



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Aplicación Lean Maintenance para mejorar disponibilidad de
equipos médicos en Hospital de Chancay y S.B.S Dr. Hidalgo
Atoche López 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

Chero Valenzuela David Alfredo (ORCID: 0000-0003-1508-9784)

ASESOR:

Mg. Molina Vílchez, Jaime Enrique (ORCID: 0000-0001-7320-0618)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis familiares por su apoyo emocional que es un impulso valioso para lograr mi objetivo profesional.

AGRADECIMIENTO

A los maestros de investigación por brindarme la orientación debida para concluir satisfactoriamente la presente investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de figuras.....	vi
Índice de tablas.....	v
Índice de Abreviaturas.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III.METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y diseño de investigación Tipo de investigación.....	18
3.2 Variables operacionalización.....	19
3.3 Población, muestra y muestreo.....	23
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	24
3.5 Procedimientos.....	26
3.6 Métodos de análisis de datos.....	49
3.7 Aspectos éticos.....	50
IV. RESULTADOS.....	51
4.1 Estadística descriptiva.....	51
4.2 Estadística inferencial.....	59
V. DISCUSIÓN.....	64
VI. CONCLUSIONES.....	66
VII. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de correlación.....	3
Tabla 2. Tabla de Pareto	3
Tabla 3. Estratificación de las causas por áreas	4
Tabla 4. Alternativa de solución	5
Tabla 5. Matriz de operacionalización de variables.....	22
Tabla 6. Equipos de área covid.....	23
Tabla 7. Validación y juicio de expertos	25
<i>Tabla 8. Medición de dimensiones de variable independiente</i>	<i>28</i>
Tabla 9. Diagrama de Gantt del desarrollo de la propuesta	30
Tabla 10. Lista de personal capacitado en la unidad de servicios generales y mantenimiento	40
Tabla 11. Mantenimiento a equipo pulsioxímetro	42
Tabla 12. Formato para mantenimiento	43
Tabla 13. Formato de órdenes de trabajo para mantenimiento de equipos médicos	44
Tabla 14. Medición pos test de la variable independiente	45
Tabla 15. Medición pos test de la variable dependiente	46
Tabla 16. Estimado de ahorro generado en área de mantenimiento	47
Tabla 17. inversión de la mejora	47
Tabla 18. Flujo de caja	48
Tabla 19. Cálculo de VAN, TIR y costo beneficio	49
Tabla 20. Estadística descriptiva de la variable disponibilidad	53
Tabla 21. Estadística descriptiva de la dimensión fiabilidad	55
Tabla 22. Estadística descriptiva de la dimensión mantenibilidad	57
Tabla 23. Prueba de normalidad de a variable disponibilidad	59
Tabla 24. Estadística emparejada de la variable disponibilidad.....	59
Tabla 25. Prueba T-student de la variable disponibilidad	60
Tabla 26. Prueba de normalidad de la dimensión fiabilidad	60
Tabla 27. Estadística emparejada de la dimensión fiabilidad	61
Tabla 28. Prueba T-student de la dimensión fiabilidad.....	61
Tabla 29. Prueba de normalidad de la dimensión mantenibilidad.....	62
Tabla 30. Estadística emparejada de la dimensión mantenibilidad	62
Tabla 31. Prueba T-student de la dimensión mantenibilidad	63

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de causa efecto de la baja disponibilidad de equipos médicos	2
Figura 2. Diagrama de Pareto	4
Figura 3. Diagrama de estratificación	5
Figura 4. Herramientas de lean maintenance	10
Figura 5. Organigrama funcional	27
Figura 6. Inspección de equipos.....	32
Figura 7. Registro en ficha de situación de equipo en área correspondiente	33
Figura 8. Flujo del proceso de mantenimiento	34
Figura 9. Área biomédica	35
Figura 10. Limpieza de equipos médicos	36
Figura 11. Eliminación de focos de contaminación	37
Figura 12. Formato de registro de anomalías	38
Figura 13. Formato de chequeo de actividades	38
Figura 14. Plan de acción.....	39
Figura 15. Capacitación del personal	40
Figura 16. Inspección de equipo	41
Figura 17. Entrenamiento de mantenimiento.....	41
Figura 18. Verificación de resultados del mantenimiento.....	43
Figura 19. Comparativo de Lean Mantenaice antes y después	51
Figura 20. Descriptiva del mantenimiento planificado antes y después	51
Figura 21. Descriptiva del mantenimiento autónomo antes y después	52
Figura 22. Comparativo de frecuencia de variable disponibilidad antes y después	54
Figura 23. Comparativo de frecuencia de dimensión fiabilidad antes y después ..	56
Figura 24. Comparativo de frecuencia de variable mantenibilidad antes y después	58

Índice de Abreviaturas

OMS: Organización Mundial de la Salud

MINSA: Ministerio de Salud

IS: Instituciones de Salud

TMEF: Tiempo medio entre fallas

TMDR: Tiempo medio de reparación

RESUMEN

La presente investigación cuyo título es: “Aplicación Lean Maintenance para mejorar disponibilidad de equipos médicos en Hospital de Chancay y S.B.S Dr. Hidalgo Atoche López 2020”, tuvo por objetivo: Determinar cómo Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y SBS Dr. Hidalgo Atoche López, 2020. El problema de la investigación planteado fue ¿De qué manera Lean Maintenance mejorará la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?

Se utilizó el tipo de investigación cuantitativa y por su finalidad aplicada, siendo su diseño de investigación pre experimental. La población estuvo conformada por los mantenimientos efectuados a los equipos médicos. Se hizo uso de fichas de recolección de datos fueron procesados y analizados por el software SPSS versión 24. Se evidenció una mejora en 22.39 en la disponibilidad de equipos médicos, también una mejora de 2.83 en la fiabilidad de equipos y una mejora de 0.38 en la mantenibilidad de equipos cuyo nivel de confiabilidad logrado en las hipótesis permitió validar la hipótesis planteada por el investigador.

Palabras clave: Lean Maintenance, disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad

ABSTRACT

The present research whose title is: "Lean Maintenance Application to improve the availability of medical equipment in Chancay Hospital and SBS Dr. Hidalgo Atoche López 2020", had the objective: To determine how Lean Maintenance improves the availability of medical equipment in Chancay Hospital and SBS Dr. Hidalgo Atoche López, 2020. The research problem raised was, in what way will Lean Maintenance improve the availability of medical equipment at the Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?

The type of quantitative research was used and for its applied purpose, being its pre-experimental research design. The population was made up of the maintenance carried out on the medical teams. Data collection sheets were used, processed and analyzed by SPSS version 24 software. There was an improvement of 22.39 in the availability of medical equipment, also an improvement of 2.83 in the reliability of equipment and an improvement of 0.38 in the maintainability of equipment whose level of reliability achieved in the hypotheses allowed to validate the hypothesis proposed by the researcher.

Keywords: Lean Maintenance, availability, reliability, maintainability

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito mundial las diversas empresas relacionadas con la salud están tomando acciones precisas para asegurar el cumplimiento de un servicio oportuno con los pacientes dada la alta demanda que existen en los centros de salud por las enfermedades de alto riesgo que implica el uso de equipos médicos que ayuden al paciente en su restablecimiento.

Pestana, A., Lorenzini, A., Lima, E. y Guedes, J. (2016), mencionaron que: La metodología Lean en el ámbito salud, se manifestó progresivamente el año 2006. Una entidad en Gran Bretaña, no lucrativa, que tuvo como objetivo difundir el pensamiento Lean, realizó por primera vez el congreso referido a la aplicación de Lean en el sector salud. En Brasil, se encontraron estudios asociados a la mejoría en la atención al paciente en relación a la calidad y eficiencia en servicios de salud. Rosas (2015), precisó que, respecto al avance de Lean hace unos años diversos investigadores aplicaron metodologías Lean dentro del Sector Salud o asistencia médica, a menudo muestran los beneficios al cuidado del paciente y la utilización de recursos.

Holden, Eriksson, Andreasson, y Williamsson (2014) precisó que más allá de lo técnico en la evaluación de una manera más crítica y teórico comprensiva de cómo interactúa Lean con las preexistentes prácticas en el Sector Salud. La mayoría de los países han incrementado sus respectivos gastos per cápita en materia de salud. La OMS (2013), indicó:

Que los objetivos estratégicos brindan “un mejor acceso, calidad y utilización de insumos en medicina y productos tecnológicos sanitarios”. Utilizar correctamente los equipos médicos es relevante para la OMS, impactando de manera directa en la vida del ser humano, también requiere regular inversión económica debido a que los costos de mantenibilidad son altos. El cuidado y uso adecuado de estos equipos, se asocia a los programas de mantenimiento.

Camacho, Torres y Chavarría (2017), mencionaron que:

Los equipos biomédicos constituyen una herramienta valiosa para resolver diversos problemas de la salud humana con mejor diagnóstico para las enfermedades, sin embargo, lo que implica una gran responsabilidad por parte de las instituciones de salud (IS), dado diversos riesgos que impactan a los pacientes y los usuarios, por lo que su disponibilidad es valiosa pero también

riesgosa si no se tiene los cuidados requeridos para el buen uso en las diversas unidades del centro médico.

En el Perú, según Essalud (2018), se precisó que:

Un adecuado uso de los equipos médicos tiene justificación por varios causales, el prioritario es la seguridad del paciente, dado que una mala manipulación de los equipos incide directamente en la salud del paciente. Otra situación relevante a tomar en cuenta está referido a la inversión efectuada por la entidad. El estudio de tecnologías sanitarias asocia situaciones socio económicas, costo, efectividad y uso racional.

La entidad hospitalaria SBS Dr. Hidalgo Atoche López, es un servicio del estado cuya organización es de tipo lineal y funcional. Los servicios que brinda en la actualidad son: consultorio externo, servicio de enfermería, servicio de obstetricia, emergencia, diagnósticos digitales, diversas patologías, anatomía patológica y centro farmacéutico. Se tiene que la disponibilidad de los equipos médicos actualmente llega a un 60%, siendo baja para la alta demanda en el servicio de emergencia y uci covid. Sin embargo, la necesidad del servicio requiere una disponibilidad que llega al 90% de los equipos existentes, lo cual represente un problema para el servicio requerido.

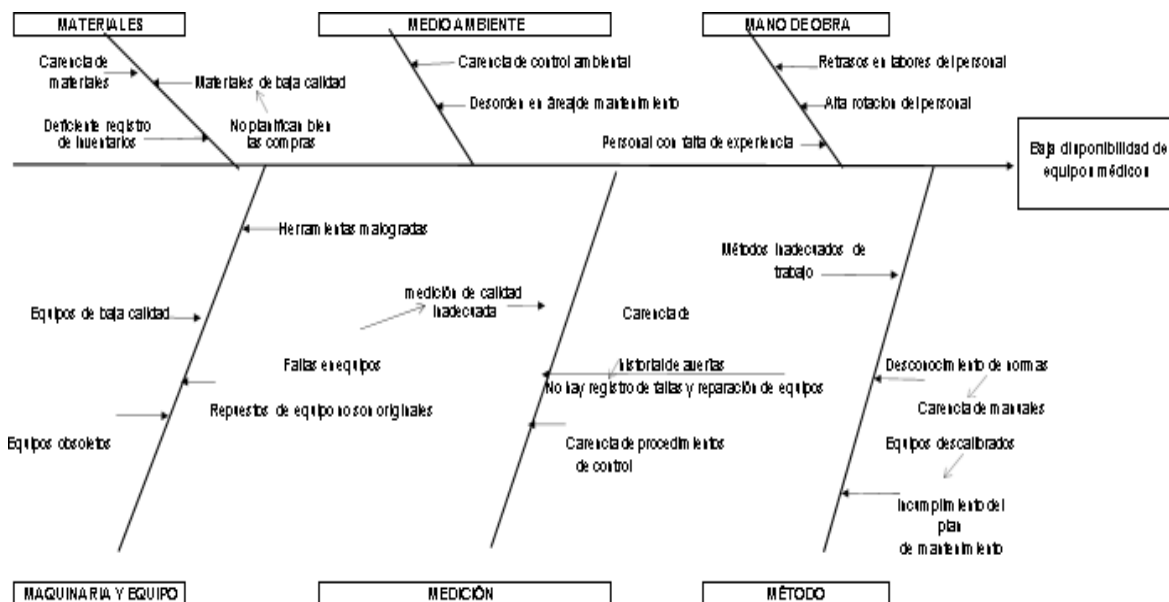


Figura 1. Diagrama de causa efecto de la baja disponibilidad de equipos médicos

De la figura, se tiene las causas que generan la baja disponibilidad de equipos médicos los cuales fueron consensuados con el personal de mantenimiento y el responsable del área resaltando los más relevantes en la problemática.

Tabla 1. Matriz de correlación

SM	Problemas	Causas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	Puntaje
Materiales	P1	Carencia de materiales	x	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4
	P2	Deficiente registro de inventarios Materiales de baja calidad	0	x	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3
	P3		1	1	x	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	8
Medio ambiente	P4	Carencia de control ambiental	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	P5	Desorden en área de mantenimiento	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Mano de obra	P6	Retrasos en labor del personal	1	0	0	0	1	x	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4
	P7	Alta rotación de personal Personal con falta de experiencia	0	0	0	0	0	1	x	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
	P8		0	0	0	0	1	0	0	x	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	4
Maquinaria y equipo	P9	Equipos de baja calidad	0	0	1	0	0	0	1	0	x	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5
	P10	Herramientas malogradas	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	x	0	1	0	1	0	1	0	7
	P11	Repuestos de equipo no son originales	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	x	0	1	0	1	0	1	6
	P12	Equipos obsoletos	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	x	0	0	1	0	1	4
Medición	P13	Carencia de procedimientos de control	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	x	1	0	1	0	1	8
	P14	No hay registro de fallas y reparación de equipos	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	x	1	0	1	1	10
	P15	Medición de calidad inadecuada	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	x	1	0	9
Método	P16	Métodos inadecuados de trabajo	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	x	1	0	8
	P17	Carencia de manuales	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	x	1	9
	P18	Incumplimiento del plan de mantenimiento	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	x	12
																					106

Fuente: Elaboración propia

Según las causas de la baja disponibilidad de equipos médicos se tiene detalla el puntaje acumulando considerando (1) en los casos que hay relación y (0) si no hay relación.

Tabla 2. Tabla de Pareto

Causas	Puntaje total	Porcentaje (%)	Frecuencia acumulada	Porcentaje Acumulado
Incumplimiento del plan de mantenimiento	60	18%	60	18%
No hay registro de fallas y reparación de equipo	50	15%	110	32%
Medición de calidad inadecuada	45	13%	155	46%
Carencia de manuales	45	13%	200	59%
Materiales de baja calidad	24	7%	224	66%
Herramientas malogradas	24	7%	248	73%
Carencia de procedimientos de control	24	7%	272	80%
Métodos inadecuados de trabajo	21	6%	293	86%
Repuestos de equipo no son originales	18	5%	311	91%
Equipos obsoletos	5	1%	316	93%
Retrasos en labor del personal	4	1%	320	94%
Equipos de baja calidad	4	1%	324	95%
Carencia de materiales	4	1%	328	96%
Personal con falta de experiencia	4	1%	332	98%
Alta rotación de personal	3	1%	335	99%
Deficiente registro de inventarios	3	1%	338	99%
Carencia de control ambiental	1	0%	339	100%
Desorden en área de mantenimiento	1	0%	340	100%
Total	340	100%		

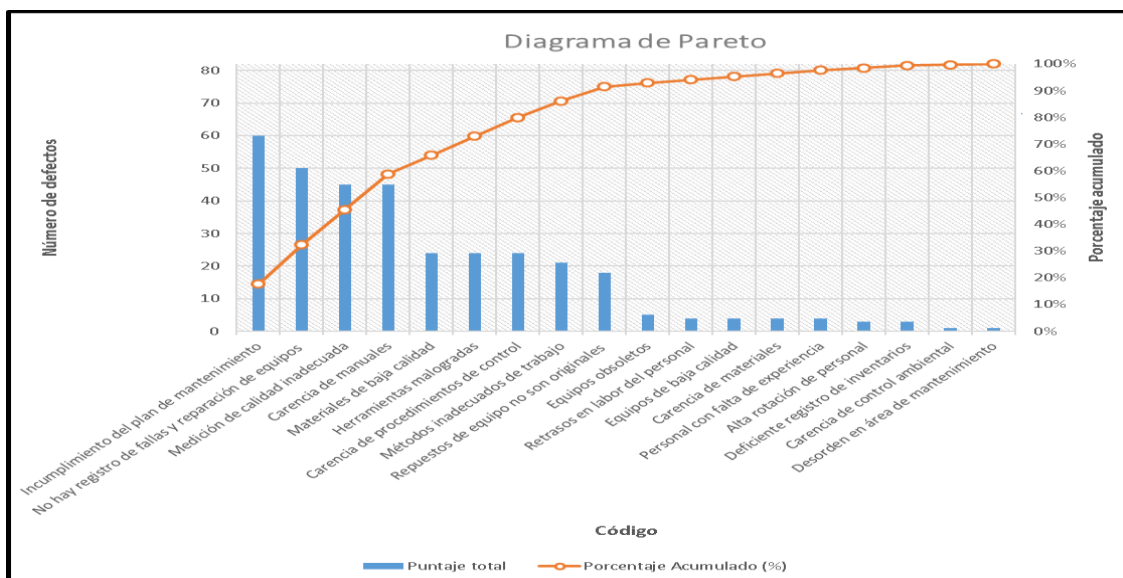


Figura 2. Diagrama de Pareto

Según la tabla 2 y figura 2, de un total de 18 problemas que repercuten en la baja disponibilidad de equipos médicos, mediante el diagrama de Pareto se identificó las causas principales de la baja disponibilidad de equipos; las causas vitales las que representan el 80% bajo la curva de la gráfica de Pareto.

Tabla 3. Estratificación de las causas por áreas

No	Causas que provocan la baja productividad	Frecuencia	Área
1	Incumplimiento del plan de mantenimiento	60	Mantenimiento
2	No hay registro de fallas y reparación de equipos	50	
3	Medición de calidad inadecuada	45	
4	Carencia de manuales	45	
5	Materiales de baja calidad	24	
6	Carencia de procedimientos de control	24	
7	Métodos inadecuados de trabajo	24	
8	Herramientas malogradas	21	
9	Repuestos de equipo no son originales	18	
10	Equipos de baja calidad	5	
11	Carencia de materiales	4	
12	Retrasos en labor del personal	4	Gestión
13	Personal con falta de experiencia	4	
14	Equipos obsoletos	4	
15	Deficiente registro de inventarios	3	
16	Alta rotación de personal	3	
17	Carencia de control ambiental	1	Calidad
18	Desorden en área de mantenimiento	1	

Resumen:

Mantenimiento	Gestión	Calidad
320	18	2

Se hizo la estratificación de las causas por áreas y se ubicó 11 causas en el área de mantenimiento con 320 puntos, seguido del área de gestión con 5 causas con 18 puntos y por último el área de calidad con 2 causas 2 puntos.

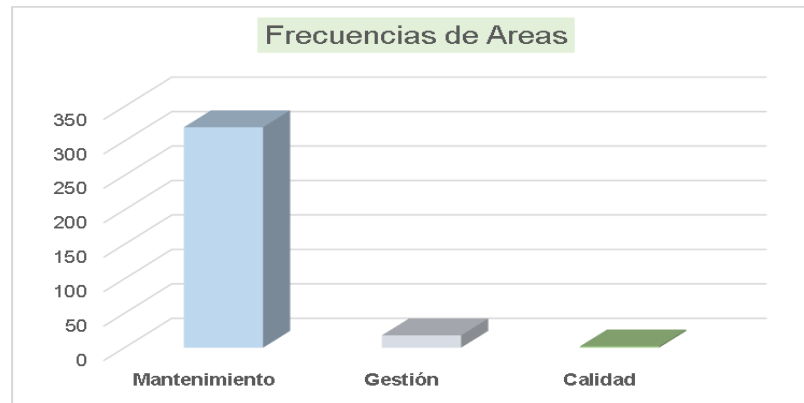


Figura 3. Diagrama de estratificación

Fuente: Elaboración propia

Se pasó estratificar los problemas agrupándolas por área y de esa manera decidir la opción más adecuada que se determinó como el mayor puntaje, por tanto, se decide que el mantenimiento tiene mayor puntaje en la figura por lo que se tiene que tomar acciones respecto a dicha área.

Tabla 4. Alternativa de solución

ALTERNATIVA	CRITERIOS				Total
	Solución al problema presente	Costos de aplicación	Facilidad para la aplicación	Tiempo de aplicación	
Lean Maintenance	5	3	3	3	14
Gestión de procesos	3	3	3	1	10
Gestión de la calidad	3	3	1	1	8
malo (1), bueno(3), muy bueno(5)					
Se definieron los criterios con la gerencia y trabajadores del área					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla, se observa las principales alternativas de solución, asociadas a las áreas definidas en la tabla de estratificación, tal que el puntaje de la metodología Lean Maintenance obtuvo una mayor valoración con un total de 14 puntos.

Una vez determinado la metodología se plantea como problema general: ¿De qué manera Lean Maintenance mejorará la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?. Los problemas específicos son:

PE 1: ¿De qué manera Lean Maintenance mejorará la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?

PE 2: ¿De qué manera Lean Maintenance mejorará la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?

Respecto a la justificación del estudio Méndez (2010), citado en Valderrama (2016),

menciona que son las motivaciones que los investigadores establecen con fines de desarrollar el proyecto. Por lo expuesto se tiene las siguientes justificaciones: Tiene una justificación práctica, dado que permitirá brindar el apoyo a la entidad hospitalaria para identificar, corregir y mejorar los problemas presentes en los equipos médicos; de tal manera se logre atender los diversos servicios existentes en las especialidades de salud que se brinda a la comunidad.

También el estudio se justifica desde el ámbito económico porque los inconvenientes asociados a los equipos médicos generan cuantiosos gastos si no se establece estrategias adecuadas para el buen sostenimiento de los equipos con fines de reducir los gastos en reparaciones o en su defecto en reemplazos de equipos con adecuarse a las necesidades del servicio. Se estima un ahorro porcentual promedio de 25% dado que las buenas prácticas del mantenimiento reducen gastos de reparaciones en los equipos médicos.

Finalmente se justifica socialmente ya que en la medida que los equipos médicos se mantengan operativos el servicio médico podrá cumplir con sus labores de manera eficiente en salvaguarda de la vida de los pacientes que ingresan con diversos problemas de salud, en especial a los que frecuentan con contagios de Coronavirus (COVID -19).

Como objetivo general se tiene:

Determinar cómo Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y SBS Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.

Los objetivos específicos son:

OE 1: Determinar cómo Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.

OE 2: Determinar cómo Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.

Por lo expuesto se precisa como hipótesis general:

Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

Son hipótesis específicas

HE 1: Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

HE 2: Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

II. MARCO TEÓRICO

Machaca y Portugal (2018), presentó su estudio “Propuesta con fines de mejorar la Gestión del Mantenimiento en equipos médicos en Medicina Física y Rehabilitación de una Clínica”, para lograr ser Ingeniero Industrial en la Universidad Católica de San Pablo, Arequipa. Su objetivo fue la mejora en mantenimiento de médicos del área de medicina física y rehabilitación de la clínica. El método investigativo fue aplicado para alcanzar la mejora. Concluyeron los autores logrando mejorar sistema de gestión en la cual se visualice una mejora de por lo menos el 20% del resultado actual de la auditoría realizada.

Marrufo y Cachi (2017), presentó su estudio “Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos en el departamento de diagnóstico por imágenes en el hospital regional de Cajamarca”. Su objetivo fue asegurar una intervención quirúrgica conforme, adecuada disponibilidad, buena productividad y lograr la satisfacción de pacientes tratados con equipos biomédicos usados. El estudio fue aplicado cuyo diseño fue pre experimental. En conclusión, se logró buena disponibilidad siendo 23 % promediando entre los 5 equipos en estudio, siendo la disponibilidad de 83% luego de implementar el sistema.

Espejo (2016), presentó su estudio “Aplicación del Lean Maintenance para aumentar la productividad de envases plásticos en la empresa Laboratorios SMA S.A.C., distrito Ate, Año 2016”. El objetivo básico del estudio es mediante la metodología del Lean Maintenance incrementar la productividad de envases plásticos. La investigación fue aplicada mejorando la problemática definida. Consideró un diseño pre experimental con diseño de grupos con pre y post- prueba, siendo cuantitativo, de corte longitudinal. La población conformó las treinta órdenes de producción comprendidas de julio a diciembre del 2015 sector soplado. En conclusión, en la investigación se demostró que la productividad mejoró en 18,12 (media) en el 2016.

Valpuesta y Muñuzuri (2017), presentó su investigación aplicación de herramientas Lean en una fábrica del sector automoción. Su objetivo fue conocer a fondo las particularidades de las herramientas que se implantan y que pueden ser de gran utilidad. El estudio fue aplicado y experimental. La población lo conforman las

unidades de Renault. Aplicadas las acciones adoptadas es preciso destacar que por los cambios realizados en la achaflandadora el operario en la línea de producción minimiza su porcentaje de tiempo de la labor de cambio de herramienta desde 22'5% a un 19'1%, así mismo reduce el tiempo destinado al desplazamiento de un 13'6% a un 11'5%.

Mostafa, Dumrak y Soltan (2015), en su artículo científico "Lean maintenance roadmap" precisaron respecto al sector mantenimiento que intervienen en los costos operativos de manera relevante en una entidad. Constituye un sector principal de la organización. Consideran que este sector es una condición relevante en sistemas de fabricación ajustada. Se realizó un estudio previo para obtener estrategias y labores del sector actuales, asociadas al sector lean. Este estudio considera ocho tipos de desechos, registro del mantenimiento y referencias de prácticas del mantenimiento Lean considerando el 100% de los mismos para su tratamiento. En conclusión, el resultado direcciona la aplicación del pensamiento lean en el sector de mantenimiento.

Camila R.S., William C.A., Renán F., Renato G. (2015), en el artículo científico, realizaron un estudio basado en indicadores de confiabilidad para el equipo médico, en específico a las máquinas de anestesia en una red de centros de salud en Brasil. Realizaron una investigación aplicada donde describieron el estado de dichos equipos, usando gráficos de dispersión compararon los resultados de los indicadores entre los mantenimientos preventivos realizados y obtuvieron que los tiempos entre mantenimientos usados redujeron el tiempo entre fallas, con una disponibilidad promedio de entre 95 y 100%.

Beyene, Bosena y Ashagre (2016), en su artículo sobre Disponibilidad y utilización de servicios médicos dispositivos en hospitales de la zona de Jimma, precisaron que la disponibilidad se ha hecho hincapié en la utilización de diversos equipos sanitarios en todos los niveles del sistema sanitario para y prestación de servicios eficiente. Se utilizó un estudio de caso múltiple transversal que utilizó métodos cuantitativos y cualitativos mixtos. En conclusión, la observación y la entrevista mediante la lista de verificación mostraron que había 299 dispositivos médicos disponibles en los tres hospitales de los cuales, 196 (65,6%) de ellos estaban disponibles en el Hospital Especializado de la Universidad de Jimma, mientras que, 57 (19,0%) y 46 (15,4%) estaban disponibles en el hospital Limu Genet y en el

hospital Shenen Gibe, respectivamente. Entre 196 médicos disponibles dispositivos en JUSH, 127 (64,8%) fueron funcionales y el resto; 63 (32,1%) y 6 (3,1%) no eran funcionales y no en uso respectivamente.

Campolina Rodríguez y Jeunon (2016), en su artículo efectividad de la gestión de equipos de atención médica, su objetivo fue identificar y analizar los factores que contribuyen a la efectividad de la gestión de equipo médico. Se realizó un estudio de caso junto con una investigación de campo. Se concluye destacando que fue posible identificar factores que contribuyan a la efectividad de la gestión de equipos médicos, tales como: profesionales calificación; conocimiento práctico; profesionalización laboral; supervisión centrada en la evaluación, desarrollo, resultados y mejora continua.

Bashir, Tawarah y Abdul (2017), en su artículo Las herramientas médicas deben administrarse de manera eficiente y sensata desde el paso inicial de adquisición hasta que se dañe. Esto incluye el procedimiento de adquisición, los procedimientos operativos y las políticas de mantenimiento utilizadas al respecto. Gestionar el mantenimiento de las herramientas médicas es vigoroso para el paciente, médico médicos y para el propio hospital. Una de las principales complicaciones sanitarias Esta investigación presenta una mejora del proceso aplicada al tiempo de inactividad de las herramientas médicas durante los trabajos de mantenimiento en los Hospitales de Salud de Jordania, basados en la metodología Six Sigma adaptada – DMAIC. Se recopilaron datos de diferentes ubicaciones para diferentes herramientas para estudiar y analizar el problema del tiempo de inactividad y realizar las acciones necesarias para reducirlo.

En referencia al Lean Maintenance, se tiene como información histórica que esta metodología se inició en 1950 considerando la necesidad de los clientes siendo Toyota el pionero que luego se convirtió en TQM, pasando a TPM y finalmente Lean en los años 90. Giraldo (2020), mencionó con el aseguramiento y sostener la conformidad de equipos y asociando procesos, eficientemente y precias, con fines de lograr la obtención de productos excelentes.

Según Paredes (2005), preciso que el Lean Maintenance implica un mantenimiento proactivo asociado a labores del mantenimiento planificado y programado a partir de las prácticas de mantenimiento productivo total, usando las estrategias del mantenimiento desarrollado mediante uso de criterios precisos del mantenimiento

centrado en la confiabilidad aplicados a equipos de acción empoderada, usando el proceso de la 5S, los eventos semanales de mejora Kaisen y el mantenimiento autónomo, junto con los expertos de mantenimiento con multihabilidades a partir del uso comprometido de su sistema de orden de trabajo. (p. 2)

Bahreini, Doshmangir y Imani (2019), en su artículo Factors Affecting Medical Equipment Maintenance Management, consideran que el mantenimiento de equipos médicos es un tema fundamental para la seguridad y el costo de los dispositivos médicos para mejorar los objetivos del sistema de dispositivos médicos. (p. 1)

Duran, Capaldo y Acevedo (2017), en su artículo, Energies, precisaron que las estrategias de mantenimiento orientan a alargar la vida útil de los equipos aumentando su disponibilidad y fiabilidad.

Es relevante mencionar que el mantenimiento cumple en la actualidad un rol significativo tal que se asocia con el liderazgo y la innovación, mejora de los aspectos relacionados con la entidad, apoyo concreto a la organización, tiene injerencia en la formación técnica, pone en evidencia el hacer con menos recursos y el trabajo de manera integral.

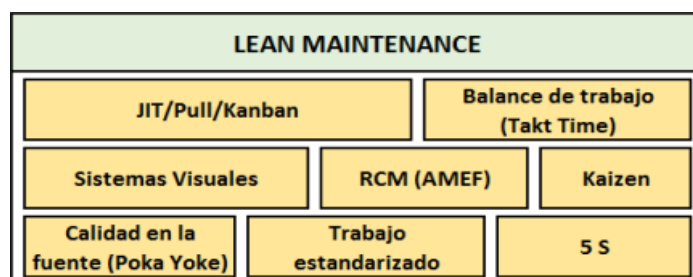


Figura 4. Herramientas de lean maintenance

Fuente: Echegaray (2018, p.5)

Lean es un proceso de aplicar de manera sistémica diversas herramientas que buscan la mejora de los procesos evitando los desechos relacionados a la producción: sobreproducción, esperas, circulación, sobrantes en el procesamiento, inventarios, movimientos y artículos defectuosos. Se busca localizar lo que no es valorativo para los clientes y en consecuencia eliminarlos. Los principios en las que se sostiene el Lean está relacionado con el factor humano y la forma de pensar, sobresaliendo:

- ✓ Trabajo en el lugar de los hechos comprobando lo que ocurre
- ✓ Contar con líderes capaces de orientar a los demás
- ✓ Ser una organización reflexiva y en constantes mejoras.
- ✓ Contar con personal que este en la línea de desarrollo de la entidad.
- ✓ Buscar personal multidisciplinario
- ✓ Descentralización para tomar las decisiones
- ✓ Minimizar el tiempo requerido en producción
- ✓ Asociar funciones y centros de información
- ✓ Lograr compromisos con la dirección en el sistema

Lean. El factor operacional:

- ✓ Simplificar procesos eliminando los innecesarios.
- ✓ Tener un flujo dinámico que verifique los problemas existentes
- ✓ Contar con sistemas "Pull" evitando excesos de producción.
- ✓ Regular la carga laboral.
- ✓ Buscar estándares en labores productivas.
- ✓ Un control visual que permita identificar fallas.
- ✓ Reducir inventarios con el JIT.
- ✓ Minimizar ciclos de fabricación.
- ✓ Lograr eliminar fallas.

Estos factores se toman en cuenta en muchas entidades. Lo fundamental de Lean se da en el análisis y medición de la eficiencia y productividad en los diversos procesos. Por tanto, en el contexto Lean, aquellas labores que no aportan valor, por lo que el cliente desea pagar, constituye un desperdicio. En tal sentido amerita la clasificación y eliminación de manera progresiva de los desechos con los siguientes criterios:

1. Identificar los desechos y el valor añadido en el sistema de la empresa
2. Actuar eliminando los desperdicios mediante el Lean propicio.
3. Logra estándares en las labores añadiendo valor

Pilares: Como hemos comentado antes, Lean es una herramienta que asocia el liderazgo, labores en grupo y solución de inconvenientes, conducente a la mejora efectiva, identificando lo requerido por los clientes, repotenciando al personal y logrando una mejora en procesos. En tal sentido se busca minimizar desechos con miras a brindar al cliente buena calidad,

con excelente servicio la entrega con menor costo. Para ello, se precisa de las herramientas que habíamos comentado antes, como son:

Just In Time: Una filosofía que produce lo que se requiere, cuando se necesita, con buena calidad y sin desperdiciar recursos.

Jidoka: Una filosofía que pretende automatizar con un toque humano.

Según Paredes (2005, p. 3), existen 7 grandes desperdicios, que están involucrados con el mantenimiento:

Sobre producción: Se realizan labores no valorativas por el cliente los cuales no efectúan el pago.

Esperas: Asociado a lo que el personal de mantenimiento tiene que esperar para realizar un servicio.

Transporte: Herramientas que se almacena lejos de la zona de labores, partes que se usan que no han sido agrupadas y ordenadas.

Sobre procesamiento: Aval reiterativo de órdenes de trabajo, con ingreso de datos redundantes, errores de procesos de mantenimiento.

Inventario: Existen en el almacén material obsoleto que raramente se emplea y no se da prioridad a lo que es necesario.

Movimientos: Aquellos movimientos no necesarios en las labores del mantenimiento se dan en las labores de materia prima no valorativa a los resultados.

Defecto: La labor repetitiva debido a una reparación efectuada incorrectamente es un gran desperdicio.

En referencia a las dimensiones como manifestó Paredes (2005), considera como mantenimiento proactivo el mantenimiento planificado y como mantenimiento multihabilidades el mantenimiento autónomo.

El mantenimiento planificado es el conjunto sistemático de labores programadas de mantenimiento cuyo fin es que se tenga operativo los equipos y las actividades se llevará a cabo por personal conocedor en tareas de mantenimiento. (Cuatrecasas L. y Torrell F. 2010, p. 189).

Guariente, Antonioli, Pinto, Pereira y Silva (2017), en su artículo Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer, precisaron que, a través del mantenimiento autónomo, es posible identificar un aumento en la disponibilidad del equipo. (p. 1130)

Ahmad, Kamaruddin y Abdul (2014), en su artículo Development of autonomous maintenance implementation framework for semiconductor industries, mediante un buen mantenimiento a corto plazo se logra mejorar los semiconductores industriales. (p. 274)

Workneh y Shalvapulle (2014), en su artículo Autonomous Maintenance: A Case Study on Assela Malt Factory. Consideraron que el mantenimiento se utiliza para mejorar la producción y reducir el costo de producción. (p. 170)

Agung y Tribblas (2019), en su artículo A Study of Total Productive Maintenance (TPM) and Lean Manufacturing Tools and Their Impact on Manufacturing Performance, consideraron importante generar evaluación de corriente, desarrollar modelos externos para el mantenimiento y ver el impacto que generan. (p. 40)

Kirat (2017), en su artículo Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics Chair of Mechatronics, consideró que sigue el enfoque estructurado para aumentar los niveles de habilidad de los operadores para que puedan comprender, gestionar y mejorar sus equipos y procesos. (p. 18)

El indicador es el Mantenimiento basado en tiempo. Se trata de actividades básicas que permiten un funcionamiento consistente y continuado del equipo, inspeccionando, limpiando, reponiendo y restaurando piezas evitando averías. (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 192).

$$TM = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado}}{\text{Total, horas de mantenimiento efectuado}} \times 100$$

TM: Tiempo de mantenimiento

Mantenimiento autónomo en el que el operador efectúa labores de mantenimiento productivo, con la limpieza y sobre todo advertir de la necesidad del mismo” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 129).

Se considera como dimensión la eficiencia del equipo. El nivel cubre la inspección general y la autónoma del equipo (Cuatrecasas, Torrell, 2010, p.161)

$$IE = \frac{\text{Inspección de equipos efectuados}}{\text{Total, de Inspecciones de equipos programadas}} \times 100$$

IE: Inspección de equipos

Integra Markets (2018), en relación a la labor del mantenimiento considero que prevenir falla es importante y tiene por objetivo organizar tareas de prevención de fallas, no se enfocan en la planificación justificada de actividades sino más bien en la programación de actividades y asignación de recursos. Basándose en la ocurrencia de fallas se establece trabajos preventivos, así mismo basándose en pruebas y observaciones se analizan los equipos a fin de programar tareas que eviten la aparición de nuevas fallas. (p.5)

Sing y Clements (2018), en su artículo Measurement of overall equipment effectiveness to improve operational efficiency, consideraron que las empresas hoy en día se centran e invierten más en la mejora de procesos para evitar averías importantes. (p. 248)

Mehmeti, Mehmeti, B. y Sejdiu (2018), en su artículo The equipment maintenance management in manufacturing enterprises, consideraron que se requiere mantenimiento para equipo porque la eficiencia y calidad de la producción es reducido con el tiempo y las máquinas pueden fallar más a menudo. (p. 800)

Khoshouei, Bagherpour, Hoseinie y Ghodrati (2018), en su artículo precisaron que el mantenimiento se define como acciones técnicas completas, que se toman para proteger o preservar una pieza para que pueda realizar las funciones necesarias dentro del ciclo de vida deseado.

Clarke, Mulryan y Liggan (2010), en su artículo mencionaron que el mantenimiento incluye todas las actividades necesarias para mantener un activo al máximo de funcionamiento condición.

Respecto a la variable dependiente, disponibilidad se tienen las siguientes definiciones:

Según Arques (2009) señaló que es la probabilidad que una máquina efectúe funciones precisas en un momento dado, tal que esté en funcionamiento y este operativo según los protocolos establecidos (p. 69). Al respecto en una entidad de salud es vital la disponibilidad más aun en un momento en que la pandemia requiere celeridad en el uso de equipos médicos para un buen servicio.

Por su parte Gómez (1998) respecto a disponibilidad mencionó que es la capacidad con que se cuenta para dar uso en el momento que se requiera. Esto obviamente se asocia directamente con el mantenimiento, por lo que, es preciso

medir el rendimiento del mantenimiento realizado (p. 70).

Así mismo Knezevic (1996) manifestó que la disponibilidad sintetiza cuantitativamente la funcionabilidad en el equipo. Muchos coinciden que se necesita de ella para la seguridad, ya que no es adecuado un equipo inoperativo. De varias maneras se puede lograr como es el caso de construir equipos fiables de alto costo, también considerar en los procesos que cuando un equipo falle su recuperación sea inmediata. De esa manera se logra tener un sistema eficaz (p. 23).

Por su parte Rodríguez (2008), consideró que la disponibilidad se asocia directamente con el mantenimiento ya que sin el limita su capacidad de servicio. En tal sentido se deduce que es la probabilidad de que un equipo esté preparado para funcionar en un tiempo determinado evitando las averías. En forma práctica

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

se asocia los tiempos medios entre fallos y tiempos medios de reparación como sigue:

D: Disponibilidad,

TMEF: Tiempo medio entre fallas y TMDR: Tiempo medio de reparación.

Las dimensiones de disponibilidad se consideró la fiabilidad y la disponibilidad.

Respecto a la Fiabilidad Gonzales (2005) precisó que constituye la probabilidad que el equipo realice su función en situaciones de utilización, sin fallas (p. 66).

Al respecto Creus (2005) consideró que la fiabilidad constituye la probabilidad del funcionamiento correcto de un equipo en periodo fijado en condiciones normales (p. 27)

También Rodríguez (2008, p. 6) precisó que la fiabilidad se socia a que un equipo funcione, en condiciones específicas, y en un periodo determinado. En tal sentido el TMEF caracteriza la fiabilidad del equipo.

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NFD}$$

Siendo: TMEF: Tiempo promedio entre fallas

HROP: Horas de operación

NFD: Número de fallas detectadas

Sobre Mantenibilidad, Gonzales (2005), mencionó que es la probabilidad que un equipo luego de fallar se ponga operativo dentro del periodo establecido (p. 66) También Creus (2005), mencionó que la mantenibilidad es la probabilidad del equipo, ser puesto en operatividad completamente en un tiempo fijado cuando la acción de reparación se realiza según los procedimientos establecidos (p. 37). Por su parte Rodríguez (2008) mencionó que es la probabilidad del equipo en periodo de falla, sea reparado en las condiciones establecidas y un periodo de tiempo definido. En tal sentido el TPMR asocia a la mantenibilidad del equipo.

$$\text{TPMR} = \frac{\text{TTF}}{\sum \text{NFD}}$$

TPMR: Tiempo de reparación

TTF: Tiempo total de fallas

NFD: Número de fallas detectada

Asamba (2018), en su artículo sobre equipos y máquinas biomédicos precisaron que se utilizan para el diagnóstico. Algunos se usan para el tratamiento, como bombas de infusión, láser y máquinas quirúrgicas.

Por su parte Orozco, Narváez, Galvis y Cano (2015), mencionaron en su artículo que:

La Gestión de mantenimiento de equipos biomédicos, es cada vez importante por la creciente demanda en los hospitales, el costo alto que tienen estos equipos y su constante mejora siendo preciso mejorar los procesos de calidad de los equipos, así se asegura la calidad de tratamiento a los pacientes.

También Ladanza, Gonnelli, Satta y Gheraldelli (2019), mencionaron que:

El mantenimiento es importante en la gestión del ciclo de vida de los equipos médicos. Este tiene que ver con el monitoreo continuo del rendimiento del equipo, a partir de la evidencia, el estado actual en términos de historial de fallas, y la mejora de su efectividad al hacer los cambios necesarios.

Por su parte Medenou et al. (2019), precisaron que:

Las herramientas del Sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS) ofrecen oportunidades sin precedentes para optimizar la organización y gestión de dispositivos médicos para satisfacer necesidades locales reales y enfrentar las limitaciones económicas y organizativas locales. De esta forma se dinamiza la labor de mantenimiento ya que es un complemento para el personal técnico de mantenimiento para lograr la disponibilidad de los equipos en los momentos requeridos.

Johnson (2016), en relación a la regulación de dispositivos médicos, la seguridad de todos dispositivos antes de que entren en el mercado, es esencial considerar para determinar su importancia en el uso y que las condiciones de control y mantenimiento favorezca su disponibilidad y confiabilidad de los equipos que se adquiere para el servicio de los pacientes de manera continua. (p. 26)

Kumar y padhi (2011), en su artículo precisaron que las fallas en los equipos son las principales causas de la baja disponibilidad por lo que es preciso reducir el tiempo de inactividad.

Dos Santos, García y Aquino (2016), en su artículo precisaron que el nivel de disponibilidad afecta directamente a la planificación de la capacidad del proceso de producción. Así, la disponibilidad establece una directa relación con la capacidad de producción ya que es una medida del tiempo en el que la el equipo estará disponible para las operaciones de producción.

III. MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El presente proyecto es de tipo aplicada, según Ñaupas (2014) indicó que: “está orientado a resolver inconvenientes diversos, en especial aquellos industriales, de infraestructura, comerciales, comunicacional, servicio, etc.” (p.93).

Por su nivel es explicativa ya que va a explicar con la herramienta Lean Maintenance la mejora de la disponibilidad de equipos médicos en el hospital de Chancay y S.B.S Dr. Hidalgo Atoche López. Al respecto fundamentan Hernández, Fernández y Baptista (2014), “el nivel explicativo precisa explicar la ocurrencia de un fenómeno y las circunstancias en que se manifiesta o como se asocian dos o más variables” (p. 95)

Según el enfoque la investigación es cuantitativa, debido a la obtención de datos serán expresadas numéricamente para el procesamiento estadístico. Al respecto Hernández, Fernández & Baptista (2014) mencionaron que: “El Enfoque III ME cuantitativo, hace uso de datos probando hipótesis de manera cuantitativa y estadísticamente, con la finalidad de establecer criterios y probar teorías” (p.4).

Diseño de investigación

El diseño es experimental, ya que la variable independiente, se someterá a estímulos con fines de evaluar el efecto que se da en la variable dependiente. Hernández *et al.* (2014) precisaron que “el diseño experimental se socia a la manipulación intencional con fines de analizar los posibles resultados”. (p. 121)

El tipo de diseño fue pre experimental ya que se hacen mediciones pre y post a la variable dependiente disponibilidad. Al respecto Hernández, Fernández & Baptista (2014) mencionaron que: “A un grupo se le aplica la prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, luego se hace el tratamiento y finalmente considera una prueba posterior al estímulo”. (Hernández, 2014, p 136)

G: O1 x O2

G: Grupo

O1: Pretest (datos de eficiencia antes de aplicar Lean Maintenance)

O2: Posttest (datos de eficiencia después de aplicar Lean

Maintenance) x: Tratamiento (Aplicación de Lean Maintenance)

El alcance temporal tiene enfoque longitudinal, dado que hay recolección de datos y luego se hace el análisis de la información numérica lograda con fines de hacer los correctivos precisos. Hernández, Fernández & Baptista (2014) al respecto mencionaron que: “los diseños longitudinales obtienen datos para efectuar inferencias respecto al problema de investigación, sus causa y efectos” (p.159)

3.2 Variables operacionalización

Variable independiente: Lean Maintenance

Según Paredes (2005), preciso que el Lean Maintenance es parte del mantenimiento proactivo que emplean las labores del mantenimiento planificado y programado a partir de las prácticas de mantenimiento productivo total, usando las estrategias del mantenimiento desarrollados de acuerdo al mantenimiento centrado en la confiabilidad y puesto en práctica de equipos de acción empoderada. (p. 2)

a1. Dimensiones

a.1.1 Mantenimiento planificado

Grupo sistematizado de labores programadas de mantenimiento cuyo fin es que se tenga operativo los equipos y las labores se llevará a cabo por personal conocedor en labores de mantenimiento. (Cuatrecasas L. y Torrell F. 2010, p. 189).

En este caso se pone énfasis en las horas de mantenimiento que nos permita saber si es correcto el servicio o no

$$TM = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado}}{\text{Total, horas de mantenimiento efectuado}} \times 100$$

TM: Tiempo de mantenimiento

a.1.2 Mantenimiento autónomo

El operario efectúa actividades de mantenimiento productivo, incluso limpieza, como aquellas asociadas al Mantenimiento Preventivo, y precisar de la necesidad del mismo” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 129).

En este caso se requiere mejorar las condiciones de operatividad de los equipos estableciendo las inspecciones como algo adicional, ya que se tendrá un registro del mismo para la toma de decisiones.

$$IE = \frac{\text{Inspección de equipos efectuados}}{\text{Total, de Inspecciones de equipos programadas}} \times 100$$

IE: Inspección de equipos

Variable dependiente: Disponibilidad

Según Arques (2009) señaló que la disponibilidad es la probabilidad que un equipo efectúe funciones precisas en un momento dado, tal que esté en funcionamiento y este operativo según los protocolos establecidos (p. 69).

a2. Dimensiones

a.2.1 Fiabilidad

Rodríguez (2008, p. 6) precisó que es la probabilidad de que un equipo funcione, en condiciones específicas, y en un periodo determinado. En tal sentido la media de tiempo entre fallos (TMEF) caracteriza la fiabilidad del equipo.

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NFD}$$

Siendo:

TMEF: Tiempo promedio entre fallas HROP:

Horas de operación

NFD: Número de fallas detectadas

En este caso se mide la secuencia de fallas que se presentan en las diversas áreas del Hospital con fines de minimizar las fallas.

a.2.2 Mantenibilidad

Rodríguez (2008) mencionó es la probabilidad que una máquina en situación de falla sea reparada en las condiciones establecida y un periodo de tiempo definido. En tal sentido la media de tiempo de reparación (TPMR) asocia a la mantenibilidad del equipo.

$$TPMR = \frac{TTE}{\sum NFD}$$

Tal que:

TPMR: Tiempo de

reparación TTE: Tiempo

total de fallas

NFD: Número de fallas detectada

En este caso es preciso identificar como se lleva a cabo el proceso de reparación de mantenimientos en un tiempo determinado.

Operacionalización de variables

Tabla 5. Matriz de operacionalización de variables

Aplicación Lean Maintenance para mejorar disponibilidad de equipos médicos en Hospital de Chancay y S.B.S Dr. Hidalgo Atoche López 2020					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I. Lean Maintenance	Según Paredes (2005), preciso que el Lean Maintenance es una operación de mantenimiento proactivo que emplean las labores del mantenimiento planificado y programado a partir de las prácticas de mantenimiento productivo total, usando las estrategias del mantenimiento desarrollados mediante la aplicación de la decisión lógica del mantenimiento centrado en la confiabilidad y puesto en práctica de equipos de acción empoderada. (p. 2)	La aplicación del Lean Maintenance se mide considerando el mantenimiento planificado y el mantenimiento autónomo, midiendo los tiempos e inspecciones respectivamente	Mantenimiento planificado	$TM = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado} \times 100}{\text{Total, horas de mantenimiento efectuado}}$ TM: Tiempo de mantenimiento	RAZÓN
			Mantenimiento autónomo	$IE = \frac{\text{Inspección de equipos efectuados}}{\text{Total, de Inspecciones de equipos programadas}} \times 100$ IE: Inspección de equipos	RAZÓN
V.D. Disponibilidad	Según Arques (2009) señaló que la disponibilidad es la probabilidad que un equipo efectúe funciones precisas en un momento dado, tal que esté en funcionamiento y este operativo según los protocolos establecidos (p. 69).	Las entidades miden la disponibilidad en función de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, la cual se basa en evaluar las fallas de los equipos	Fiabilidad	$TEMF = \frac{HROP}{\sum NFD}$ TEMF: Tiempo promedio entre fallas HROP: Horas de operación NFD: Número de fallas detectadas	RAZÓN
			Mantenibilidad	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NFD}$ TPMR: Tiempo de reparación TTF: Tiempo total de fallas NFD: Número de fallas detectada	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Según Valderrama (2015), la población constituye un grupo de la totalidad de las medidas de variables en estudio, en unidades del universo. (p. 183). Andrade, Cabezas y Torres (2018), consideraron que “son grupo de elementos con características comunes tal que se obtienen conclusiones válidas en la investigación” (p. 88). También Magid (2016), consideró que “la población de interés es el objetivo del estudio que pretende estudiar o tratar” (p. 3). También Magid (2016), consideró que “la población de interés es el objetivo del estudio que pretende estudiar o tratar” (p. 3).

En la investigación la población lo conforman los mantenimientos efectuados a los equipos médicos.

Criterio de inclusión: La población está comprendida entre los días lunes y sábado.

Criterio de exclusión: La población no abarca los domingos.

Tabla 6. Equipos de área covid

No	Área	Equipo	Cantidad	Cantidad de Mantenimientos por mes	Total mantenimientos trimestre
1	UCI COVID	Monitor multiparámetro	2	1	6
		Ventilador mecánico	2	1	6
		Pulsioxímetro	2	1	6
2	HOSPITALIZACIÓN COVID	Equipo de RX portátil	1	1	3
3	TRAUMA SHOCK COVID	Monitor multiparámetro	2	1	6
		Pulsioxímetro	2	1	6
4	EMERGENCIA MATERNO COVID	Monitor multiparámetro	1	1	3
		Monitor fetal	1	1	3
		Baby ppler	1	1	3
		Tensiómetros	1	1	3
		Ecógrafos	2	1	6
		Pulsioxímetro	2	1	6
5	TRIAJE COVID	Pulsioxímetro	1	1	3
TOTAL			20	13	60

Fuente: Hospital de Chancay

Muestra

Valderrama (2015, p. 184), precisó que es un subgrupo representativo de la población, las que reflejan los atributos de la población.

Según Hayes (1999), en el caso de ser la muestra igual a la población se considera de tipo censal ya que es preciso obtener información de toda la población. La muestra de estudio en la presente investigación fue definida por el autor de tipo intencional, durante el mes de marzo, abril y mayo del 2020 con 28 días laborables. Se tomará en cuenta los mantenimientos a los 20 equipos de 5 áreas vinculadas a la atención de pacientes COVID, siendo en total 60 mantenimientos. Se trata de recabar información de todos los equipos médicos de Covid de manera integral por la función que cumplen en cuanto a preservar la salud del paciente.

Muestreo

Según Valderrama (2015), precisó que “el muestreo es un proceso en el que se selecciona la fracción de población representativa con fines de estimar parámetros”. (p. 182).

En el estudio, el muestreo es con toda la muestra del período indicado.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Bernal (2010), precisó que “existen diversas técnicas o instrumentos para recolectar de información en la labor de campo de una investigación. Según el método y la investigación a realizarse, se hace uso de unas u otra técnica” (p. 196). También Según Baena (2017), “los instrumentos representan un respaldo para que las técnicas cumplan su misión”. (p. 68)

En el presente proyecto de investigación se considera el método de observación de campo que consiste en registrar sistemáticamente siendo válido y confiable según indicadores de variables, siendo la fuente primaria, realizando con las fichas de recolección y fichas técnicas para reportar los mantenimientos. Como fuentes secundarias son tesis, revistas científicas y artículos vinculados a la investigación.

Instrumentos de recolección de datos

Hernández *et al.* (2014), mencionaron que el instrumento de mediada adecuado permite registrar datos visibles que se refieren a las variables que el investigador considera (p. 199).

Valderrama (2015) afirma que, “los instrumentos son medios válidos para recoger

y almacenar la información” (p.195).

Para la investigación los instrumentos de medición para la recolección de datos sobre Lean Maintenance y disponibilidad de equipos médicos se considera.:

- ✓ Cronogramas de mantenimiento
- ✓ Formatos de mantenimiento
- ✓ Formatos de revisión técnica de equipos médicos
- ✓ Fichas de recolección de datos de los mantenimientos y disponibilidad

Validación y confiabilidad del instrumento.

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014), sobre la validación precisaron que “Es el grado mediante el cual el instrumento hace posible las mediciones de variables” (p.200). También Hernández, Fernández & Baptista (2014) respecto a la confiabilidad mencionaron que “Se da cuando el instrumento utilizado obtiene logros consistentes” (p.200).

En la investigación se validó los instrumentos por juicio de expertos, analizando y verificando los instrumentos a utilizar y comprobando que hay relación entre las variables y dimensiones propuestas, logrando opiniones favorables y recomendaciones de los especialistas.

Tabla 7. Validación y juicio de expertos

Grado	Nombre
Mg.	Rodríguez Alegre Lino
Mg.	Molina Vílchez Jaime Enrique
Mg.	Egusquiza Rodríguez Margarita Jesús

Fuente: Elaboración propia

Las validaciones de los expertos se tienen en los anexos correspondientes.

También Valderrama (2015), mencionó que “La confiabilidad del instrumento es cuando da resultados consistentes aplicados en diferentes ocasiones, evaluando el instrumento a la misma muestra en momentos diferentes” (p. 215).

Al respecto se logró extraer los datos proporcionada por el responsable del área de mantenimiento. Esta información resulta confiable puesto que represente en su verdadera magnitud lo que ocurre el en área de mantenimiento en las fases pre y post de recolección de datos.

3.5 Procedimientos

En la presente tesis se efectuó la recolección de datos en las fichas correspondientes mediante las coordinaciones con la jefatura del área y con la participación del personal del área. Del mismo modo hubo reuniones para definir las mejoras en el área respecto al problema existente.

Desarrollo de la propuesta

Reseña histórica

El Hospital de Chancay y SBS “Dr. Hidalgo Atoche López”, se inauguró el 17 de setiembre de 1971, durante el segundo gobierno del General Juan Velasco Alvarado, cuyo Ministro de Salud fue el Gral. FAP Fernando Miro Quesada Bahamonde. Con el apoyo del gobierno de Alemania se construyen dos centros de salud gemelos en infraestructura de Puente Piedra y de Chancay en un área de 6273 m². Se crea el Servicio Básico de Salud de Chancay como órgano descentralizado de la dirección regional de salud III, Lima Norte, teniendo a su cargo la formulación, planificación, organización, ejecución y evaluación de las acciones integrales de salud en el ámbito de la jurisdicción de los distritos de Chancay y Aucallama de la provincia de Huaral, departamento de Lima. La misión es brindar atención integral y especializada de salud a la población del Hospital de Chancay y SBS de la región Lima con equidad, calidad y transparencia, priorizando grupos vulnerables, en concertación con los sectores público, privado y otros actores sociales. La visión del hospital es brindar servicios de salud de calidad desarrollando una eficiente gestión por resultados, promoviendo estilos de vida saludable a la población de la Región.

La Misión es brindar atención integral y especializada de salud a la población del Hospital Chancay y SBS de la Región Lima, con equidad, calidad y transparencia; priorizando grupos vulnerables, en concertación con los sectores público, privado y otros actores sociales.

La visión es ser institución especializada y acreditada con recurso humano competente y comprometido en brindar servicios de salud de calidad, desarrollando una eficiente gestión por resultados, promoviendo estilos de vida saludable a la población de la región. (Hospital Chancay, 2020).

Un organigrama es una expresión gráfica de la estructura de puestos y jerarquías, el cual es funcional en tanto que expresa el área de trabajo: dirección (máximo puesto), ventas, producción, finanzas, entre otros (departamentos subordinados de primera línea). Un organigrama funcional incluye puestos menores. (HERNÁNDEZ, Sergio, 2006, p.75)

El organigrama de la institución es de tipo lineal y funcional integrada por departamentos en línea, área administrativa, de planeamiento, unidad de epidemiología, unidad de gestación y el órgano de control.

Se realizó las prácticas en la unidad de servicios generales y mantenimiento que depende de la oficina de administración, como constan en la figura 1, donde se cumplen funciones específicas del mantenimiento de los equipos médicos.

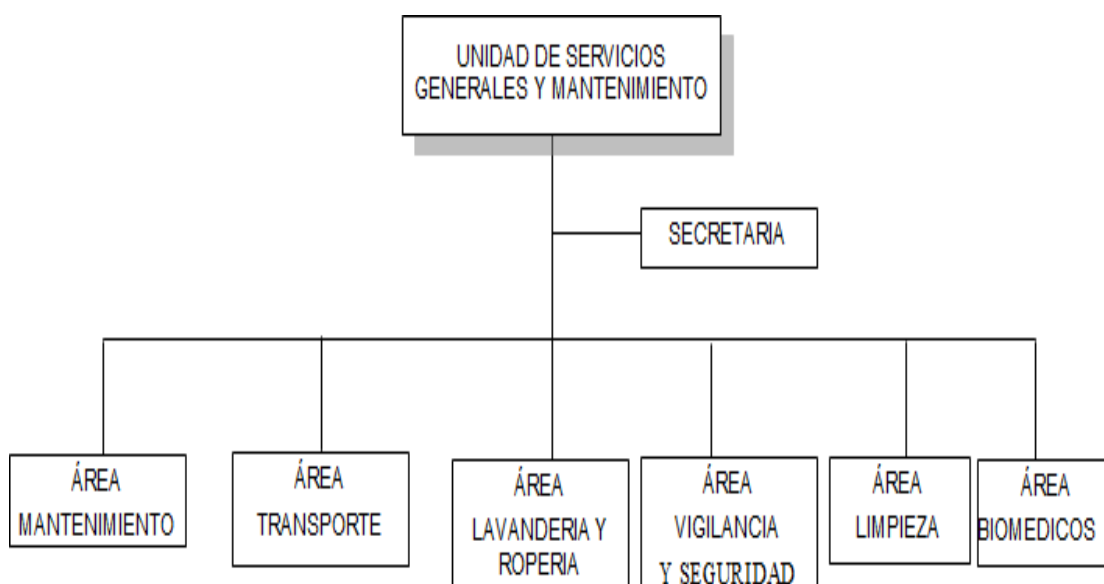


Figura 5. Organigrama funcional

Situación actual del Hospital

El área de Mantenimiento que está dentro del organigrama funcional de la Unidad de Servicios Generales busca mejorar la capacidad operativa del Hospital mediante el desarrollo y fortalecimiento de los servicios de mantenimiento y conservación.

Disponer de instrumentos y materiales eficaces, administrativos y técnicos en la toma de decisiones a fin de efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo. En tal sentido reducir las tasas actuales de deterioro es la prioridad, evitando altas

pérdidas de inversión de capital y elevados costos de operación.

En el área de mantenimiento se encuentra deficiencia marcada en los equipos al ser derivados al área correspondiente son sometidos a revisión y su respectiva reparación en caso de estar con avería, sin embargo, por la falta de repuestos y materiales idóneos no se logra que el equipo este en perfectas condiciones generando fallas en operación lo cual es perjudicial para los pacientes que requieren su operatividad. Es preciso por tanto replantear la labor dando mayor entrenamiento técnico al personal y abasteciendo el área de repuestos originales.

Recolección de datos (Pre test)

Se procedió a recolectar en el periodo marzo a mayo del 2020, considerando 12 semanas y se tomó en cuenta las dos variables que nos permita identificar la situación actual ocurrida en el área de mantenimiento de equipos médicos, considerando 5 áreas de servicio donde están distribuidos los equipos.

Variable independiente: Lean Mantenaice

Tabla 8. Medición de dimensiones de variable independiente

Variable Lean Maintenance					Variable Lean Maintenance				
Dimensión		Mantenimiento planificado			Dimensión		Mantenimiento autónomo		
Meses del 2020	Periodo	Horas de mantenimiento planificado	Total horas de mantenimiento efectuado	Tiempo de mantenimiento %	Meses del 2020	Periodo	Inspecciones de equipos efectuados	Total de inspecciones de equipos programados	Inspección de equipos
MARZO	semana 1	10	15	67%	MARZO	semana 1	1	2	50%
	semana 2	10	13	77%		semana 2	1	2	50%
	semana 3	10	14	71%		semana 3	1	2	50%
	semana 4	10	11	91%		semana 4	1	2	50%
ABRIL	semana 1	10	12	83%	ABRIL	semana 1	1	2	50%
	semana 2	10	11	91%		semana 2	2	2	100%
	semana 3	10	15	67%		semana 3	1	2	50%
	semana 4	10	12	83%		semana 4	2	2	100%
MAYO	semana 1	10	13	77%	MAYO	semana 1	1	2	50%
	semana 2	10	12	83%		semana 2	1	2	50%
	semana 3	10	13	77%		semana 3	2	2	100%
	semana 4	10	11	91%		semana 4	1	2	50%

80%

63%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se tiene que el mantenimiento planificado tiene un promedio de 80% y el mantenimiento autónomo un 63%, con lo que se observa que tienen un porcentaje por debajo del promedio establecido por la empresa cuya meta es alcanzar el 95% de promedio en ambas dimensiones de la variable independiente. En el ámbito hospitalario el mantenimiento planificado no se cumple a cabalidad debido a que por la naturaleza del servicio no están alineados a los requerimientos y se precisa de más horas para cumplir con las programaciones.

Variable dependiente: Disponibilidad

TABLA 4. Medición de dimensiones de variable dependiente

Variable Disponibilidad					Variable Disponibilidad				
Dimensión Fiabilidad					Dimensión Mantenibilidad				
Meses del 2020	Periodo	Horas de operación	Numero de fallas detectadas	Tiempo promedio entre fallas	Meses del 2020	Periodo	Tiempo total de fallas	Numero de fallas detectadas	Tiempo de reparacion
MARZO	semana 1	15	2	7.50	MARZO	semana 1	3	2	1.50
	semana 2	13	1	13.00		semana 2	5	1	5.00
	semana 3	14	3	4.67		semana 3	4	3	1.33
	semana 4	11	2	5.50		semana 4	2	2	1.00
ABRIL	semana 1	12	4	3.00	ABRIL	semana 1	6	4	1.50
	semana 2	11	1	11.00		semana 2	5	1	5.00
	semana 3	15	3	5.00		semana 3	3	3	1.00
	semana 4	12	4	3.00		semana 4	4	4	1.00
MAYO	semana 1	13	2	6.50	MAYO	semana 1	6	2	3.00
	semana 2	12	4	3.00		semana 2	3	4	0.75
	semana 3	13	3	4.33		semana 3	2	3	0.67
	semana 4	11	2	5.50		semana 4	4	2	2.00
6.00					1.98				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, de las dimensiones de la variable dependiente se tiene que se tiene que las fiabilidades de los equipos tienen un promedio de 6 comprobando que hay constantes fallas que se presentan en los equipos semanalmente. También de la dimensión mantenibilidad el promedio es 1.98 siendo un valor relativamente alto que asocia el tiempo de fallas y el número de fallas detectadas.

problemas más críticos y que son relevantes en el planteamiento de la mejora.

Investigación de causas más importantes

Al identificar las causas más importantes se tiene que el incumplimiento del plan de mantenimiento se presenta como una principal ya que no se tiene definido adecuadamente su aplicación, no se tiene evidencias registradas de las fallas y reparaciones de los equipos hechos en su momento para hacer el seguimiento a los equipos, la medición de calidad de los equipos no son conformes puesto que se requiere que el personal identifique adecuadamente el estado del equipo, hace falta manuales instructivos, los materiales son de baja calidad para garantizar un buen servicio en el mantenimiento de los equipos, se tienen herramientas malogradas que no fueron renovadas lo que dificulta la labor y finalmente hay carencia de procedimientos de control.

Implementación de la propuesta

Luego de analizar el contexto presente en la investigación, se decidió hacer la implementación de Lean Maintenance para mejorar disponibilidad de equipos médicos y de esta forma no se perjudique a los pacientes durante su tratamiento o intervención de urgencia que asegure su pronta recuperación en salvaguarda de su vida.

Se realizó una inspección piloto a algunos equipos para observar las acciones que podían aplicarse. Se encontró que los equipos estaban encendidos, algunos mostraban fallas y descalibraciones y presentaban polvo acumulado por falta de mantenimiento, todos estos factores, como se sabe influyen el tiempo de vida del equipo.



Figura 6. Inspección de equipos

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró el plan de mantenimiento que proponía hacer las siguientes modificaciones:

Desmontaje de los componentes que conforman el equipo (módulos, fuentes, tarjetas, computado, etc.) para poder hacer una limpieza eficiente de cada uno de los mismos y del chasis de equipos.

Se independizó los circuitos eléctricos en dos, uno que controlaría las fuentes, módulos y tarjetas, este circuito se propuso instalarle un sistema de protección y control, y un contactor junto con un reloj horario, que cumplirían la función de controlar las horas. El segundo circuito, se propuso que controle los equipos instalando estabilizadores de energía, para amortiguar los picos de corriente y tensión en la red, y las posibles fluctuaciones; ya que son los únicos elementos que deberían permanecer encendidos las 24 horas del día para su gestión en remoto. La propuesta de mejora también contempló la instalación y reemplazo de los equipos averiados.

Luego de realizadas todas las modificaciones, se hizo un peinado de todos los equipos operativos, de tal manera que identifique y sea más fácil el mantenimiento, registrando en las fichas elaboradas para tal fin.

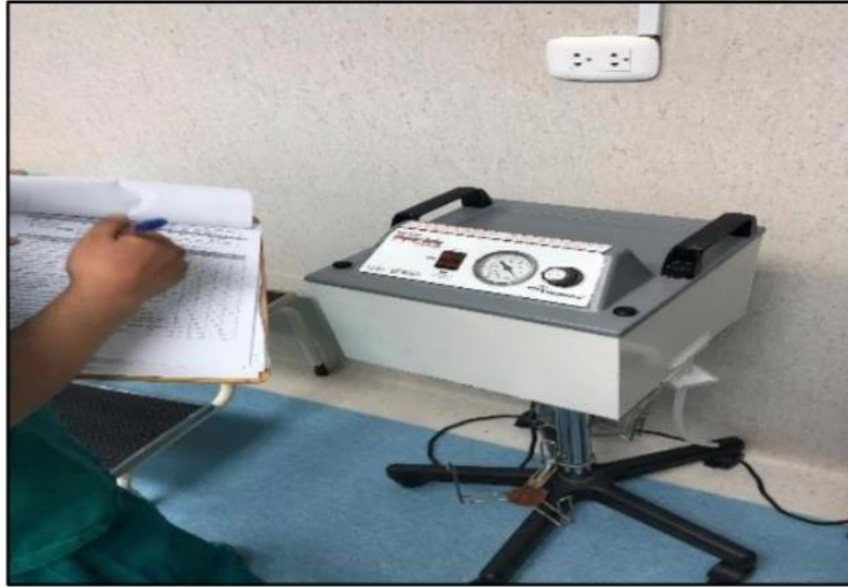


Figura 7. Registro en ficha de situación de equipo en área correspondiente

Fuente: Elaboración propia

Aprobación de Plan de Mejora:

Se hizo la lista de materiales que se utilizarían en el proyecto y se realizó una cotización para el cálculo del costo del proyecto, llegando a un costo estimado de **S/ 8,000** con posibles variaciones de acuerdo con la variación de la fecha que se genere la orden de compra más IGV.

Se programó una reunión con la gerencia y sustentar las implicancias, costo de inversión, tiempos a ejecutar el plan, y beneficios de la inversión. Luego del visto bueno se generó la orden de compra respectiva.

Ejecución de Plan de Mejora:

Para poner en marcha el proyecto, se capacitó a los técnicos implicados, dando los alcances y el fin a lograr con el proyecto; reconocimiento de campo para ver la mejor forma de ejecutar los trabajos.

La programación de los trabajos a ejecutar fue enviada al área correspondiente para que programen el ingreso del personal en horas de la noche y en las fechas correspondientes a cada labor.

Los técnicos, también recibieron inducción de trabajos e quienes se encargan de las operaciones de mantenimiento.

Los trabajos fueron desarrollados de acuerdo con lo establecido en el cronograma y orden correspondiente, el plan contempló detalles de contingencia frente a inconvenientes.

También se estableció un plan de mantenimiento programado que debe llevarse a cabo con rigurosidad, respetando tiempo y especificaciones que demanda tal plan. Para ello se tomó en consideración lo siguiente:

- ✓ Mejorar la efectividad de los equipos con la participación del personal de mantenimiento.
- ✓ Mejorar las habilidades y capacidades de los personales de mantenimiento para mantener altos niveles de eficiencia en la revisión de los equipos médicos.
- ✓ Reportar todas las fallas que no puedan repararse en el momento de su detección para programar su pronta reparación.
- ✓ Áreas de trabajos, máquinas y componentes de equipos limpios y ordenados.

Se elabora el flujograma del área biomédica donde se definen labores de servicio generales y mantenimiento, unidad logística de adquisiciones, taller biomédico y servicios usuarios. Es importante identificar la competencia de cada unidad ya que tienen impacto en la programación de labores de mantenimiento que son relevantes para el buen funcionamiento del área.

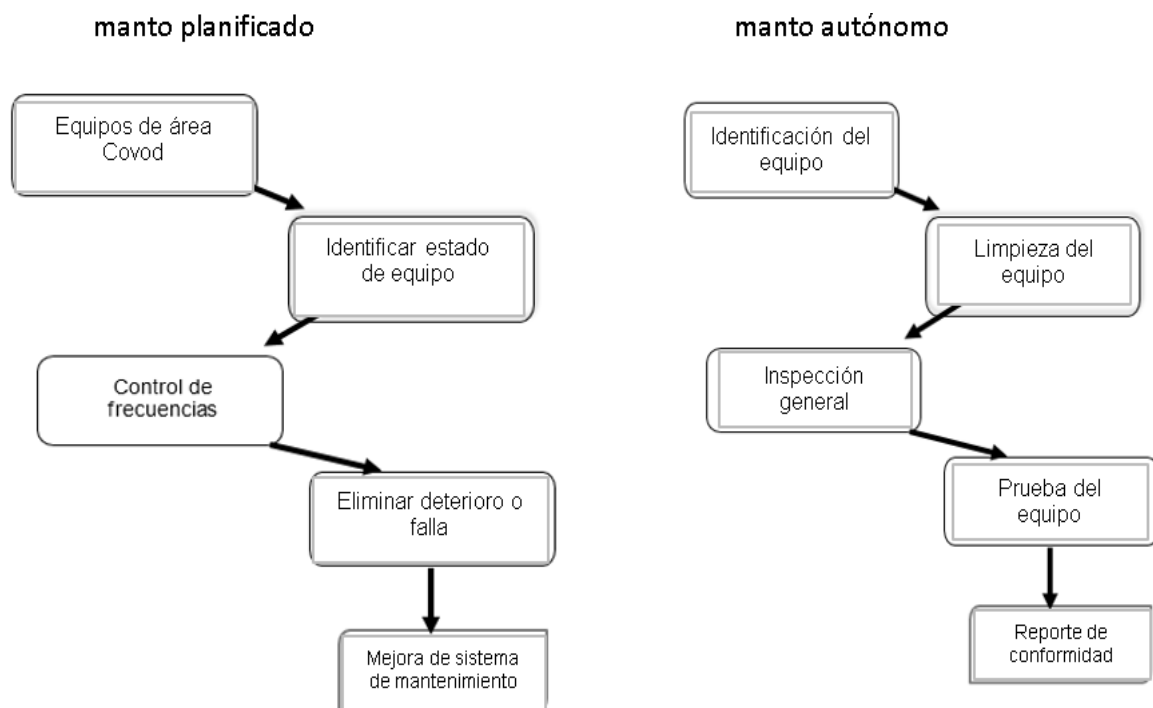


Figura 8. Flujo del proceso de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 8, se pone énfasis en la mejora del sistema de mantenimiento planificado, de tal manera que se tenga mayor tiempo de operatividad de los equipos y estén disponibles. También se tengan los equipos con el mantenimiento autónomo en condiciones favorables para tener la conformidad durante su funcionamiento puesto que es primordial su conformidad para que los usuarios pacientes del Hospital tengan la asistencia de estos equipos muy relevantes para el cuidado de la integridad y salud del paciente.

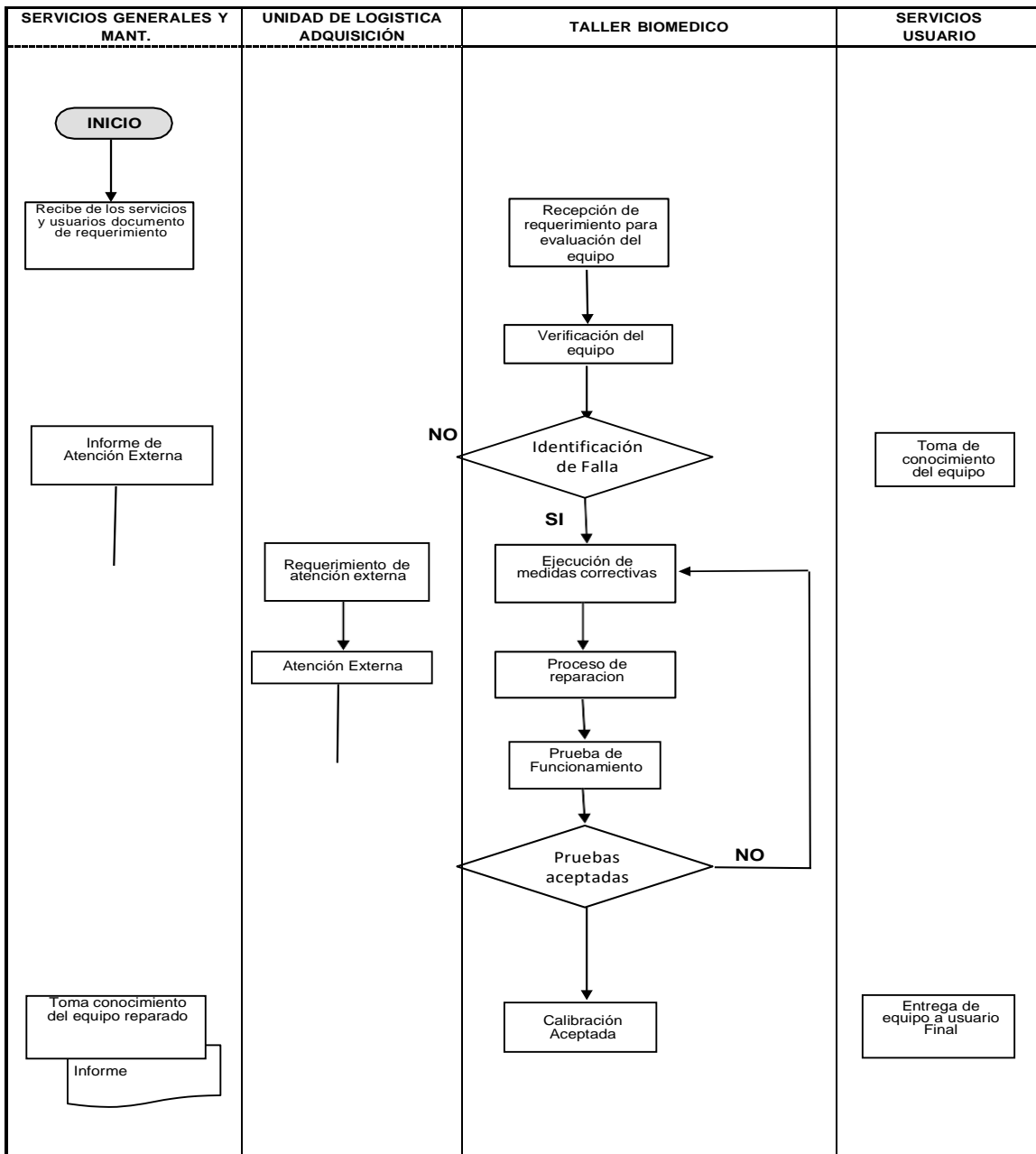


Figura 9. Área biomédica

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, se tiene el flujo por el que los equipos médicos siguiendo el procedimiento de verificar los equipos y según ello hacer la intervención y luego de verificar su conformidad se emite el equipo con el informe para su uso respectivo.

Mantenimiento autónomo

Limpieza inicial

Para realizarlo cada unidad se organizó en grupos por turno de trabajo, donde el líder del grupo del mantenimiento es el Jefe del área; los grupos del mantenimiento deben realizar una eficiente limpieza en cada equipo ya que, al no tener una buena práctica de limpieza, los equipos son afectados en sus sistemas eléctricos, mecánicos y posterior a ello el equipo podría sufrir fallas produciendo la parada operacional.

Al momento de realizar la limpieza el personal encontró desperfectos o anomalías en los equipos y componentes. Es por ello que el personal fue capacitado en la clasificación de anomalías a través de manuales e instruidos en el uso de tarjetas para señalar las anomalías.



Figura 10. Limpieza de equipos médicos

Fuente: Elaboración propia

Eliminación de fuentes de contaminación

En este paso se hacen mejoras para prevenir o eliminar la contaminación de los sistemas la cual nos permitirá hacer más seguro las actividades de verificación de las condiciones de los equipos y componentes.

Se programó las actividades y se realizó los siguientes trabajos:

- ✓ Limpieza general de equipos
- ✓ Limpieza de la unidad de potencia

- ✓ Limpieza de los componentes del equipo
- ✓ Engrasar todos los puntos de engrase de los equipos y componentes.
- ✓ Cambiar partes de los equipos
- ✓ Proteger superficies de componentes con grasas, guardas o plásticos para evitar la oxidación



Figura 11. Eliminación de focos de contaminación

Fuente: Elaboración propia

Establecimiento de Estándares

Este paso tiene como objetivo la formulación de estándares de trabajo que permitan al personal realizar las tareas de limpieza, inspección, lubricación con el mínimo tiempo y esfuerzo. Dichos estándares serán elaborados por el personal de mantenimiento en base a la información recopilada en los dos pasos anteriores. Los estándares serán presentados como el tiempo disponible para limpieza, lubricación, y detectar las anomalías

PARA SER LLENADO POR LA PERSONA QUE IDENTIFICÓ LA ANOMALÍA							PARA SER LLENADO POR EL SUPERVISOR							
N°	FECHA	REPORTADO POR:	EQUIPO	UBICACIÓN DE LA ANOMALÍA (Parte del Equipo)	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	Tipo de Mantto.	Prioridad de la Anomalia	Categoría de la Anomalia	Responsable de ejecutar anomalia	Generador del aviso	Fecha creado en SAP	Clase de aviso	N° Aviso	Fecha de Cierre de Anomalia
							V1 AL V4	1 al 7	Oper. Man.					
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
PRIORIDAD DE LA ANOMALIA		V1 - MUY ALTO				1		Pequeñas Deficiencias						
		V2 - ALTO				2		Incumplimiento de condiciones básicas						
		V3 - MEDIO				3		Lugar de difícil acceso						
		V4 - BAJO				4		Fuentes de suciedad						
				CATEGORIA DE ANOMALIA		5		Fuentes de defectos de calidad						
						6		Elementos Inesenciales						
						7		Condiciones Inseguras						

Figura 12. Formato de registro de anomalías

Fuente: Elaboración propia

PILAR: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			MES:									
N°	Participantes	ÁREA	S1		S2		S3		S4		S5	
			Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
Invitados		ÁREA	S1		S2		S3		S4		S4	
			Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
13												
14												
15												
16												
17												
18												

Asegurar la participación del personal en las reuniones

Figura 13. Formato de chequeo de actividades

Fuente: Elaboración propia

PLAN DE ACCIÓN-REUNIÓN AUTÓNOMO					
FECHA: _____					
LÍNEA: _____					
RESPONSABLE: _____					
OPORTUNIDAD	PLAN DE ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA ENTREGADA	STATUS
ASISTENTE A LA REUNIÓN					
OPERADORES	MIEMBROS DE MANTENIMIENTO		MIEMBROS DE CALIDAD		

Figura 14. Plan de acción

Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento Planificado

Inspección General

Los pasos anteriores de limpieza inicial, eliminación de fuentes de contaminación y el establecimiento de estándares se realizan para evitar el deterioro y controlar las condiciones básicas de mantenimiento de los equipos. Pero a partir de este paso, intentamos medir el deterioro con una inspección general de la máquina y componentes. Adicionalmente, al trabajar restaurando las buenas condiciones de operación de los equipos y componentes, se incrementa la competencia del personal de mantenimiento.

El entrenamiento y capacitación en inspección general se realizó a todo el personal de mantenimiento. Este ciclo de entrenamiento, ayudo enormemente en prevenir desgastes o condiciones sub estándares de los equipos y componentes preservando y aumentando la vida útil de los mismos.

Tabla 10. Lista de personal capacitado en la unidad de servicios generales y mantenimiento

ítem	Nombres y Apellidos	Condición laboral	Profesión	Especialidad	capacitación en el presente
1	CHANGANA VELIZ EDUARDO ESTEBAN	NOMBRADO	TECNICO	OPERADOR DE CASA DE FUERZA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
2	LLASHAG DE LA CRUZ GUILLERMO JACINTO	NOMBRADO	TECNICO	OPERADOR DE CASA DE FUERZA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
3	MONTES REYMUNDO EDILBERTO	NOMBRADO	TECNICO	OPERADOR DE CASA DE FUERZA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
4	MORALES ARMAS PEDRO PABLO	NOMBRADO	TECNICO	OPERADOR DE CASA DE FUERZA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
5	NOLE BARRIENTOS JUAN MANUEL	NOMBRADO	TECNICO	OPERADOR DE CASA DE FUERZA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
6	DIAZ TRIGOSO GUILLERMO BORIS	NOMBRADO	INGENIERO ELECTRONICO	ELECTRONICA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
7	VILLAGOMEZ GUTIERREZ EDGAR	NOMBRADO	TECNICO	OPERADOR DE CASA DE FUERZA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
8	RONCEROS CRISTIAN ANTONIO	NOMBRADO	TECNICO	ELECTRICISTA	Instalaciones Eléctricas.
9	PEREZ GRADOS CARLOS	CAS	INGENIERO ELECTÓNICO	ELECTRONICA	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS
10	COCA BALTA LUIS FERNANDO	CAS	TECNICO	TEC ELECTRONICO	MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS

Fuente: Unidad de Servicios Generales Mantenimiento – U. Ejecutora N°405



Figura 15. Capacitación del personal

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 10 y figura 15 se tiene la capacitación realizada al personal del área de mantenimiento.

Inspección

Para la realización de esta labor se necesita que todo el personal esté capacitado y entrenado para realizar una inspección general de equipos y sus componentes. El departamento de mantenimiento establece un programa de mantenimiento anual

y preparar sus propios estándares de mantenimiento.



Figura 16. Inspección de equipo

Fuente: Elaboración propia

Implementación del entrenamiento y capacitación

Para la mejora de la productividad en el área de mantenimiento, se debe mejorar las habilidades y competencias de los personales, para ello deben de estar bien capacitados y entrenados para realizar las inspecciones visuales e, inspecciones generales de equipos y componentes, favoreciendo la preservación de vida útil de equipos y componentes obteniendo una mejor productividad. La capacitación tuvo como objetivo general lograr la adaptación del personal para el ejercicio de determinadas funciones o ejecución de una tarea específica, en la organización.



Figura 17. Entrenamiento de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se observa al personal en pleno entrenamiento en la labor de mantenimiento, esto con fines de darles los conocimientos necesarios para un buen desempeño en labores de mantenimiento.

Tabla 11. Mantenimiento a equipo pulsioxímetro

Nº	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTOS	INSUMOS Y REPUESTOS	HERRAMIENTAS	HORA
01	Inspección de accesorios y equipo.	Verificar visualmente el equipo, el sensor de oximetría, pantalla no presenten señales de golpes, rajaduras, quiebras. Que los cables de interconexión no estén retorcidos, quebrados o parchados. Que el cable de poder este integro.	No requiere	Destornilladores. Multitester.	15 min
02	Desmontaje del equipo.	Retire la cubierta protectora del equipo	Paño absorbente. Alcohol isopropílico. Cera limpiadora.	Destornilladores. Alicate de pinza.	30 min
03	Limpieza interna.	Limpiar las tarjetas electrónicas, verifique conexiones eléctricas y contactos eléctricos.	Placa de limpieza. Alcohol isopropílico. Paño absorbente.	Destornilladores. Placa de limpieza.	45 min
04	Verificación de sensor de oximetría SPO2.	Inspeccionar el sensor de oximetría verificar que no haya daños y se encuentre en buen estado, realizar el remplazo de ser necesario	Limpia contactos Bencina, Cera Paño absorbente Cinta aislante	Manual técnico. Destornilladores. Multitester	15 min
05	Limpieza externa.	Realizar limpieza externa del equipo con un paño ligeramente humedecido con cera limpiadora.	Cera limpiadora. Trapo absorbente. Alcohol isopropílico.	Destornilladores. Alicate pinza	30 min
06	Realizar inspección de rendimiento del equipo.	Verificar que el equipo funcione correctamente con batería realizar remplazo de ser necesario tiempo aproximado de remplazo 24 meses. Fije el sensor SpO2 al dedo artificial del simulador de SPO2. El valor de SpO2 mostrado debe inscribirse en el 3 % del valor ajustado. La frecuencia cardíaca mostrada por el oxímetro debe inscribirse en el 5% del valor ajustado en el simulador. Para una frecuencia cardíaca simulada de 80 lpm, se debe observar una frecuencia de entre 76 y 84 lpm.			45 min
07	Pruebas de seguridad eléctrica	Revisión de conexiones de cables al equipo y periféricos. Comprobación de seguridad eléctrica. Acorde con la norma IEC 60601-1 y la norma IEC 62353. Realizar llenado de formulario de resultado de prueba de seguridad eléctrica.	Cable principal de alimentación, conectores eléctricos de ser necesario.	Probador de seguridad eléctrica FLUKE	30 min
TEMPO TOTAL ESTIMADO (210 min + 30 min = 4 h)					210 min

Fuente: Elaboración propia

Verificación de los resultados.

Resultado al Funcionamiento de Máquinas y Componentes:

- ✓ El team de la mejora específica verifica semanalmente las fallas reportadas por el personal para su posterior solución.
- ✓ Se utiliza formato para definir la mejora según la metodología aplicada.
- ✓ Se realizó historial de fallas de equipos y componentes por cada unidad de servicio.
- ✓ Se traza nuevos objetivos para mejorar el tiempo medio de fallas por mantenimiento y operación.



Figura 18. Verificación de resultados del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Formato para mantenimiento

FORMATO DE FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
AREA DE MANTENIMIENTO:			
MODELO		AÑO DE COMPRA	
NOMBRE DEL EQUIPO			
MARCA		POTENCIA	
SERIE		UBICACIÓN	
CÓDIGO PATRIMONIAL			
TIPO			
CAPACIDAD			

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró el formato que sirve para el registro de los datos del equipo para el mantenimiento considerando el área al que pertenece el equipo y las características que tiene el equipo para el registro correspondiente.

Posteriormente se elaboró el formato para las ordenes de trabajo de mantenimiento sea autónomo o preventivo con la finalidad de registrar la labor que se realiza en los equipos médicos y al mismo tiempo se registra según sea el caso el costo que implica esta labor sea por cambio de repuestos o el uso de materiales que implica

la rutina del mantenimiento como parte del procedimiento que se debe cumplir según lo establecido.

Tabla 13. Formato de órdenes de trabajo para mantenimiento de equipos médicos

UBICACIÓN DEL EQUIPO:		
SERVICIO	ÁREA	UBICACIÓN

DATOS DEL EQUIPO:				
DENOMINACIÓN DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	CÓDIGO

DESCRIPCIÓN DE LA FALLA:

DIAGNÓSTICO TÉCNICO:

Tipo de Atención	Tipo de mantenimiento	Prioridad	Equipo en Garantía	Tipo de Falla y Causas de Falla	Fecha de Inicio
<input type="checkbox"/> R. Propio <input type="checkbox"/> S. Contratado	<input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo	<input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Programable	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	M <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>	_____ _____
					Fecha de Término
					_____ _____

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO.

OBSERVACIONES TÉCNICAS.

REPUESTOS, ACCESORIOS Y MATERIALES UTILIZADOS.

CANT.	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARTE	SERIE - CÓDIGO - LOTE	COSTO UNITARIO	VALOR TOTAL
				TOTAL	

MANO DE OBRA

NIVEL	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	H. INICIO	H. TÉRMINO	H.H	COSTO H.H	VALOR TOTAL
					TOTAL	

IMPORTE TOTAL.

TOTAL REPUESTOS Y ACCESORIOS	
TOTAL DE MANO DE OBRA	
COSTO TOTAL	

Fuente: Elaboración propia

Estos formatos son imprescindibles para detallar las labores de mantenimiento y su implicancia económica.

Recolección de datos (pos test)

Variable independiente: Lean Mantenaice

Tabla 14. Medición pos test de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE				
Variable	Lean Maintenance			
Dimensión	Mantenimiento planificado			
Meses del 2020	Periodo	Horas de mantenimiento planificado	Total horas de mantenimiento efectuado	Tiempo de mantenimiento %
JUNIO	semana 1	30	32	94%
	semana 2	30	28	107%
	semana 3	30	30	100%
	semana 4	30	29	103%
JULIO	semana 1	30	32	94%
	semana 2	30	32	94%
	semana 3	30	29	103%
	semana 4	30	34	88%
AGOSTO	semana 1	30	33	91%
	semana 2	30	36	83%
	semana 3	30	29	103%
	semana 4	30	30	100%
97%				

Variable	Lean Maintenance			
Dimensión	Mantenimiento autónomo			
Meses del 2020	Periodo	Inspecciones de equipos efectuados	Total de inspecciones de equipos programados	Inspección de equipos
JUNIO	semana 1	19	20	95%
	semana 2	20	20	100%
	semana 3	20	20	100%
	semana 4	20	20	100%
JULIO	semana 1	18	20	90%
	semana 2	20	20	100%
	semana 3	20	20	100%
	semana 4	20	20	100%
AGOSTO	semana 1	17	20	85%
	semana 2	20	20	100%
	semana 3	20	20	100%
	semana 4	20	20	100%
98%				

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 14, se tiene que el mantenimiento planificado tiene un promedio de 97% y el mantenimiento autónomo un 98%, con lo que se observa que tienen un porcentaje dentro del promedio establecido por la empresa resultando favorable ya que se garantiza un buen servicio con los equipos operativos cuyo nivel de falla por los resultados obtenidos es menor.

Variable dependiente: Disponibilidad

Tabla 15. Medición pos test de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE					VARIABLE DEPENDIENTE				
Variable		Disponibilidad			Variable		Disponibilidad		
Dimensión		Fiabilidad			Dimensión		Mantenibilidad		
Meses del 2020	Periodo	Horas de operación	Numero de fallas detectadas	Tiempo promedio entre fallas	Meses del 2020	Periodo	Tiempo total de fallas	Numero de fallas detectadas	Tiempo de reparación
JUNIO	semana 1	32	15	2.13	JUNIO	semana 1	16	15	1.07
	semana 2	28	13	2.15		semana 2	20	13	1.54
	semana 3	30	14	2.14		semana 3	18	14	1.29
	semana 4	29	11	2.64		semana 4	13	11	1.18
JULIO	semana 1	32	16	2.00	JULIO	semana 1	15	16	0.94
	semana 2	32	12	2.67		semana 2	17	12	1.42
	semana 3	29	16	1.81		semana 3	19	16	1.19
	semana 4	34	13	2.62		semana 4	18	13	1.38
AGOSTO	semana 1	33	17	1.94	AGOSTO	semana 1	21	17	1.24
	semana 2	36	10	3.60		semana 2	15	10	1.50
	semana 3	29	14	2.07		semana 3	12	14	0.86
	semana 4	30	14	2.14		semana 4	14	14	1.00
				2.33					1.22

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15, de las dimensiones de la variable dependiente se tiene que se tiene que las fiabilidades de los equipos tienen un promedio de 2.33 tal que se comprueba una reducción significativa de las fallas que se presentan en los equipos semanalmente. También de la dimensión mantenibilidad el promedio es 1.22 siendo menor que el periodo anterior en el que se observa menos fallas y al mismo tiempo menor número de fallas detectadas.

Análisis económico financiero

Se hace el análisis económico y financiero con fines de recuperar la inversión considerando un periodo de 12 meses de financiamiento. Se hará el cálculo del VAN y TIR, así como también del costo beneficio que implica esta mejora.

Tabla 16. Estimado de ahorro generado en área de mantenimiento

COSTO MANO DE OBRA ANTES	11 TRABAJADORES	S/. 1100 C/U	12100 S/Mes
COSTO DE TRANSPORTE ANTES	5 transportes	2 C/TRANSP S/. 1300 C/U	13000 S/Mes
OTROS MATERIALES	hojas, bolsas, precintos, rotulos		900 S/Mes
COSTO MANO DE OBRA DESPUES	8 TRABAJADORES	S/. 1100 C/U	8800 S/Mes
COSTO DE TRANSPORTE DESPUES	3 transportes	2 C/TRANSP S/. 1300 C/U	7800 S/Mes
OTROS MATERIALES	hojas, bolsas, precintos, rotulos		300 S/Mes
AHORRO			9100 S/Mes

De acuerdo al plan de mejora se hicieron ajustes en el almacén con fines de generar ahorros en cuanto a las labores que se realizan

Tabla 17. Inversión de la mejora

No	ACTIVIDADES	INVERSIÓN		
		FRECUENCIA/ CANTIDAD	UNITARIO	SUB -TOTAL
1	Capacitaciones	5	900	4500
2	Compra de equipos	5	4020	15100
3	Compra de materiales			3600
4	Mantenimiento	12	500	6000
TOTAL INVERSIÓN				29200

Son fines de la implementación de la mejora se hizo una inversión total de S/. 29,200.00 que fueron por las capacitaciones realizadas al personal, compras de equipos de temperatura y aire acondicionado, compra de materiales para la clasificación y codificación y los mantenimientos que se hacen mensualmente con personal externo.

Tabla 18. Flujo de caja

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
COSTO MANO DE OBRA ANTES		12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100
COSTO TRANSPORTE ANTES		13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000
OTROS MATERIALES		900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
COSTO MANO DE OBRA DESPUES		8800	8800	8800	8800	8800	8800	8800	8800	8800	8800	8800	8800
COSTO DE TRANSPORTE DESPUES		7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800
OTROS MATERIALES		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
AHORRO		9100	9100	9100	9100	9100	9100	9100	9100	9100	9100	9100	9100
Mantenimiento de la herramienta		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
inversion	-29200												
flujo economico neto	-29200	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600

En el flujo de caja proyectado durante un periodo de 12 meses se tienen los resultados netos mensuales con lo que se comprueba que resulta favorable la inversión

A continuación, se hace el cálculo del VAN y TIR

Tabla 19. Cálculo de VAN, TIR y costo beneficio

VAN	S/29,397.75
TIR	28%
SUM INGRESOS	S/62,004.60
SUM COSTO	S/3,406.85
SUMA COSTOS Y INV INIC	S/32,606.85
B/C	1.90

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla se tiene que:

El VAN es mayor a la inversión realizada, esto quiere decir que es viable la inversión, ya que si hemos invertido s/. 29200.00, hemos obtenido s/.29397.75 en soles actuales.

Respecto al TIR si se invierte los s/. 29200.00 se va a obtener una rentabilidad de 28%, esto es mayor a la tasa de descuento que es 18%

Finalmente, respecto al costo beneficio, se tiene que es mayor a 1 por lo que se acepta la inversión, debido a que existen beneficios, el valor del beneficio es de S/. 1.90, por lo que se afirma que por cada unidad monetaria invertida se tendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de S/. 0.90.

3.6 Métodos de análisis de datos

Valderrama (2015) afirma que “responder a la pregunta inicial permite aceptar o rechazar las hipótesis de estudio, siendo útil elegir un programa específico de análisis” (p. 230)

Estadística descriptiva: Hernández y Mendoza (2018), precisaron que “permiten describir y analizar información cuantitativa, sin extraer conclusiones (inferencias) respecto a la población originaria”. (p. 311)

También Córdoba (2003), considera “los métodos estadísticos asociados al resumen y descripción de los datos, siendo tablas, gráficos y el análisis a través de cálculos” (p.1).

La aplicación del tratamiento estadístico implica la obtener conclusiones válidas y decidir adecuadamente. Mediante esta, es preciso ordenar, describir y sintetizar

datos obtenidos. Es preciso establecer medidas cuantitativas que minimizando parámetros de la información lograda. Tener las gráficas es propia en esta estadística ya que facilita información observable que nos permite sacar conclusiones.

Estadística inferencial: Según Hernández *et al.* (2014), “Se precisa para el proceso de probar hipótesis y estimar parámetros” (p.299).

Mediante ésta estadística, se busca inferir, generalizar las cualidades observadas en una muestra a toda la población, mediante la prueba de normalidad, prueba de hipótesis, mediante la prueba de T-student o Wilcoxon, las mismas servirán para estimar parámetros y probar hipótesis.

3.7 Aspectos éticos

Koepsell y Ruiz (2015), mencionaron: “En la medida que se aclare la procedencia de la información, el investigador actúa de acuerdo a lo permitiendo que otros estudiosos adopten su trabajo como antecedente y modelo de estudio” (p. 12).

El autor del presente proyecto respeta la autoría de las fuentes utilizadas, para citar fuentes confiables en la parte introductoria, en el marco teórico, metodología y ejecución del proyecto, guardando la confidencialidad de datos otorgados por la empresa en estudio para fines netamente académicos.

IV. RESULTADOS

4.1 Estadística descriptiva

Variable Independiente: Lean Maintenance

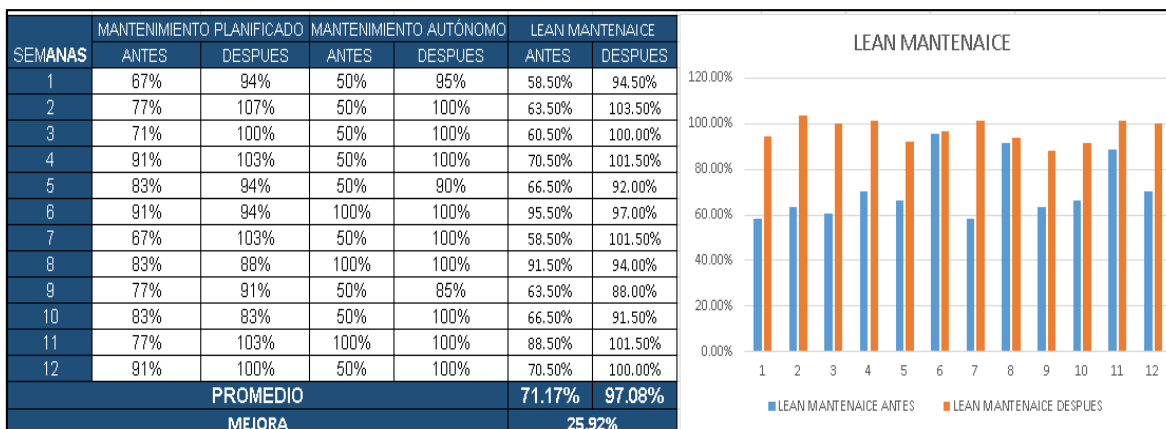


Figura 19. Comparativo de Lean Mantenaice antes y después

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, se tiene los valores porcentuales de Lean Mantenaice antes y después, siendo antes 71.17% y después 97.08%, cuya mejora es de 25.92% cuya mejora es favorable puesto que Lean dinamiza la labor del mantenimiento cuyo resultado favorable es el reflejo de un buen mantenimiento planificado y autónomo el cual es el promedio de los mismos, siendo valorado para ejercer mejor control y atención a los equipos con mayor tiempo de atención de los mismos y estableciendo una política de control permanente para favorecer la disponibilidad de los equipos en las diversas áreas del Hospital.

Dimensión 1: Mantenimiento planificado

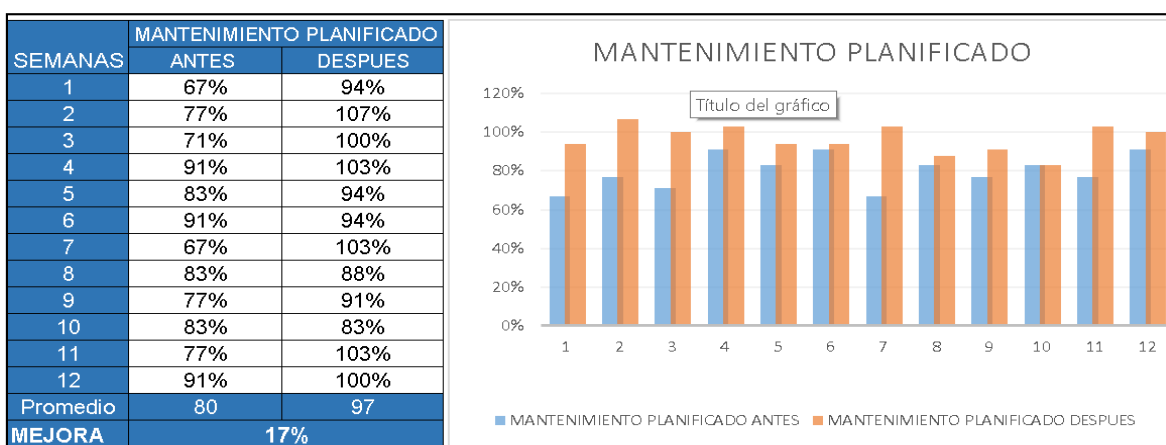


Figura 20. Descriptiva del mantenimiento planificado antes y después

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20, se observa el comportamiento del mantenimiento planificado antes y después durante 12 semanas de estudio tal que se tiene una mejora de 17% en el mantenimiento que se brinda a los equipos médicos, tal que resulta favorable ya que se pone énfasis en los equipos y la frecuencia de uso en función de la demanda, priorizando su revisión y calibraciones respectivas que permitan estar operativos, siendo relevante para el servicio a los pacientes.

Dimensión 2: Mantenimiento autónomo

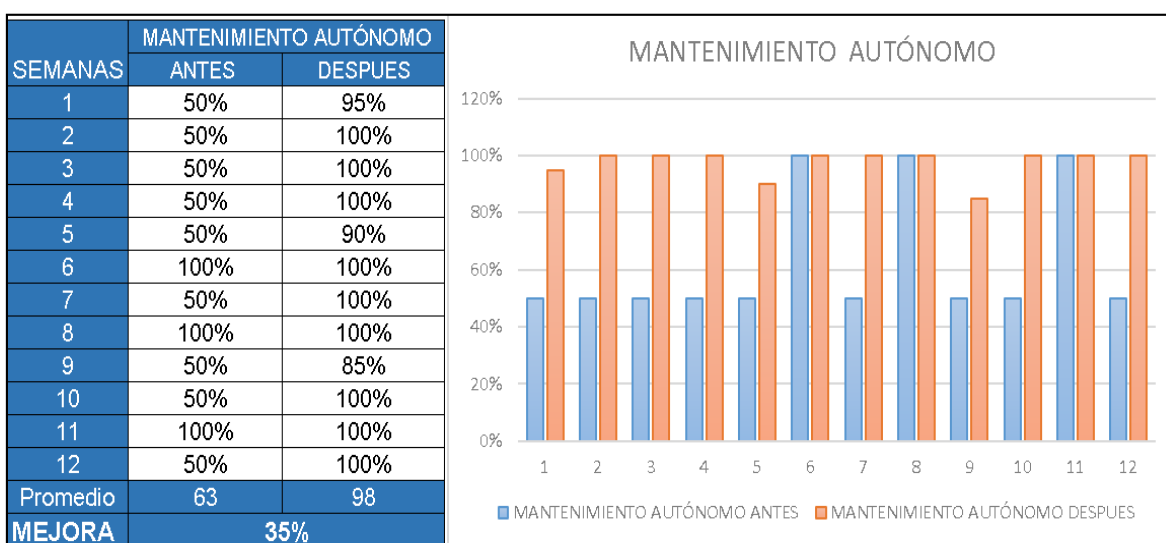


Figura 21. Descriptiva del mantenimiento autónomo antes y después

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se observa el comportamiento del mantenimiento autónomo antes y después durante 12 semanas de estudio tal que se tiene una mejora de 35% en el mantenimiento que se brinda a los equipos médicos, cuya labor recae en los equipos para su limpieza, lubricación, calibración y pruebas respectivas para que sean derivados al área que solicita el servicio, lo cual favorece que se tenga disponible para los servicios que se requiere.

Variable Dependiente: Disponibilidad

Tabla 20. Estadística descriptiva de la variable disponibilidad

			Estadístico
Disponibilidad antes	Media		69,7925
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	67,3651
		Límite superior	72,2199
	Mediana		69,7900
	Varianza		14,596
	Desv. Desviación		3,82047
	Mínimo		62,50
	Máximo		75,00
	Rango		12,50
	Rango intercuartil		6,25
	Asimetría		-,265
	Curtosis		-,498
Disponibilidad después	Media		92,1875
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	89,1411
		Límite superior	95,2339
	Mediana		93,7500
	Varianza		22,989
	Desv. Desviación		4,79466
	Mínimo		83,33
	Máximo		97,92
	Rango		14,59
	Rango intercuartil		7,81
	Asimetría		-,634
	Curtosis		-,661

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 20, se tiene que la disponibilidad antes fue de 69.79% y luego mejoró alcanzando el 92.18%, con lo que se comprueba una mejora de 22.39%. La mediana que representa el valor central vario de 69.79 a 93.75. En las medidas de dispersión se tiene la varianza que mide la variabilidad de los datos respecto a la media aumento de 14.59 a 22.98, tal que su variabilidad fue mayor. Sobre la desviación estándar se tiene que aumentar de 3.82 a 4.79 comprobando mayor dispersión después de la mejora. También el rango aumenta en el después comprobando mayor dispersión. En referencia a la Asimetría se tiene en ambos

casos que son negativos, es decir respecto al eje de simetría la cola de la izquierda de la media es más larga que la derecha. Finalmente, en la curtosis se tiene antes y después de la mejora fue menor a cero por lo que son platicúrticas tal que hay poca concentración de datos respecto a la media.

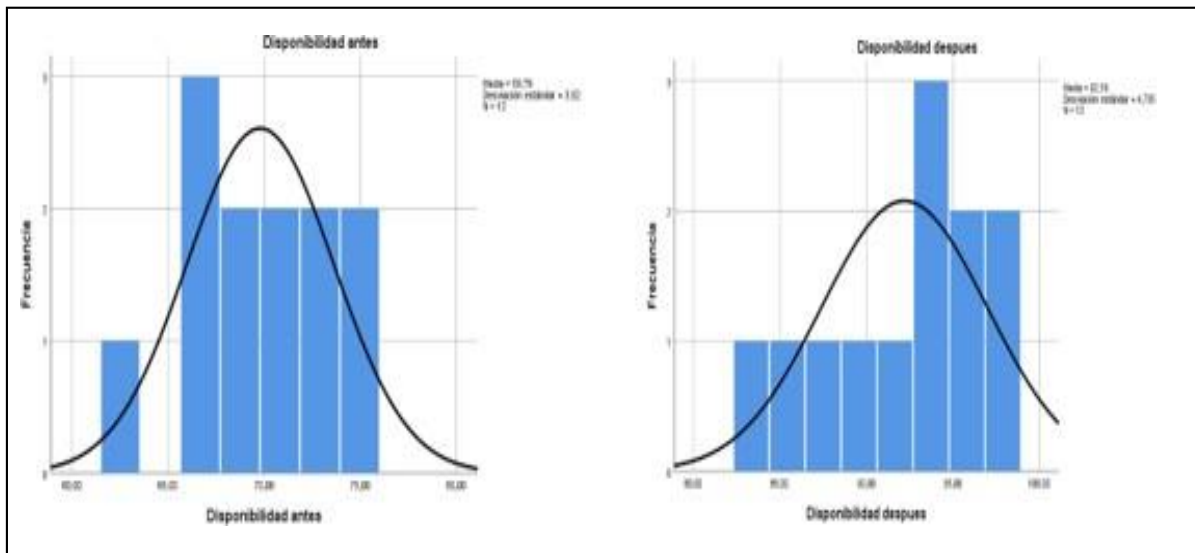


Figura 22. Comparativo de frecuencia de variable disponibilidad antes y después

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 22, al comparar las frecuencias de la disponibilidad de los equipos antes y después de la aplicación de Lean Mantenaice se tiene el comportamiento de los datos en el periodo de 12 semanas observando en ambos casos las variaciones que se dan semanalmente y su nivel de dispersión de los datos procesados, observando que en ambos gráficos se presentan niveles de dispersión cuyos valores son bajos.

Dimensión 1: Fiabilidad

Tabla 21. Estadística descriptiva de la dimensión fiabilidad

			Estadístico
Fiabilidad antes	Media		5,1167
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,1147
		Límite superior	6,1186
	Mediana		5,2500
	Varianza		2,487
	Desv. Desviación		1,57695
	Mínimo		3,00
	Máximo		7,50
	Rango		4,50
	Rango intercuartil		3,14
	Asimetría		-,109
	Curtosis		-1,182
Fiabilidad después	Media		2,2808
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,0509
		Límite superior	2,5107
	Mediana		2,1450
	Varianza		,131
	Desv. Desviación		,36183
	Mínimo		1,81
	Máximo		3,00
	Rango		1,19
	Rango intercuartil		,62
	Asimetría		,764
	Curtosis		-,426

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 21, se tiene que la fiabilidad antes fue de 5.11 y luego mejoró alcanzando el 2.2, con lo que se comprueba una mejora de 2.2, con ello se comprueba que los equipos tienen menos fallas y se mantienen operativos por más tiempo, que es ideal en el hospital para la atención a los pacientes que requiere de los equipos. La mediana que representa el valor central vario de 5.25 a 2.14. En las medidas de dispersión se tiene la varianza que mide la variabilidad de los datos respecto a la media se redujo de 2.48 a 0.13, tal que su variabilidad fue menor. Sobre la desviación estándar se tiene que disminuye de 1.57 a 0.36 comprobando

menor dispersión después de la mejora. También el rango disminuye en el después comprobando menor dispersión. En referencia a la Asimetría se tiene antes es positiva es decir respecto al eje de simetría la cola de la derecha de la media es más larga que la izquierda y en el después es negativo, es decir respecto al eje de simetría la cola de la izquierda de la media es más larga que la derecha. Finalmente, en la curtosis se tiene antes y después de la mejora fue menor a cero por lo que son platicurticas tal que hay poca concentración de datos respecto a la media.

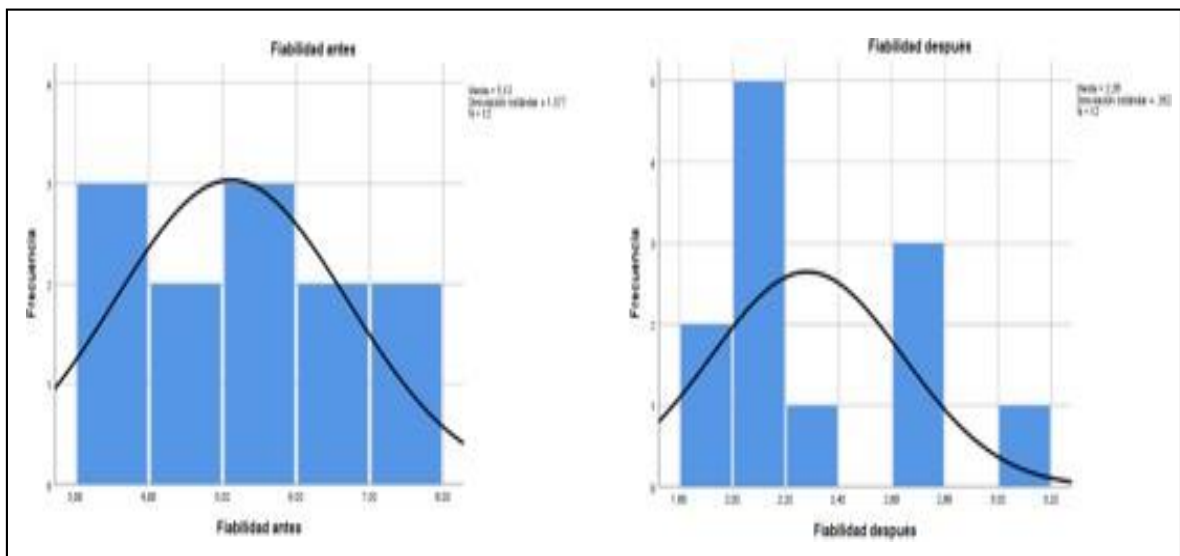


Figura 23. Comparativo de frecuencia de dimensión fiabilidad antes y después

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 23, comparadas de la fiabilidad de los equipos antes y después de la aplicación de Lean Mantenaice se tiene el comportamiento de los datos en el periodo de 12 semanas observando en ambos casos las variaciones que se dan semanalmente y su nivel de dispersión de los datos procesados, observando que ambos gráficos niveles de dispersión antes y después de aplicar la metodología Lean.

Dimensión 2: Mantenibilidad

Tabla 22. Estadística descriptiva de la dimensión mantenibilidad

		Estadístico	
Mantenibilidad antes	Media	1,6042	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,0743
		Límite superior	2,1340
	Media recortada al 5%	1,5785	
	Mediana	1,4150	
	Varianza	,695	
	Desv. Desviación	,83394	
	Mínimo	,67	
	Máximo	3,00	
	Rango	2,33	
	Rango intercuartil	1,38	
	Asimetría	,771	
	Curtosis	-,788	
Mantenibilidad después	Media	1,2175	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,0776
		Límite superior	1,3574
	Media recortada al 5%	1,2194	
	Mediana	1,2150	
	Varianza	,048	
	Desv. Desviación	,22013	
	Mínimo	,86	
	Máximo	1,54	
	Rango	,68	
	Rango intercuartil	,39	
	Asimetría	-,118	
	Curtosis	-1,042	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 22, se tiene que la mantenibilidad antes fue 1.60 y luego mejoró 1.21, con lo que se comprueba una mejora de 0.39, con ello se comprueba que los equipos requieren de menos mantenimientos frente a las fallas que ocurran durante su funcionamiento, siendo importante para cumplir con la labor de atención de los pacientes. La mediana que representa el valor central vario de 1.41 a 1.21. En las medidas de dispersión se tiene la varianza que mide la variabilidad de los datos

respecto a la media se redujo de 0.69 a 0.04, tal que su variabilidad fue menor. Sobre la desviación estándar se tiene que disminuye de 0.83 a 0.22 comprobando menor dispersión después de la mejora. También el rango disminuye en el después comprobando menor dispersión. En referencia a la Asimetría se tiene antes es positiva es decir respecto al eje de simetría la cola de la derecha de la media es más larga que la izquierda y en el después es negativo, es decir respecto al eje de simetría la cola de la izquierda de la media es más larga que la derecha. Finalmente, en la curtosis se tiene antes y después de la mejora fue menor a cero por lo que son platicúrticas tal que hay poca concentración de datos respecto a la media.

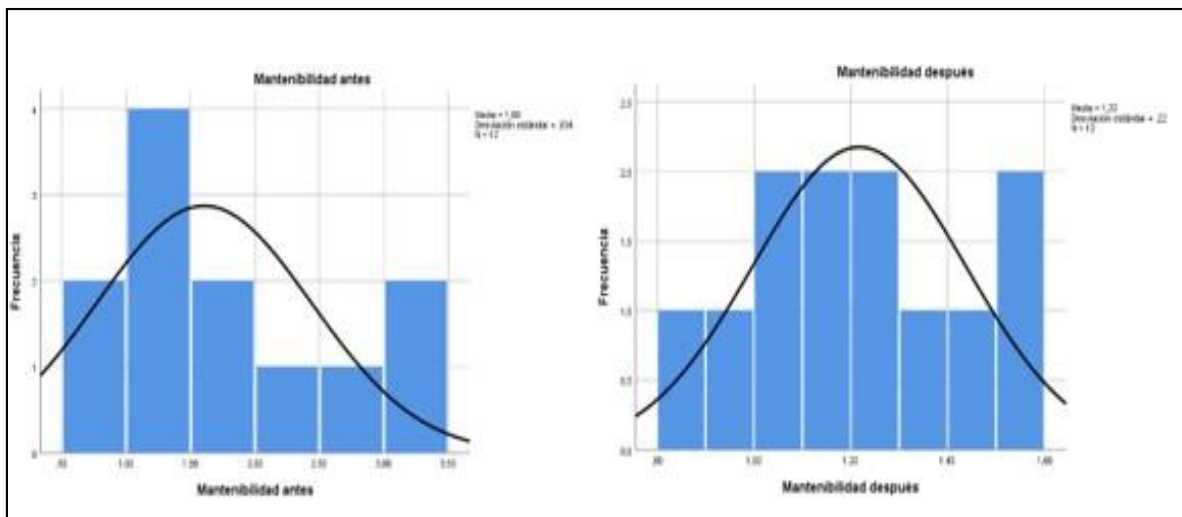


Figura 24. Comparativo de frecuencia de variable mantenibilidad antes y después

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 24, comparadas de la mantenibilidad de los equipos antes y después de la aplicación de Lean Mantenaice se tiene el comportamiento de los datos en el periodo de 12 semanas observando en ambos casos las variaciones que se dan semanalmente y su nivel de dispersión de los datos procesados, observando la tendencia de en cada etapa antes y después de aplicar la metodología Lean.

4.2 Estadística inferencial

Variable: Disponibilidad

Prueba de normalidad

Tabla 23. Prueba de normalidad de a variable disponibilidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad antes	,946	12	,586
Disponibilidad después	,924	12	,318

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23, se tiene que los resultados de la significancia antes y después de Lean Maintenance resulto mayor que 0.05, siendo antes 0.586 y 0.318 con lo que se deduce que los datos tienen comportamiento normal y son paramétricos, por lo que se hace uso del estadígrafo T-student para la prueba de hipótesis.

Prueba de hipótesis

Ho: Lean Maintenance no mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

Ha: Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

Tabla 24. Estadística emparejada de la variable disponibilidad

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Disponibilidad después	92,1875	12	4,79466	1,38410
	Disponibilidad antes	69,7925	12	3,82047	1,10287

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 24, se tiene que la media obtenida después de Lean Maintenance es mayor que antes de su aplicación por lo que se deduce que mejora la disponibilidad de los equipos médicos.

Tabla 25. Prueba T-student de la variable disponibilidad

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Disponibilidad después - Disponibilidad antes	22,39500	5,18927	1,49801	19,09790	25,69210	14,950	11	,000

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 25, se tiene que la disponibilidad mejoró en 22.39% y el nivel de significancia es 0.000 menor que 0.05, por lo que se aprueba la hipótesis del investigador tal que: Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.

Dimensión 1: Fiabilidad

Prueba de normalidad

Tabla 26. Prueba de normalidad de la dimensión fiabilidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Fiabilidad antes	,927	12	,348
Fiabilidad después	,900	12	,159

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26, se tiene que los resultados de la significancia antes y después de Lean Maintenance resulto mayor que 0.05, siendo antes 0.348 y 0.159 con lo que se deduce que los datos tienen comportamiento normal y son paramétricos, por lo que se hace uso del estadígrafo T-student para la prueba de hipótesis.

Prueba de hipótesis

Ho: Lean Maintenance no mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

Ha: Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

Tabla 27. Estadística emparejada de la dimensión fiabilidad

		Estadísticas de muestras emparejadas			
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Fiabilidad antes	5,1167	12	1,57695	,45523
	Fiabilidad después	2,2808	12	,36183	,10445

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 27, se tiene que la media obtenida después de Lean Maintenance es mayor que antes de su aplicación por lo que se deduce que mejora la fiabilidad de los equipos médicos.

Tabla 28. Prueba T-student de la dimensión fiabilidad

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Fiabilidad antes - Fiabilidad después	2,83583	1,70126	,49111	1,75491	3,91676	5,774	11	,000

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 28, se tiene que la disponibilidad mejoró en 2.83 y el nivel de significancia es 0.000 menor que 0.05, por lo que se aprueba la hipótesis del investigador tal que: Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.

Dimensión 2: Mantenibilidad

Prueba de normalidad

Tabla 29. Prueba de normalidad de la dimensión mantenibilidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Mantenibilidad antes	,874	12	,074
Mantenibilidad después	,967	12	,877

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29, se tiene que los resultados de la significancia antes y después de Lean Maintenance resulto mayor que 0.05, siendo antes 0.074 y 0.877 con lo que se deduce que los datos tienen comportamiento normal y son paramétricos, por lo que se hace uso del estadígrafo T-student para la prueba de hipótesis.

Prueba de hipótesis

Ho: Lean Maintenance no mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

Ha: Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

Tabla 30. Estadística emparejada de la dimensión mantenibilidad

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Mantenibilidad antes	1,6042	12	,83394	,24074
Mantenibilidad después	1,2175	12	,22013	,06355

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 30, se tiene que la media obtenida después de Lean Maintenance es mayor que antes de su aplicación por lo que se deduce que mejora la mantenibilidad de los equipos médicos.

Tabla 31. Prueba T-student de la dimensión mantenibilidad

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Mantenibilidad antes - Mantenibilidad después	,3867	,79276	,22885	-,11703	,89036	1,690	11	,019

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 31, se tiene que la disponibilidad mejoró en 0.38 y el nivel de significancia es 0.019 menor que 0.05, por lo que se aprueba la hipótesis del investigador tal que: Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.

V. DISCUSIÓN

Después de haber realizado Aplicación Lean Maintenance para mejorar disponibilidad de equipos médicos en Hospital de Chancay y S.B.S Dr. Hidalgo Atoche López 2020, en referencia a la hipótesis general se obtuvo como resultados que el valor de la media antes de la aplicación de la aplicación Lean Maintenance fue 69.79 y luego mejoró alcanzando el 92.18, con lo que se comprueba una mejora de 22.39, lo que demuestra que la disponibilidad de equipos médicos. De manera análoga concordamos con la investigación Marrufo y Cachi (2017), ya que en su estudio “Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos en el departamento de diagnóstico por imágenes en el hospital regional de Cajamarca”. Logró buena disponibilidad siendo 23 % promediando entre los 5 equipos, siendo la disponibilidad de 83% luego de implementar el sistema. También hay concordancia con Machaca y Portugal (2018), en su estudio “Propuesta con fines de mejorar la Gestión del Mantenimiento en equipos médicos en Medicina Física y Rehabilitación de una Clínica”, en la que mejoraron el sistema de gestión logrando por lo menos el 20% de mejora del resultado actual en relación a la auditoria de los mantenimientos realizados que es beneficioso para la atención a pacientes.

Se logró mediante el análisis inferencial respecto a la fiabilidad previo a aplicar el Lean Maintenance la media fue de 5.11 y posterior a su aplicación la media resultó 2.28 tal que la diferencia de medias fue de 2.83 con lo que verificamos una mejora significativa de la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020. También se concuerda con la investigación Espejo (2016), ya que en su estudio de “Aplicación del Lean Maintenance para aumentar la productividad de envases plásticos en la empresa Laboratorios SMA S.A.C., distrito Ate, Año 2016” hubo una mejora de medias de 18,12 en el 2016. De igual forma concuerdo con Camila R.S., William C.A., Renán F., Renato G. (2015), en su artículo científico, respecto a indicadores de fiabilidad para el equipo médico, en específico a las máquinas de anestesia en una red de centros de salud en Brasil, en la que obtuvieron que los tiempos entre mantenimientos usados redujeron el tiempo entre fallas, con una disponibilidad promedio de entre 95 y 100%,

favoreciendo la atención a los pacientes que diariamente acuden al centro médico para sus tratamientos respectivos .

De igual forma según el análisis inferencial respecto a la mantenibilidad se comprobó que antes de la aplicación de Lean Maintenance la media resultante fue de 1.60 y luego de la aplicación de Lean Maintenance la media resultó 1.21%, cuya diferencia de medias fue de 0.38, con lo que se comprueba una mejora de la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020. De igual forma se concuerda con la investigación de Matos (2016), presentó la “Gestión del Mantenimiento Preventivo en los equipos de bombeo”, concluyó con el incremento la confiabilidad de los equipos de bombeo Putzmeister de 0.70 a 0.81. Del mismo modo Valpuesta y Muñuzuri (2017), en su investigación aplicación de herramientas Lean en una fábrica del sector automotriz destacó mediante los cambios realizados el minimiza su porcentaje de tiempo de la labor de cambio de herramienta desde 22'5% a un 19'1%, así mismo reduce el tiempo destinado al desplazamiento de un 13'6% a un 11'5%. En la misma dirección se concuerda con Beyene, Bosená y Ashagre (2016), en su artículo sobre Disponibilidad y utilización de servicios médicos dispositivos en hospitales de la zona de Jimma, precisaron que la disponibilidad se ha hecho hincapié en la utilización de diversos equipos sanitarios en todos los niveles del sistema sanitario para y prestación de servicios eficiente, tal que en la verificación mostraron que había 299 dispositivos médicos disponibles en los tres hospitales de los cuales, 196 (65,6%) de ellos estaban disponibles en el Hospital Especializado de la Universidad de Jimma, mientras que, 57 (19,0%) y 46 (15,4%) estaban disponibles en el hospital Limu Genet y en el hospital Shenen Gibe, respectivamente. Entre 196 dispositivos médicos disponibles en JUSH, 127 (64,8%) fueron funcionales y el resto; 63 (32,1%) y 6 (3,1%) no eran funcionales y no en uso respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

Luego de la obtención de los resultados se concluye:

De la hipótesis general se tiene que Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020, ya que se evidenció una mejora en 22.39 en la disponibilidad de equipos médicos representado por la diferencia de las medias antes y después de la aplicación del Lean Maintenance, con un nivel de significancia de 0.000 tal que se aceptó la hipótesis alterna y se descartó la hipótesis nula.

De la primera hipótesis específica se concluye que Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020 evidenciando una mejora de 2.83 en la fiabilidad de equipos el cual representa la diferencia de medias antes y después de la aplicación del Lean Maintenance, con un nivel de significancia de 0.000 por lo que se aceptó la hipótesis alterna y se rechazó la hipótesis nula.

De la segunda hipótesis alterna se tiene que Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020, comprobando una mejora de 0.38 en la mantenibilidad de equipos tal que es el resultado de la diferencia de medias antes y después de aplicar el Lean Maintenance, resultando una confiabilidad de 0.019 lo que permitió aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula.

VII. RECOMENDACIONES

Después de las conclusiones en la investigación es preciso mencionar recomendaciones válidas para el área en estudio:

Cuando se revisan aspectos del mantenimiento, es preciso un estudio previo para identificar los factores que causan la falla, debido a que, según la investigación, el problema no se resuelve cambiando o reemplazando la pieza que falla, ya que al poco tiempo ocurre lo mismo. Para evitar esto, un diagnóstico detallado del problema puede darnos las verdaderas causas que originan los desperfectos en los equipos médicos.

Al definir el mantenimiento preventivo en una empresa, es preciso un seguimiento y ver puntos de mejora, ya que con los avances de la tecnología siempre habrá algo que mejorar en ambos aspectos, en consecuencia, lograr una mejora continua es ideal, para lo cual es necesario difundir la importancia del cumplimiento de los programas de mantenimientos preventivo a los equipos médicos por su frecuencia de uso.

Las programaciones del plan de mantenimiento se tienen que respetar y cumplir según lo programado, generalmente los equipos tienen una ficha técnica con recomendaciones del fabricante a cerca de las condiciones bajo las cuales pueden operar los equipos, es preciso revisar esta documentación para adecuarlas al plan de mantenimiento; si no hubiera, se recomienda hacer seguimiento al equipo y establecer los tiempos y frecuencia de los mantenimientos dentro del programa de mantenimiento preventivo.

REFERENCIAS

- ADESTA, PRABOWO y AGUSMAN (2017). Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. *Materials Science and Engineering*. 290 (2018): 1-8
- AHMAD, KAMARUDDIN y ABDUI (2014). Development of autonomous maintenance implementation framework for semiconductor industries. *Industrial and Systems Engineering*. 9 (3):268-297
- AGUNG y TRIBLAS (2019). A Study of Total Productive Maintenance (TPM) and Lean Manufacturing Tools and Their Impact on Manufacturing Performance. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 7 (6): 39-43
- AMPOLINA RODRIGUES y JEUNON (2016). Effectiveness of medical-care equipment management: case study in a public hospital in belo horizonte / minas gerais. 5 (2): 234-249.
- ANDRADE, CABEZAS y TORRES (2018). Introducción a la metodología de la investigación científica. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador.
- ARQUES, J. (2009). Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario. Madrid: Díaz de Santos, 276 pp.
- ASAMBA (2018). Running head: Biomedical Equipment Technology. Kenyatta University. pp. 2-10.
- BAENA G. (2015). Planeación prospectiva estratégica. Universidad Autónoma de México.
- BAHREINI, DOSHMANGIR e IMANI (2019). Factors Affecting Medical Equipment Maintenance Management. 12(4): IC01-IC07.
- BASHIR, TAWARAH y ABDUL (2017). Downtime Reduction on Medical Equipment Maintenance at The Directorate of Biomedical Engineering in the Jordanian MOH. 13 (2): 1- 17.
- BEYENE, BOSENA y ASHAGRE (2016). Availability and utilization of medical devices in Jimma zone hospitals, Southwest Ethiopia: a case study. 16 (287): 1-10.
- BERNAL, C. (2010). Metodología de la investigación. (3^a Ed). Colombia Bogotá: D.C.
- CAMILA R.S., WILLIAM C.A., RENÁN F., RENATO G. (2015) Reliability Indicators

- in the Medical Equipment Management. In: Jaffray D. (eds) World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7-12, 2015, Canada.
- CAMACHO, TORRES y CHAVARRÍA (2017). Gestión de equipos médicos: implementación y validación de una herramienta de auditoría. 38 (1): 76-92.
- CLARKE, MULRYAN y LIGGAN (2010). Lean Maintenance – A Risk-Base Approach. 3 (5): 1-6.
- CREUS, A. (2005). Fiabilidad y seguridad su aplicación en procesos industriales. Barcelona: Marcombo, 469 pp.
- CÓRDOBA (2003). Estadística descriptiva e inferencial. 5ta. Edición. Perú. Editorial Moshera.
- DOS SANTOS, GARCÍA y AQUINO (2016). Availability forecast of mining equipment. Journal of Quality in Maintenance Engineering. 22 (4): 418-432.
- ESCUDE, M., TANCO, M. y SANTORO, A. (2015). Experiencia de Implementación de Lean en un Centro de Salud de Uruguay. Memoria Investigaciones en Ingeniería, 13 (2015): 79 – 94.
- ESPEJO (2016). Aplicación del Lean Maintenance para aumentar la productividad de envases plásticos en la empresa Laboratorios SMA S.A.C., distrito Ate, Año 2016. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- ESSALUD (2018). Uso básico de los equipos biomédicos. Boletín tecnológico N°01-2018.
- DURAN, CAPALDO y ACEVEDO (2017). Lean Maintenance Applied to Improve Maintenance Efficiency in Thermoelectric Power Plants. Energies. Pontificia Universidad Valparaíso de Chile. 10 (1653): 1-21.
- GIRALDO, S. (2020). Lean maintenance: Hacia el mantenimiento libre de pérdidas. Asociación Colombiana de Ingenieros.
- GÓMEZ, F. (1998). Tecnología del mantenimiento industrial. Murcia: EDITUM, 341 pp.
- GONZÁLES, F. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. (2a ed.). Madrid: Fundación Confemetal, 2005. 567 pp.
- GUARIENTE, ANTONIOLLI, PINTO, PEREIRA y SILVA (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. ScienceDirect. 13 (2017) 1128–1134.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. (2014). Metodología de la

- investigación. 5ª. ed. México: Edamsa Impresiones, S.A.
- HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C. (2018). Metodología de la investigación. Editorial Mc GrawHill.
- HOLDEN, R., ERIKSSON, A., ANDREASSON, J., & WILLIAMSSON, A. (2014). Healthcare workers' perception of lean: A contextsensitive, mixed methods study in three Swedish hospitals. *Applied Ergonomics* 47, 181-192.
- INTEGRA MARKETS (2018). Gestión y planificación del mantenimiento industrial. 1ª Edición. Boston – EEUU.
- JOHNSON (2016). FDA Regulation of Medical Devices. Congressional Research Service.
- KIRAT (2017). Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics Chair of Mechatronics. Master of Science in Engineering. pp.74
- KNEZEVIC, J. (1996). Mantenimiento. TEIGERO, Joaquín (trad.). Madrid: Isdefe, 211 pp.
- KOEPSSELL y RUIZ (2015). Ética de la investigación, integridad científica. 1ra. Edición. México.
- KHOSHOUEI, BAGHERPOUR, HOSEINIE y GHODRATI (2018). A Roadmap for Lean Maintenance of Mining Machinery. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran 1-8
- KUMAR y PADHI (2011). Identification of bottlenecks to improve equipment availability: A case study. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*
- LADANZA, GONNELLI, SATTA y GHERALDELLI (2019). Evidence-based medical equipment management: a convenient implementation. (2019) 57:2215–2230
- MACHACA y PORTUGAL (2018). Propuesta de Mejora en la Gestión del Mantenimiento de Equipos Médicos del Área de Medicina Física y Rehabilitación de una Clínica. Universidad Católica de San Pablo, Arequipa.
- MAGID (2016). Research Fundamentals: Study Design, Population, and Sample Size. 2(1): 1-7
- MARRUFO, S. y CACHI, R. (2017). 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. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú

- MEDENOU et al. (2019). Medical devices in Sub-Saharan Africa: optimal assistance via a computerized maintenance management system (CMMS) in Benin. *Health and Technology* (2019) 9:219–232
- MEHMETI, MEHMETI, B. y SEJDIU (2018). The equipment maintenance management in manufacturing enterprises. *ScienceDirect*. 51 (30): 800 - 802
- MOSTAFA, DUMRAK y SOLTAN (2015). Lean maintenance roadmap. Modelo de Implementación de Lean Healthcare en el nivel II de atención al paciente del Sector Salud de México.
- ÑAUPAS, E. (2014). Metodología de la investigación. Cuantitativa y cualitativa y redacción de la tesis. Ediciones de la U. 4^a. Ed. Bogotá, Colombia.
- OMS. (2013). Informe sobre salud en el mundo 2013: Investigaciones para una cobertura sanitaria universal. Luxemburgo: OMS.
- OROZCO, NARVÁEZ, GALVIS y CANO (2015). Maintenance Management in Biomedical Equipments in the Context of the Research Project Cleaner Production in the Health Cluster of Medellín, Colombia. 9 (18): 15-19.
- PAREDES, F. (2005). Lean Maintenance. Un nuevo enfoque para optimizar el mantenimiento. LM Center.
- PESTANA, A., Lorenzini, A., Lima, E. y Guedes, J. (2016). Pensamiento Lean en la salud y enfermería: revisión integradora de la literatura. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 24 (2734): 1-13
- RODRÍGUEZ, J. (2008). Gestión del mantenimiento. Bogotá: CC, 105 pp.
- SING y CLEMENTS (2018). Measurement of overall equipment effectiveness to improve operational efficiency. *Process Management and Benchmarking*. 8 (2): 246 – 261
- VALDERRAMA, S. (2015). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 1ra. ed. Editorial San Marcos: Lima, Perú.
- VALPUESTA y MUÑOZURI (2017). Aplicación de herramientas Lean en una fábrica del sector automoción. Escuela de Ingeniería, Sevilla, España.
- WORKNEH y SHALVAPULLE (2014). Autonomous Maintenance: A Case Study on Assela Malt Factory. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*. 4 (4): 170 – 178.

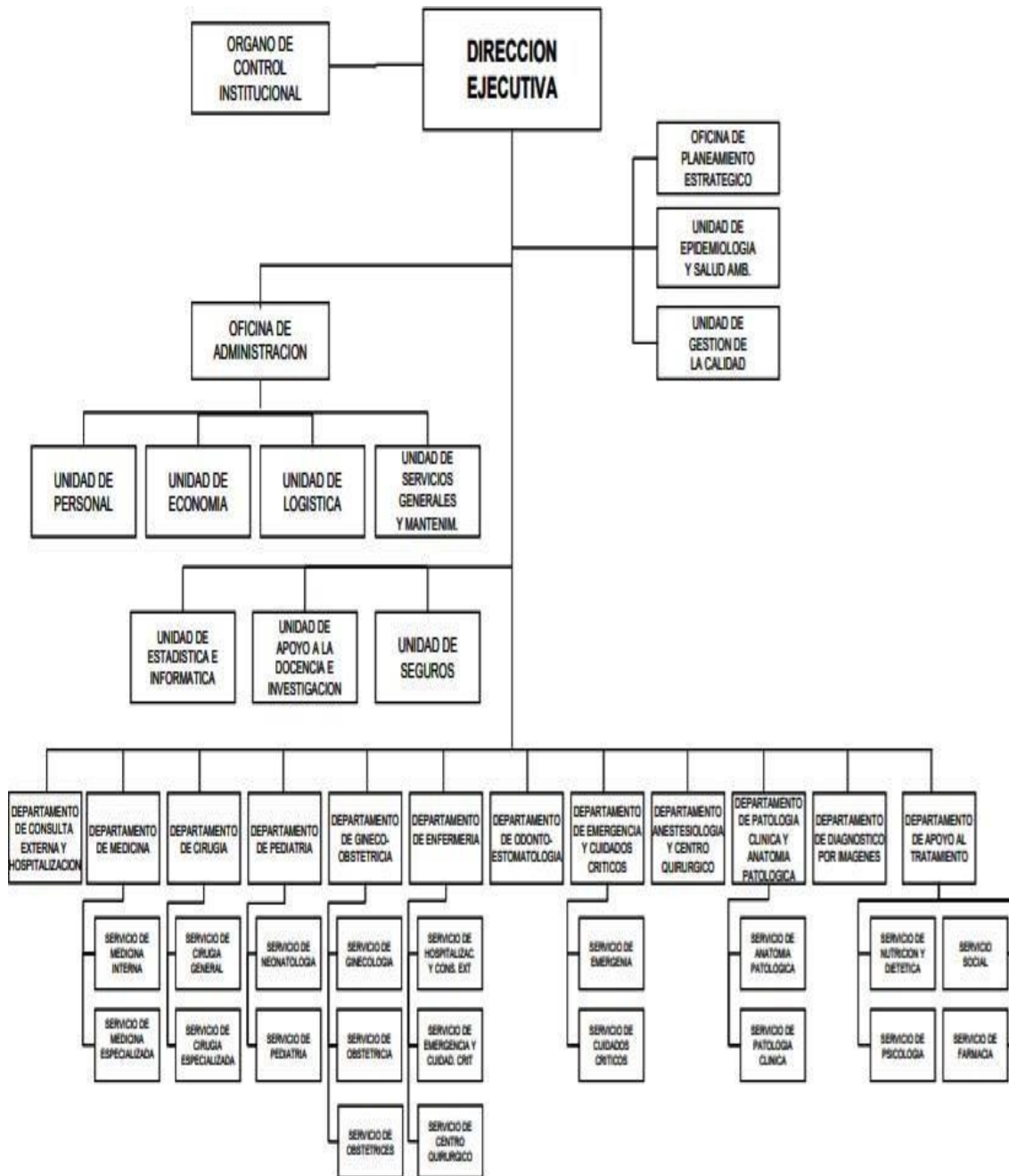
ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿De qué manera Lean Maintenance mejorará la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?.	Determinar cómo Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y SBS Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.	Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
PE1: ¿De qué manera Lean Maintenance mejorará la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?	OE1: Determinar cómo Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.	HE 1: Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020
PE2: ¿De qué manera Lean Maintenance mejorará la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020?	OE2: Determinar cómo Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020.	HE 2: Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos médicos en el Hospital de Chancay y Sbs Dr. Hidalgo Atoche López, 2020

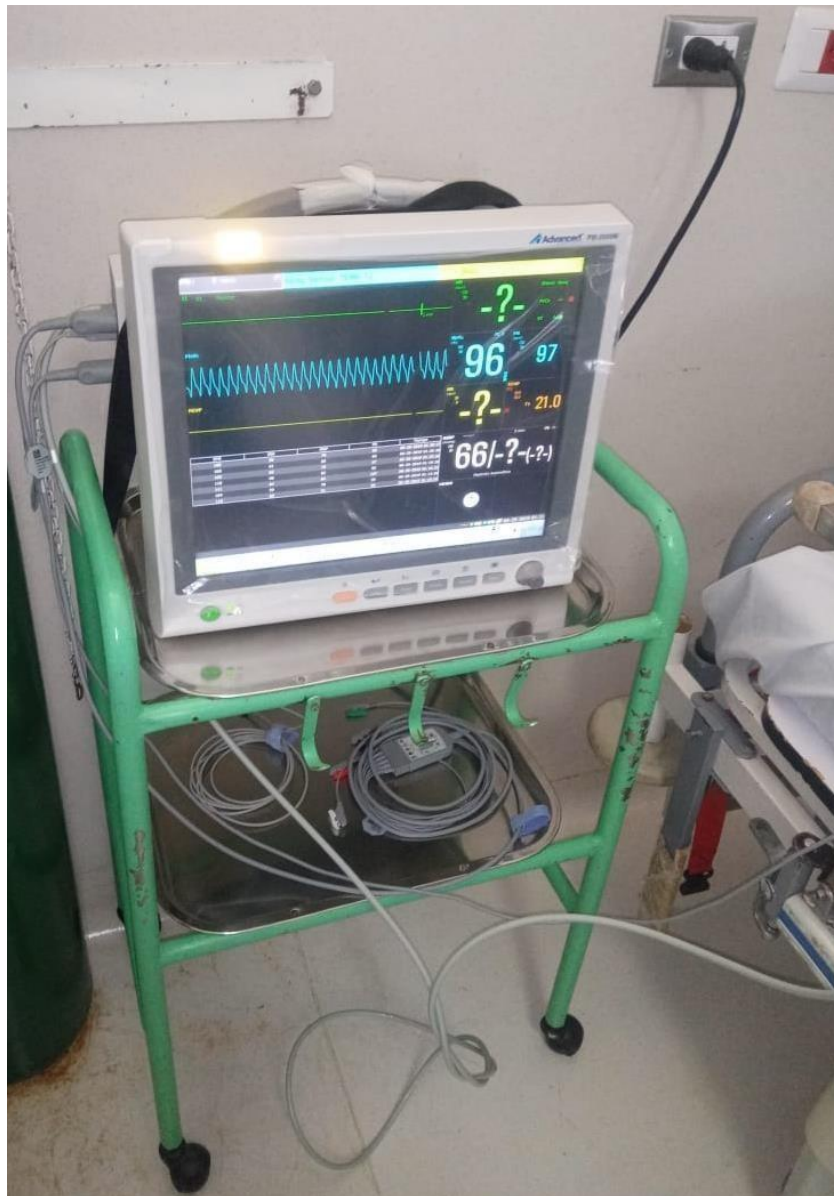
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Organigrama estructural del hospital de Chancay



Fuente: www.hospitaldechancay.gob.pe

Anexo 3. Monitor multiparámetro



Anexo 4. Ventilador mecánico



Anexo 5. Instrumentos Cronograma de mantenimiento

Área de mantenimiento		Programa de mantenimiento preventivo para equipos de la Jefatura del Departamento de Laboratorios y Audiovisuales											
Especificaciones		Ene 2016	Feb 2016	Mar 2016	Abr 2016	May 2016	Jun 2016	Jul 2016	Ago 2016	Sep 2016	Oct 2016	Nov 2016	Dic 2016
Equipo: Microscopio		Responsable: Técnico de mantenimiento											
No.	Actividades												
1	Remover las partículas de polvo del cuerpo del microscopio	■											
2	Limpieza superficial de las lentes	■											
3	Limpieza y reinstalar el mecanismo de sujeción de la placa porta muestra	■											
4	Inspección visual del microscopio	■											
5	Verificar que cada componente se encuentre en buen estado, este limpio y este bien ajustado mecánicamente		■										
6	Verificar la integridad de los conectores, los bujes y la lámpara incandescente												
7	Verificar que en el lugar de uso se conserven las condiciones de buena ventilación, control de humedad y temperatura		■										
8	Inspección mensual y servicio por parte de un técnico												■

Anexo 6. Formato de mantenimiento

		FICHA DE DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO		Manual de Procesos y Procedimientos os Versión 1.0
		MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
PROCESO	LOGISTICO INTEGRADO			
SUBPROCESO	SOPORTE DE SERVICIOS			
PROCEDIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Fecha	04/02/2020	
		Código	LOG - 020	
PROPOSITO	Ejecutar el mantenimiento programado de acuerdo al Plan anual de mantenimiento de equipos (biomédicos y electromecánicos) y vehículos a fin de que se encuentren operativos para contribuir con los servicios que brinda el hospital.			
ALCANCE	Oficina Ejecutiva de Administración, Oficina de Servicios Generales y Mantenimiento y Unidades Orgánicas Asistenciales			
MARCO LEGAL	R.M. N° 603-2006/MINSA, Aprueba la Directiva N° 007-MINSA/OGPP-V.02 Directiva para la formulación de documentos técnico normativos de gestión institucional.			
INDICES DE PERFORMANCE				
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE		RESPONSABLE
Cumplimiento del mantenimiento programado	Días de retraso	Oficina de Servicios Generales y Mantenimiento		Oficina de Servicios Generales y Mantenimiento
Avance de las metas de mantenimiento	Porcentaje			
NORMAS				
DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTOS				
N°	ACTIVIDAD	PRODUCTO	CARGO	UN. ORG.
	INICIO			
1	Indica a los Técnicos las intervenciones según el Cronograma establecido en el Plan anual de mantenimiento de equipos (biomédicos y electromecánicos) y vehículos aprobado con Resolución Directoral.	Indicaciones	Especialista Administrativo	Oficina de Servicios Generales y Mantenimiento
2	Interviene, evalúa, controla y verifica el estado de funcionamiento de los sistemas funcionales y otros del equipo (biomédico o electromecánico) o vehículo y determina en función de la falla el tipo de atención.	Equipo o vehículo evaluado	Técnico Electricista	
3	Si, requiere ajustes en la calibración o reacondicionamiento del sistema del equipo sin uso de materiales, interviene directamente.	Ajustes o reacondicionamiento de equipos		
4	Si requiere intervención con el empleo de materiales, accesorios y repuestos menores, interviene directamente.	Intervención menor		
5	Si requiere cambio de repuestos u otros servicios de mayor envergadura, llena la Orden de Trabajo de Mantenimiento (OTM) para autorización de servicio de mantenimiento por terceros.	Intervención de mayor envergadura	Director	
6	Evalúa la OTM y determina la autorización de servicio por terceros	Autorización para serv. por terceros	Téc. Contrat.	
8	A través de la OTM, informa al Director de la Oficina y Usuario la operatividad y servicio cumplido del equipo biomédico o electromecánico o vehículo.	Usuario informado	Especialista Administrativo	Oficina de Servicios Generales y Mantenimiento
9	En función de la OTM, se actualiza datos de la Hoja de Vida del equipo biomédico o electromecánico o vehículo.	Hoja de Vida actualizada	Técnico Electricista	
5	Se registra y archiva en el software de mantenimiento, el servicio cumplido.	Registro actualizado	Técnico Administrativo	
FIN				
ENTRADAS				

NOMBRE	FUENTE	FRECUENCIA	TIPO
Plan Anual de mantenimiento de equipos hospitalarios, clínicos y vehículos, etc.	Oficina Servicios Generales y Mantenimiento	Anual	Mecanizado
SALIDAS			
NOMBRE	DESTINO	FRECUENCIA	TIPO
Orden de Trabajo de Mantenimiento	Oficina de Servicios Generales y Mantenimiento	Según programación	Mecanizado
Hoja de Vida del equipo biomédico o vehículo Actualizada			
Software de mantenimiento actualizado.			
DEFINICIONES	Mantenimiento. - Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que los equipos biomédicos hospitalarios, clínicos y vehículos puedan seguir funcionando adecuadamente.		
REGISTROS	Hoja de Vida del equipo o vehículo		
ANEXOS	Diagrama de Flujo del Procedimiento Mantenimiento Preventivo		

Anexo 7. Ficha de recolección de datos Variable independiente

Variable		Lean Maintenance		
Dimensión		Mantenimiento planificado		
Meses del 2020	Periodo	Horas de mantenimiento planificado	Total horas de mantenimiento efectuado	Tiempo de mantenimiento
Marzo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Abril	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Mayo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			

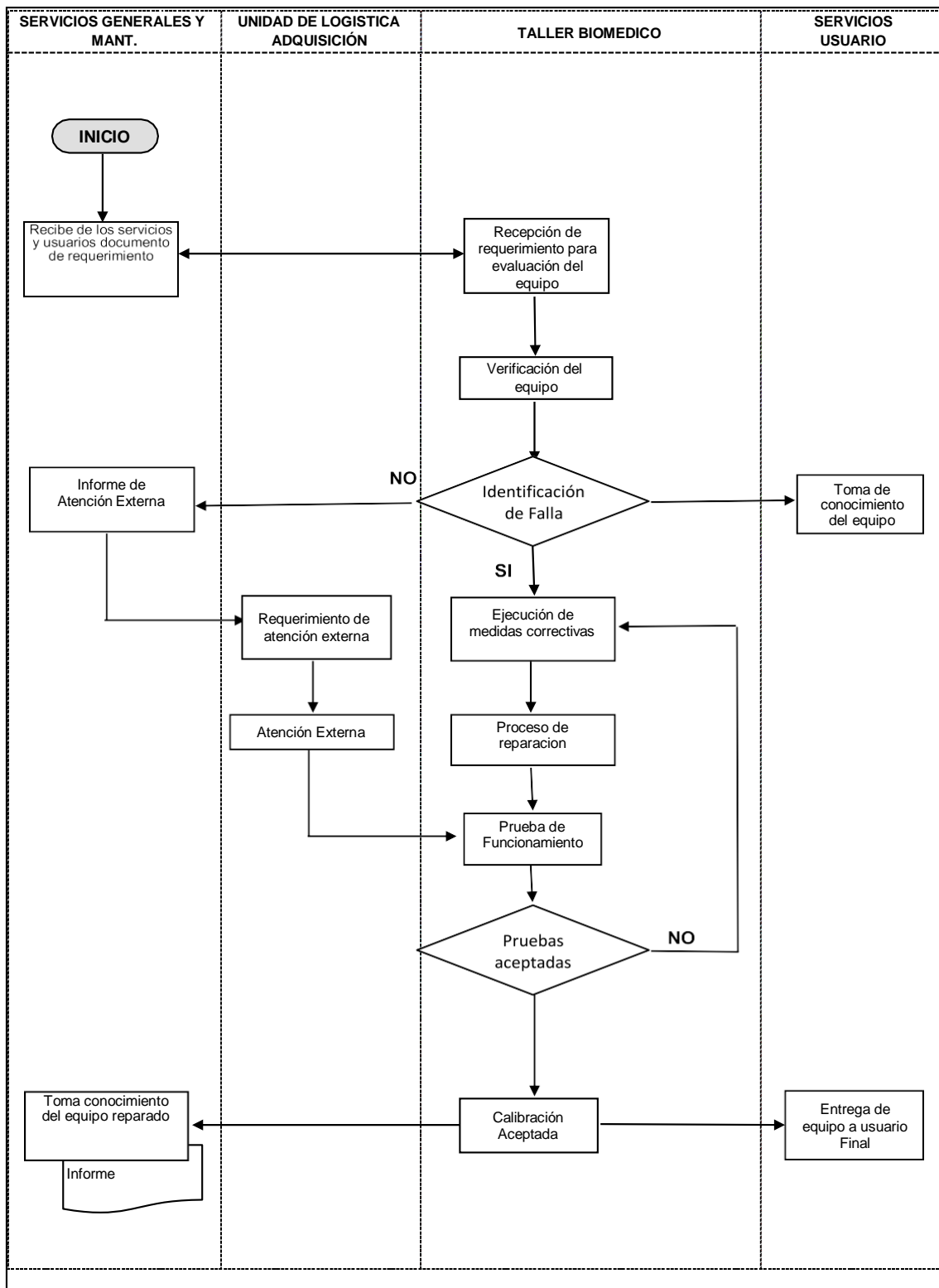
Variable		Lean Maintenance		
Dimensión		Mantenimiento autónomo		
Meses del 2020	Periodo	Inspecciones de equipos efectuados	Total de inspecciones de equipos programados	Inspección de equipos
Marzo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Abril	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Mayo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			

Variable dependiente

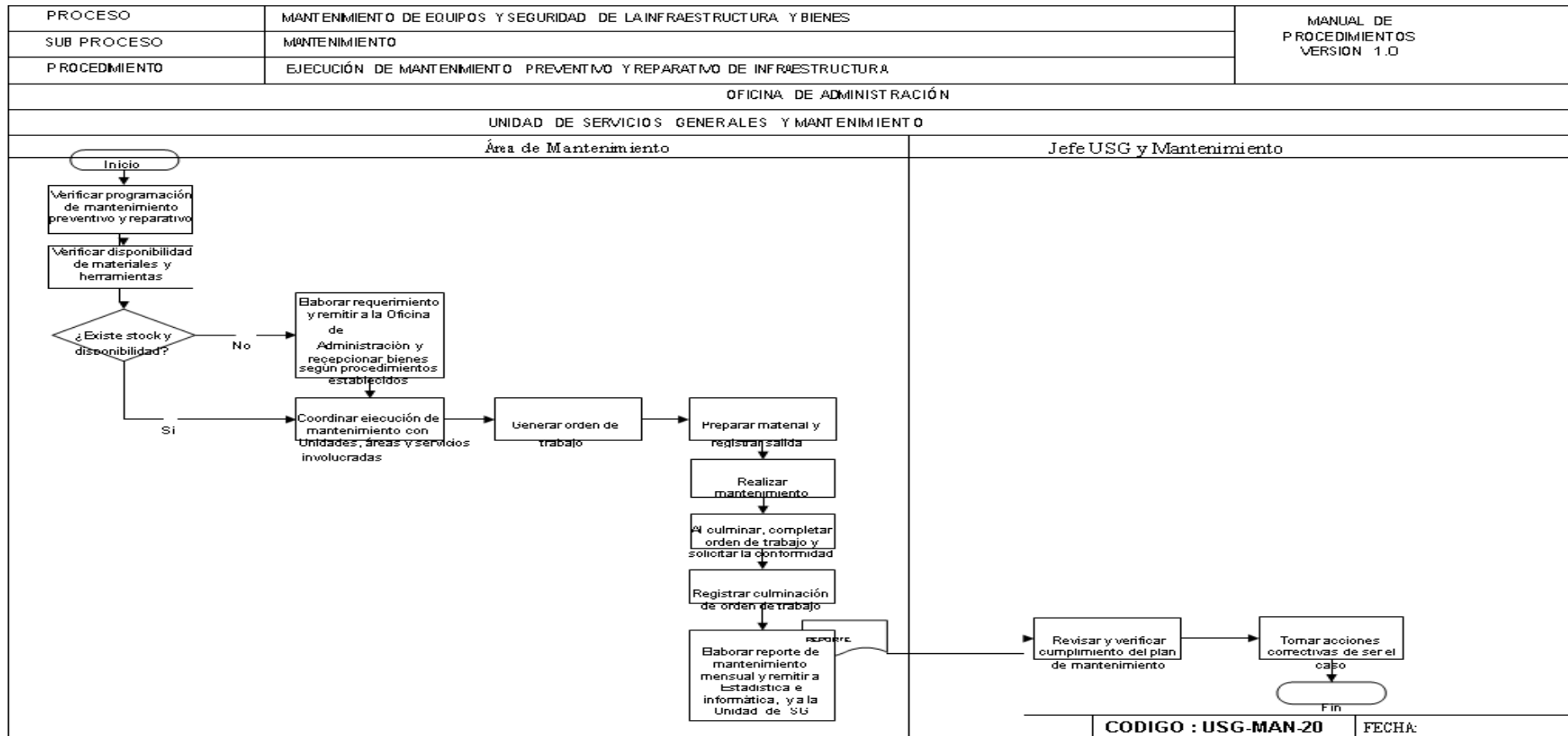
Variable		Disponibilidad		
Dimensión		Fiabilidad		
Meses del 2020	Periodo	Horas de operación	Numero de fallas detectadas	Tiempo promedio entre fallas
Marzo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Abril	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Mayo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			

Variable		Disponibilidad		
Dimensión		Mantenibilidad		
Meses del 2020	Periodo	Horas de mantenimiento planificado	Total horas de mantenimiento efectuado	Eficacia
Marzo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Abril	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			
Mayo	semana 1			
	semana 2			
	semana 3			
	semana 4			

Anexo 8. Área biomédica



Anexo 9. Flujograma de mantenimiento de equipos y seguridad de la infraestructura y bienes



Anexo 10. Informe técnico de mantenimiento de ventilador volumétrica

INFORME TECNICO

EQUIPO : Ventilador Volumétrico
UPSS : UCI - Emergencia
AREA : UCI
FECHA : 21-10-2019
REQUERIMIENTO : Mantenimiento Preventivo

Se requiere el mantenimiento preventivo general, verificación, calibración, ajustes de los diferentes parámetros de funcionamiento, pruebas de perfecta operación, cambio de accesorios por horas de trabajo, mantenimiento del sistema electrónico y sistema electromecánico, reemplazo de baterías, filtros, sensores de oxígeno y flujo.

CARACTERISTICAS DEL EQUIPAMIENTO

Marca : HAMILTON
Modelo : C2
Serie : 4918

SITUACION ACTUAL DEL EQUIPAMIENTO

Actualmente el ventilador volumétrico se encuentra en funcionamiento pero con deficiencias y está ubicado en el área de UCI, este presenta algunas observaciones las cuales se detallan a continuación:

- El ventilador registra en el historial de alarmas que requiere la calibración del sensor de Oxígeno.
- El ventilador entrega un menor porcentaje de oxígeno del configurado, lo cual provoca inconvenientes en la atención del paciente.

ACTIVIDADES A REALIZAR EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Examinar el exterior del equipo y las condiciones físicas generales. Realizar la limpieza general exterior.
- Pintar el carro (estructura) metálica del ventilador del mismo color al existente.

- Verificar que la carcasa del equipo se encuentre intacta, que todos los accesorios estén presentes y firmes, y que no haya señales de líquidos derramados u otros elementos extraños al equipo.
- Verificar el suministro de gases aire/oxígeno
- Hacer que el equipo ejecute su autochequeo y verificar que todas las alarmas visuales y audibles se activan. Verificar los mensajes de alarma que aparecen en la pantalla y que se corresponden con la descripción de la alarma provocada. Si el respirador tiene una función para silenciar temporalmente el tono de la alarma, verificar que se apaga su sonido y que tras un tiempo ésta vuelve a activarse automáticamente.
- Suministro e instalación de circuito de paciente completo tanto pediátrico como adulto siliconados (mangueras, pieza en "YE", filtros y conectores adaptadores), Verificar la colocación y estado adecuados del diafragma y cuerpo de exhalación.
- Verificar el correcto funcionamiento o encendido de todos los indicadores.
- Suministro e instalación de batería de respaldo. Para probar el buen funcionamiento de la batería se debe dejar desconectado de 4 a 8 horas para verificar el estado de las baterías.
- Corrección de las fugas internas en el sistema neumático si las hubiera.
- Revisar las condiciones de los filtros de los gases respiratorios. Verificar que no existen indicadores de residuos corrosivos, líquidos, gases, o partículas sólidas contaminantes en la fuente de gas. Limpiar los filtros o reemplazarlos si fuera necesario.
- Programar el buen funcionamiento del equipo para lo cual debe de verificar los siguientes parámetros:
 - a. Frecuencia respiratoria
 - b. Tiempo de inspiración
 - c. Pico de presión inspiratoria (PIP)
 - d. Pico y valor medio del flujo inspiratorio.
 - e. PEEP

- f. Valor medio de presión en Vias (MAP)
 - g. Volumen Tidal y volumen minuto
 - h. Fracción de oxígeno inspirado (FIO₂)
 - i. Temperatura de aire inspirado.
 - j. Otros valores monitorizados.
- Realizar verificaciones eléctricas, como medición de intensidad de corriente, verificación de puestas a tierra, verificación del funcionamiento de paradas de emergencia, verificación de conexiones, etc.
 - Se deberá de proveer los siguientes repuestos y/o kits de mantenimiento:
 - Instalación del kit de mantenimiento.
 - Cambio del cooler (ventilador de enfriamiento)
 - Cambio del regulador de presión de oxígeno
 - Cambio del sensor de flujo, cuerpo de válvula y diafragma de exhalación
 - Cambio del kit de baterías internas.
 - Cambio de sensor de oxígeno.
 - Calibración del control interno del equipo y periféricos.
 - Pruebas finales de funcionamiento.

COCLUSIONES

El equipamiento actualmente se encuentra en funcionamiento pero con deficiencia, este se encuentra ubicado en el área de UCI por lo que se le requiere realizar todas las actividades antes mencionadas para devolver la operatividad al 100% del equipamiento.



 WILBER LEONEL
 MEZA AGUIRRE
 INGENIERO ELECTRONICO
 Reg. CIP N° 141

Anexo 11. Labores de mantenimiento



Anexo 12. Instrumentos de medición a través de juicios de expertos validados

Experto: 01



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Aplicación Lean Maintenance para mejorar disponibilidad de equipos médicos en Hospital de Chancay y S.B.S Dr. Hidalgo Atoche López 2020					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I. Lean Maintenance	Según Paredes (2005), preciso que el Lean Maintenance es una operación de mantenimiento proactivo que emplean las labores del mantenimiento planificado y programado a partir de las prácticas de mantenimiento productivo total, usando las estrategias del mantenimiento desarrollados mediante la aplicación de la decisión lógica del mantenimiento centrado en la confiabilidad y puesto en práctica de equipos de acción empoderada. (p. 2)	La aplicación del Lean Maintenance se mide considerando el mantenimiento planificado y el mantenimiento autónomo, midiendo los tiempos e inspecciones respectivamente	Mantenimiento planificado	$TM = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado}}{\text{Total horas de mantenimiento}} \times 100$ TM: Tiempo de mantenimiento	RAZÓN
			Mantenimiento autónomo	$IE = \frac{\text{Inspección de equipos efectuados}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$ IE: Inspección de equipos	RAZÓN
V.D. Disponibilidad	Según Arques (2009) señaló que la disponibilidad es la probabilidad que un equipo efectúe funciones precisas en un momento dado, tal que esté en funcionamiento y este operativo según los protocolos establecidos (p. 69).	Las entidades miden la disponibilidad en función de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, la cual se basa en evaluar las fallas de los equipos	Fiabilidad	$TEMF = \frac{HROP}{\sum NFD}$ TEMF: Tiempo promedio entre fallas HROP: Horas de operación NFD: Número de fallas detectadas	RAZÓN
			Mantenibilidad	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NFD}$ TPMR: Tiempo de reparación TTF: Tiempo total de fallas NFD: Número de fallas detectada	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia



Experto: 02



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Aplicación Lean Maintenance para mejorar disponibilidad de equipos médicos en Hospital de Chancay y S.B.S Dr. Hidalgo Atoche López 2020					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I. Lean Maintenance	Según Paredes (2005), preciso que el Lean Maintenance es una operación de mantenimiento proactivo que emplean las labores del mantenimiento planificado y programado a partir de las prácticas de mantenimiento productivo total, usando las estrategias del mantenimiento desarrollados mediante la aplicación de la decisión lógica del mantenimiento centrado en la confiabilidad y puesto en práctica de equipos de acción empoderada. (p. 2)	La aplicación del Lean Maintenance se mide considerando el mantenimiento planificado y el mantenimiento autónomo, midiendo los tiempos e inspecciones respectivamente	Mantenimiento planificado	$TM = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado}}{\text{Total horas de mantenimiento}} \times 100$ TM: Tiempo de mantenimiento	RAZÓN
			Mantenimiento autónomo	$IE = \frac{\text{Inspección de equipos efectuados}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$ IE: Inspección de equipos	RAZÓN
V.D. Disponibilidad	Según Arques (2009) señaló que la disponibilidad es la probabilidad que un equipo efectúe funciones precisas en un momento dado, tal que esté en funcionamiento y este operativo según los protocolos establecidos (p. 69).	Las entidades miden la disponibilidad en función de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, la cual se basa en evaluar las fallas de los equipos	Fiabilidad	$TEMP = \frac{HROP}{\sum NFD}$ TEMP: Tiempo promedio entre fallas HROP: Horas de operación NFD: Número de fallas detectadas	RAZÓN
			Mantenibilidad	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NFD}$ TPMR: Tiempo de reparación TTF: Tiempo total de fallas NFD: Número de fallas detectada	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia



Zoom out (Ctrl+Minus)

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Lean Maintenance							
	Dimensión 1: Mantenimiento planificado							
	$TM = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado}}{\text{Total horas de mantenimiento}} \times 100$ TM: Tiempo de mantenimiento	X		X		X		
	Dimensión 2: Mantenimiento autónomo							
	$IE = \frac{\text{Inspección de equipos efectuados}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$ IE: Inspección de equipos	X		X		X		

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad							
	Dimensión 1: Fiabilidad							
	$TEMP = \frac{HROP}{\sum NFD}$ Siendo: TEMP: Tiempo promedio entre fallas HROP: Horas de operación NFD: Número de fallas detectadas	X		X		X		
	Dimensión 2: Mantenibilidad							
	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NFD}$ Tal que: TPMR: Tiempo de reparación TTF: Tiempo total de fallas NFD: Número de fallas detectada	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Mg:Molina Vilchez Jaime Enrique..... DNI: 06019540

Especialidad del validador:..... Ingeniero Industrial CIP 100497

05 de Junio de 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante.

Experto: 03



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Lean Maintenance							
	Dimensión 1: Mantenimiento planificado							
	$TM = \text{Horas de mantenimiento planificado} \times 100$ Total horas de mantenimiento TM: Tiempo de mantenimiento	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Mantenimiento autónomo							
	$IE = \text{Inspección de equipos efectuados} \times 100$ Inspecciones programadas IE: Inspección de equipos	✓		✓		✓		

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad							
	Dimensión 1: Fiabilidad							
	$TEMP = \frac{HROP}{\sum NFD}$ Siendo: TEMP: Tiempo promedio entre fallas HROP: Horas de operación NFD: Número de fallas detectadas	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Mantenibilidad							
	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NFD}$ Tal que: TPMR: Tiempo de reparación TTF: Tiempo total de fallas NFD: Número de fallas detectadas	✓		✓		✓		



Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador, Dr/ Mg: Egusquiza Rodriguez Margarita Jesús DNI: 8474379.....

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL.....

10 de Junio de 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

.....
 Firma del Experto Informante.