopio, micro pipeta automática, refrigeradora, rotadora digital, vortex mixer.

2. ¿Realizan capacitaciones al personal sobre el mantenimiento a los equipos?

No, existe ningún tipo de capacitación de ese tipo

3. ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo? ¿Quién lo ejecuta?

Si existe un plan de mantenimiento, pero no se ejecuta de la manera adecuada.

Los encargados son los de la Red Cajamarca

4. ¿Quién es el encargado de dar mantenimiento de los equipos y que técnicas manejan?

Ing. Leonardo Flores Morales técnico electrónico especialista en equipos médicos.

5. ¿En cada mantenimiento realizan cambios de algún tipo de repuesto?

Si, de todos los equipos que se manda a arreglar

6. ¿Cuánto personal de mantenimiento hay en el centro de salud?

No cuenta con personal que haga este trabajo puesto que los equipos son derivados a la Red Cajamarca y ellos se encargan de los procedimientos.

7. ¿Cuánto tiempo tienen para hacer un mantenimiento de un equipo?

Se refiere que debe tener un promedio de una semana o menos ya que, estos equipos son importancia para el área.

8. ¿Existen manuales de mantenimiento por cada equipo?

No se cuenta con un manual



L. Rojas Palomino Roxana Yudith
Tecnólogo Médico
Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica
C.T.M.P. 14094

T.M. ROXANA Y. ROJAS PALOMINO
(Coordinadora del área de laboratorio)

Anexo 3

FICHA DE OBSERVACION DE EQUIPOS MEDICOS				
Departamento : "Área De Laboratorio – Equipos De Laboratorio De Análisis Clínico Y Microbiológico"				
Fecha De Observación: 04/10/2021			N° Equipos : 12	
Nombre Del Equipo / Modelo	N° De Serie	Función Del Equipo	Problemas Inoperatividad	Observaciones
Analizador Bioquímica /Chen 7	7742	Sirve para medir el nivel del suero sanguíneo como: glucosa, colesterol, triglicéridos, ácido úrico, proteínas, enzimas.	Fotómetros de onda de luz no se encuentra activo	Equipo se encuentra inoperativo y tiene fallas cada tres meses
Analizador Bioquímica / BS-3000M	BS8KJ033 E	Sirve para medir el nivel del suero sanguíneo como: glucosa, colesterol, triglicéridos, ácido úrico, proteínas, enzimas	No hay absorción de muestra	Equipo inoperativo
Centrifuga De 8 Tubos / PLC-03	7070351	Sirve para la separación de muestras que por medio de la fuerza centrifuga para acelerar la decantación de sus fases.	No gira el rotador y se encuentra sin tapa	Equipo se encuentra inoperativo y tiene fallas cada tres meses
Microscopio / YUJIE OPTICS	YJ-2008B	Equipo que permite observar lo que es invisible a simple vista.	Observación borrosa con el ocular 40 X . y con 100 X	Función solo para leer sedimentos parasitológicos (10X)
Microscopio / NUMBER.BM-180	3252	Equipo que permite observar lo que es invisible a simple vista.	Carril de la platina muy .movible	Equipo inoperativo, dificultad para mover la muestra.

Micropipeta automática / Boeco	5-50 ul	Se utiliza para medir pequeños volúmenes y transvasarlos de un recipiente a otro	Suave el embolo	Equipo inoperativo
Micropipeta automática / Boeco	10-100ul	Se utiliza para medir pequeños volúmenes y transvasarlos de un recipiente a otro	Suave el embolo	Equipo inoperativo
Refrigeradora / RA21F	27144DAZ500206J	Equipo necesarios que permiten conservar en buenas condiciones diversos fluidos y sustancias químicas en muy bajas temperaturas.	No prende	Equipo inoperativo
Refrigeradora / Horizontal	315	Equipo necesarios que permiten conservar en buenas condiciones diversos fluidos y sustancias químicas en muy bajas temperaturas.	Falta de calibración	Equipo inoperativo
Rotador Digital / DSR-2800 D	1006102	Se utiliza para la mezcla, la homogeneización y/o preparación de combinaciones de sustancias		Equipo inoperativo
Rotador Digital / DSR-2800 D	1210409	Se utiliza para la mezcla, la homogeneización y/o preparación de combinaciones de sustancias		Equipo inoperativo
Vortex Mixer / VM - 300	1312232	Se utiliza para cultivos celulares		Equipo inoperativo
Observaciones Generales: Todos los equipos que se encuentran inoperativos se encuentran en almacén				


Lic. Roxana Y. Rojas Palomino
Secretaría Médica
Laboratorio Clínico y Microbiología
C.T.M.P. / 1034

T.M. ROXANA Y. ROJAS PALOMINO
(Coordinadora del área de laboratorio)

Anexo 4

FICHA DE OBSERVACION DE EQUIPOS MEDICOS							
Departamento :		Área de laboratorio					
Equipos	Cantidad	Modelo	Estado de Equipo	N° de fallas al año	H Trbj por día	H Trbj por año	Días trabajados al año
Analizador bioquímica	1	chen 7	Inoperativo	4	24	8760	365
Analizador bioquímica	1	BS-3000M	Inoperativo	4	24	8760	365
Centrifuga de 8 tubos	1	PLC-03	Inoperativo	4	24	8760	365
Microscopio	1	YUJIE OPTICS	Regular	3	24	8760	365
Microscopio	1	UMBER:BM-18	Inoperativo	4	24	8760	365
Micropipeta automática	2	Boeco	Inoperativo	10	24	8760	365
Refrigeradora	1	RA21F	Inoperativo	3	24	8760	365
Refrigeradora	1	Horizontal	Inoperativo	4	24	8760	365
Rotador Digital	2	DSR-2800 D	Inoperativo	6	24	8760	365
Vortex Mixer	1	VM - 300	Inoperativo	3	24	8760	365


 Lic. Roxana Y. Rojas Palomino
 Tecnóloga Médica
 Laboratorio Clínico - Área de Patología
 C.T.M.P. 14094

T.M. ROXANA Y. ROJAS PALOMINO
 (Coordinadora del área de laboratorio)

Anexo 5

FICHA DE PRECIOS Y COSTOS DE EQUIPOS MÉDICOS EVALUADO POR UN ESPECIALISTA

Equipos	Modelo	Tiempo Mantenimiento Por Equipo(horas)	costo de reparación por equipo(Mantto Correctivo)	costo de Mantenimiento por equipo (Mantto Preventivo)	costo x hora de mantenimiento de cada uno de los equipos	Cada cuanto tiempo se debe dar mantenimiento a los equipos
Analizador bioquímica	chen 7	6 horas	s/. 800	s/. 600	s/. 100	Cada 6 meses
Analizador bioquímica	BS-3000M	6 horas	s/. 800	s/. 600	s/. 100	Cada 6 meses
Centrifuga de 8 tubos	PLC-03	3 horas	s/. 400	s/. 300	s/. 100	Anualmente
Microscopio	YUJIE OPTICS	6 horas	s/. 500	s/. 420	s/. 70	Cada 6 meses
Microscopio	NUMBER:BM-180	6 horas	s/. 500	s/. 420	s/. 70	Cada 6 meses
Micropipeta automática	Boeco	2 horas	s/. 120	s/. 100	s/. 50	Cada 6 meses
Refrigeradora	RA21F	8 horas	s/. 1000	s/. 800	s/. 100	Cada 6 meses
Refrigeradora	Horizontal	8 horas	s/. 1000	s/. 800	s/. 100	Cada 6 meses
Rotador Digital	DSR-2800 D	3 horas	s/. 350	s/. 300	s/. 100	Anualmente
Vortex Mixer	VM - 300	2 horas	s/. 200	s/. 180	s/. 90	Anualmente

Preguntas Generales:

- ¿Cuánto Gana Mensualmente Un Técnico En Mantenimiento En Equipos Médicos?

En promedio s/. 1800

- ¿Cuál Es El Costo Por Hora De Capacitación Al Personal Sobre El Uso Y Funcionamiento De Los Equipos Médicos?

En promedio de acuerdo a cada equipo es de s/. 80



Alexander Sánchez Castro
ESPECIALISTA EN EQUIPOS MÉDICOS
VENTAS Y SERVICIOS

Sánchez Castro Alexander
DNI: 16662628



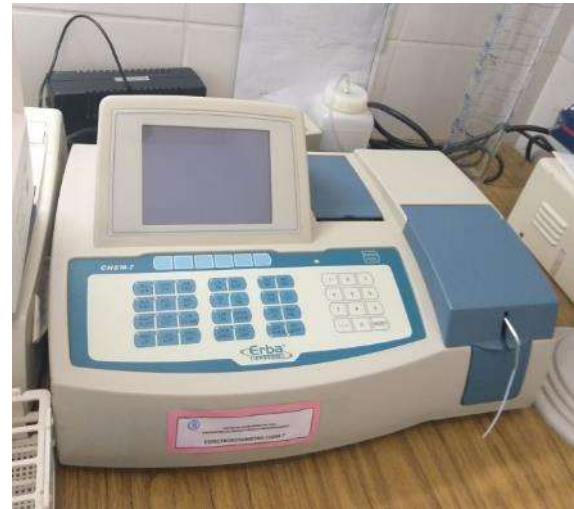
Centro De Salud Baños Del Inca



Área De Laboratorio



Analizador Bioquímico BS-3000M



Analizador Bioquímico Chen 7



Centrifuga de 8 tubos / PC-03



Microscopio / YUJIE OPTICS



Microscopio / NUMBER:BM-180



Micropipeta Automática / Boeco



Refrigeradora / RA21F



Refrigeradora Horizontal

Rotador Digital DSR-2800 D



Encargada Área De Laboratorio

