



ARTICULO ORIGINAL

DIRECCIÓN

Análisis de datos aplicado a la gestión del mantenimiento hospitalario

Data analysis applied to hospital maintenance management

Eduardo Toledo-Ponce^{1*} <http://orcid.org/0000-0002-3766-7453>

Erick Techera-Aymachoque² <http://orcid.org/0000-0002-3238-8172>

1 Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima, Perú.

2 Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Callao, Perú.

* Autor para la correspondencia: eduardo.toledo@essalud.gob.pe

RESUMEN

El Seguro Social de Salud del Perú (EsSalud) es una entidad que brinda atención asistencial y prestaciones sociales a los trabajadores de empresas públicas y privadas. Se establecen **estrategias de optimización de la gestión de mantenimiento hospitalario en EsSalud, a través de herramientas de análisis de datos y la evaluación de indicadores de gestión**. La evaluación requirió de: herramientas de estadística y aplicaciones de análisis de datos; en los datos registrados en los sistemas informáticos de la entidad. Los resultados de cada indicador se ponderaron, aplicándose una puntuación de cuatro si superaban la meta establecida, y una puntuación de cero, si estaban por debajo del umbral mínimo. Como resultado de la aplicación del método en 30 Órganos Desconcentrados (ODC's), se determinó que cuatro ODC's han realizado una excelente gestión de mantenimiento y cinco poseen una deficiente gestión.

Palabras clave: mantenimiento hospitalario; análisis de datos; indicadores de gestión de mantenimiento.

ABSTRACT

The Peruvian Social Health Insurance (EsSalud) is an entity that provides health care and social benefits to workers in public and private companies. This document proposes to establish strategies for optimizing the management of hospital equipment and infrastructure maintenance in EsSalud, using data analysis tools and the quantitative evaluation of eight management indicators. To carry out the review, statistical tools, and data analysis applications were applied, using the data recorded

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE

in the entity's computer systems. The results obtained for each indicator were weighted, applying a score of 4 if they exceeded the established goal, and a score of 0 if they were below the minimum threshold. As a result of the application of the method in 30 Decentralized Organs (ODC's), it was determined that 4 ODC's had performed excellent maintenance management and five organs had deficiency management.

Keywords: hospital assets management; data analysis; maintenance management indicators.

Recibido: 5/07/2022

Aprobado: 30/03/2023

Introducción

La gestión de mantenimiento hospitalario está orientada a la conservación de los activos, así como de garantizar la vida útil y adecuado funcionamiento de dichos activos [1], que forman parte de una Institución Prestadora de Servicios de Salud (IPRESS). Esta gestión tiene un alto grado de complejidad debido a que existe una amplia diversidad de activos en las IPRESS; por ejemplo, una primera clasificación de activos sería la siguiente: equipos biomédicos, electromecánicos, complementarios; infraestructura asistencial; instalaciones electromecánicas, sanitarias y eléctricas; mobiliario clínico, entre otros.

En tal sentido, la aplicación de una eficiente gestión del mantenimiento para cada tipología de activo requiere personal con conocimiento técnico específico (ingenieros biomédicos, mecánicos, civiles, informáticos, arquitectos, entre otros), así como de instrumentos especializados (simuladores de parámetros para equipos biomédicos, instrumentos para análisis predictivo en equipos electromecánicos, etc.) para la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de dichos activos.

A pesar de la complejidad antes indicada, existen entidades internacionales que brindan referencias técnicas para la adecuada gestión del mantenimiento; por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud [2] y la empresa *Fluke Corporation* [3] han elaborado guías técnicas para establecer la frecuencia de mantenimiento de equipos biomédicos; asimismo, el *Emergency Care Research Institute* (ECRI) ha desarrollado procedimientos de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos¹.

La gestión de mantenimiento en el Seguro Social de Salud – EsSalud es regulada a través de documentos normativos (directivas, procedimientos, manuales, lineamientos) establecidos y aprobados por la entidad, acorde al marco regulatorio establecido por el Ministerio de Salud, para su aplicación a nivel nacional. El universo de activos de EsSalud está conformado por 56,464 equipos estratégicos, e infraestructura hospitalaria conformada por 389 IPRESS, las que pertenecen a 30

¹ <https://www.ecri.org/library/resource-types/product-evaluation>

ANÁLISIS DE DATOS APLICADO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

Órganos Desconcentrados (ODC) distribuidos a nivel nacional². A su vez, cada ODC cuenta con autonomía presupuestal para la ejecución del mantenimiento del equipamiento e infraestructura hospitalaria a su cargo.

La Sub Gerencia de Mantenimiento (SGM), como ente rector del mantenimiento hospitalario en EsSalud, es responsable de elaborar los documentos técnico-normativos para la gestión de mantenimiento institucional³. En ese sentido, la SGM determina los indicadores y las metas a alcanzar para la adecuada gestión del mantenimiento en la entidad. En el presente artículo se propone la evaluación de la gestión de mantenimiento de los ODC's a través de 8 Indicadores.

Análisis de datos para la gestión de mantenimiento hospitalario

La gestión de mantenimiento en el enfoque de *Big Data* y analítica, se denomina **Análisis de Mantenimiento** del inglés, *Maintenance Analysis* (MA). El MA aborda el proceso de descubrimiento, comprensión y comunicación de datos de mantenimiento desde cuatro perspectivas:

- 1) Análisis descriptivo de mantenimiento (monitoreo) se enfoca en descubrir y describir lo que sucedió en el pasado;
- 2) Análisis de diagnóstico de mantenimiento se centra en comprender por qué sucedió algo;
- 3) Análisis predictivo de mantenimiento se enfoca en estimar lo que sucederá en el futuro; y
- 4) Análisis prescriptivo de mantenimiento que aborda lo que se debe hacer a continuación [4].

El análisis de datos o MA se soporta en un proceso de toma de decisiones, el que consiste en:

- 1) Adquisición de información, para obtener datos relevantes y gestionar su contenido
- 2) Transición de datos, para comunicar los datos recopilados
- 3) Fusión de datos, para recopilar datos e información de diferentes fuentes
- 4) Minería de datos, para analizar datos para extraer información y conocimiento
- 5) Extracción y visualización de información, para apoyar la decisión de mantenimiento; como se muestra en la figura 1 [4].



² Boletín Estadístico de EsSalud, publicado en: <http://www.essalud.gob.pe/estadistica-institucional/>

³ Reglamento de Organización y Funciones de EsSalud, publicado en: http://www.essalud.gob.pe/reglamento_de_organizacion_y_funciones/

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE

Fig. 10 - Proceso de toma de decisiones en mantenimiento.

Fuente: Westerberg, et al (2016) [4]

La última etapa del proceso se proyecta en una herramienta denominada Dashboard. El propósito principal de esta herramienta es mostrar toda la información requerida en una sola pantalla, de manera clara y sin distracciones, de manera que se pueda asimilar rápidamente y sin desorden. Esta es una tarea difícil que requiere un conjunto específico de principios de diseño [5].

Selección de indicadores de gestión

En términos generales, un indicador clave de desempeño o KPI (*Key Performance Indicator*, por sus siglas en inglés) es una métrica que mide qué tan bien la organización o un individuo realiza una actividad operativa, táctica o estratégica que es fundamental para el éxito actual y futuro de la organización [5].

Los indicadores deben contar con las características siguientes tener propietarios de los KPIs asignados; empoderamiento; oportunidad, en el sentido que muestran la información en el momento adecuado; estar en el nexo de procesos interrelacionados; ser fáciles de entender; ser precisos para medir los objetivos previstos; ser relevantes o de alto impacto [5].

Para la selección de los indicadores de mantenimiento de una determinada institución, se requiere:

- 1) Tener conocimiento de los procesos internos involucrados con la gestión de mantenimiento
- 2) Conocer las fuentes de información o programas informáticos que permitirán la extracción de datos para el cálculo de los indicadores
- 3) Establecer las metas en base a registros históricos o en base a indicadores de otras instituciones similares
- 4) Establecer la frecuencia en que se obtendrán dichos indicadores [5].

Los indicadores de gestión de mantenimiento para una empresa industrial han sido difundidos en diversos trabajos técnicos, y usualmente convergen en los siguientes: disponibilidad, MTTF o tiempo medio de fallos, MTBF o tiempo medio entre fallos, OEE o Efectividad total de los Equipos, entre otros [6, 7, 8]. Para el caso del mantenimiento hospitalario, la definición de los indicadores de gestión no está orientada a la productividad del equipo, sino a su disponibilidad y operatividad. En las políticas de las entidades públicas respecto a la eficiencia del gasto público, cobra relevancia la selección de indicadores relacionados a costos de mantenimiento. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propone un indicador para evaluar el costo de los contratos de mantenimiento preventivo y correctivo (MPC), denominado Coeficiente de Costo de Servicio (CCS), tomando como valor recomendado, entre 5 % y 10 % del costo del equipo [2].

El objetivo del artículo es establecer estrategias para la optimización de la gestión de mantenimiento hospitalario en EsSalud, a través de herramientas de análisis de datos y la evaluación de indicadores de gestión.

Métodos

La alta especialización de los activos tecnológicos que se encuentran en los centros hospitalarios, en cuanto a número y diversidad, se refleja en la complejidad de la gestión de la tecnología, que debe ser eficiente para que los equipos puedan utilizarse siempre de forma segura y adecuada. Desde esta perspectiva, el mantenimiento es un proceso clave a lo largo del ciclo de vida de todo dispositivo médico [9].

Teniendo en cuenta los indicadores utilizados con mayor frecuencia en gestión de mantenimiento de equipos estratégicos y de infraestructura hospitalaria, para la elaboración del Dashboard de EsSalud se han seleccionado los siguientes indicadores:

– Indicadores de mantenimiento de equipos:

$$\text{Operatividad del equipamiento} = \frac{\text{Cantidad de equipos operativos}}{\text{Cantidad total de equipos}} \times 100 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Cumplimiento de programa de mantenimiento} \\ = \frac{\text{Cantidad de OTMs programadas cerradas}}{\text{Cantidad total de OTMs programadas}} \times 100 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de mantenimiento correctivo} \\ = \frac{\text{Cantidad de OTMs de mantenimiento imprevisto}}{\text{Cantidad total de OTMs}} \times 100 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{Coeficiente de costo de servicio} = \frac{\text{Costo anual de mantenimiento}}{\text{Valor del Equipamiento nuevo}} \times 100 \quad (4)$$

– Indicadores de mantenimiento de infraestructura:

$$\begin{aligned} \text{Estado de conservación de infraestructura} \\ = \frac{\text{Cantidad de IPRESS en estado Bueno y Regular}}{\text{Cantidad total de IPRESS}} \times 100 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{Costo de mantenimiento por m}^2 = \frac{\text{Costo anual de mantenimiento}}{\text{Cantidad total de m}^2} \quad (6)$$

– Indicadores de presupuesto de mantenimiento:

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de ejecución presupuestal} \\ = \frac{\text{Presupuesto anual ejecutado}}{\text{Presupuesto anual asignado}} \times 100 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de presupuesto planificado} \\ = \frac{\text{Pres. planificado} - \text{Pres. asignado año anterior}}{\text{Presupuesto asignado año anterior}} \times 100 \end{aligned} \quad (8)$$

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE

Los indicadores 1, 2, 3 y 5 se avalúan mensualmente, cuando empresas contratadas priorizan y ejecutan las actividades de mantenimiento programadas y presentan los informes para la conformidad de su pago al concluir cada mes. Mientras que los indicadores 4, 6, 7 y 8 se informan anualmente

Para cada indicador se definen las metas para un resultado óptimo, lo que determinará la efectividad de la gestión de mantenimiento hospitalario. Se definen valores de penalización, lo que permitirá identificar de manera específica en qué aspecto una determinada gestión es deficiente:

- **Metas de los indicadores asociados a mantenimiento de equipos:**
 - 1) Operatividad del equipamiento (OE) $\geq 95\%$; penalización $< 89\%$
 - 2) Cumplimiento de programa de mantenimiento (CPM) $\geq 90\%$; penalización $< 80\%$
 - 3) Porcentaje de mantenimiento correctivo (PMC) $< 3\%$; penalización $> 10\%$
 - 4) Coeficiente de costo de servicio (CSR) $\leq 2\%$; penalización $> 9\%$
- **Metas de los indicadores asociados a mantenimiento de infraestructura:**
 - 5) Estado de conservación de infraestructura (ECI) = 100% ; penalización $< 80\%$
 - 6) Costo de mantenimiento por m² (CMM) ≤ 40 soles; penalización > 130 soles
- **Metas de los indicadores asociados al presupuesto de mantenimiento:**
 - 7) Porcentaje de ejecución presupuestal (EP) $\geq 110\%$; penalización $< 86\%$
 - 8) Incremento de presupuesto planificado (IPP) $\leq 25\%$; penalización $> 150\%$

Previo a la evaluación de resultados, es necesario comprender que la asignación y ejecución presupuestal es evaluada en base a cuatro posiciones presupuestarias que se clasifican como se indican en la Tabla 1:

Tabla 1 - Posiciones presupuestarias de mantenimiento hospitalario en EsSalud.

| Tipo de mantenimiento | Servicios (Mano de obra) | Bienes (Repuestos y Mat. de ferretería) |
|------------------------------|---|--|
| Equipos | Mantenimiento y reparación de equipos | Herramientas y Repuestos |
| Infraestructura | Mantenimiento y conservación de infraestructura | Materiales de ferretería, eléctricos y otros |

A partir de la información mostrada, es posible obtener la ejecución presupuestal de manera independiente para el equipamiento y para la infraestructura hospitalaria, empleando las herramientas informáticas Institucionales, tanto para la obtención de los reportes presupuestales, como para la obtención de reportes relacionados a la ejecución de mantenimiento de equipos hospitalarios.

Como resultado del análisis de datos realizado, se elaboró un *Dashboard* que permite obtener indicadores de gestión y que estos puedan ser evaluados por cada Órgano Desconcentrado. El *Dashboard* fue realizado con la herramienta Power BI, el cual obtiene la información que se descarga mensualmente de los aplicativos informáticos antes mencionados. El resultado del panel de indicadores desarrollado se muestra en las siguientes figuras. La pantalla principal (Figura 2) muestra que los reportes están clasificados en las siguientes 5 categorías:



Fig. 2 - Pantalla principal de la aplicación de gestión de reportes.

1. El reporte de gestión de mantenimiento de equipos de alta tecnología muestra características de los equipos tales como: estado operativo de los equipos (fig. 3), garantía (fig. 4), denominación general del equipo (fig. 5) cobertura de mantenimiento y costo de adquisición especializados. Entre dichos equipos se encuentran: tomógrafos, resonadores magnéticos, equipos de angiografía, equipos de mamografía, aceleradores lineales, entre otros, los cuales por su complejidad y elevado costo de adquisición requieren un reporte individual.



Fig. 3 - Estado operativo de los equipos.

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE

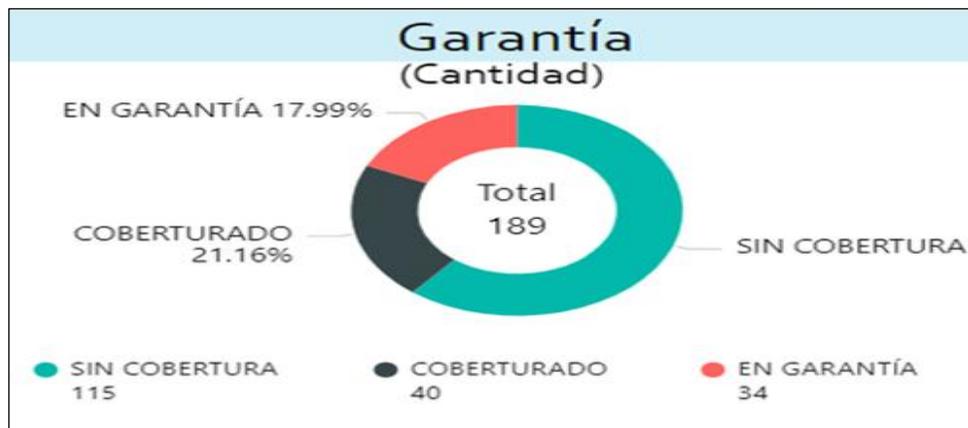


Fig. 4 – El estado de los contratos de mantenimiento y de garantía de los equipos.

| Denominación General del Equipo | | | | | | | |
|---------------------------------|--|---|--------------------|-------------|--------------------|---------|-----------------------|
| ODC | IPRESS | EQUIPO | ESTADO SITUACIONAL | COBERTURA | ANTIGUEDAD EN AÑOS | MARCA | P. UNIT. US \$ |
| ALMENARA | HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN | ANGIOGRAFO CARDIOVASCULAR | OPERATIVO | COBERTURADO | 12 | TOSHIBA | 989,989.57 |
| ALMENARA | HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN | ANGIOGRAFO UNIVERSAL DE TECHO | OPERATIVO | COBERTURADO | 14 | TOSHIBA | 899,038.89 |
| ALMENARA | HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN | EQUIPO DE MAMOGRAFIA DIGITAL | OPERATIVO | COBERTURADO | 8 | HOLOGIC | 306,455.83 |
| ALMENARA | ALFREDO PIAZZA ROBERTS | EQUIPO DE MAMOGRAFIA DIGITAL CON MESA DE ESTEREOTAXIA | OPERATIVO | COBERTURADO | 13 | HOLOGIC | 551,300.00 |
| ALMENARA | HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN NUEVA EMERGENCIA | EQUIPO DE RAYOS X ESTACIONARIO RADIOGRAFIA DIGITAL | OPERATIVO | COBERTURADO | 10 | AGFA | 489,463.19 |
| ALMENARA | HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN | EQUIPO PET/CT | OPERATIVO | COBERTURADO | 9 | PHILIPS | 2,468,655.00 |
| ALMENARA | HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN | LITOTRIPTOR EXTRACORPOREO | OPERATIVO | COBERTURADO | 15 | DORNIER | 448,112.27 |
| ALMENARA | HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN | TOMOGRAFO COMPUTARIZADO DE 128 CORTES | OPERATIVO | COBERTURADO | 7 | PHILIPS | 772,803.71 |
| Total | | | | | | | 109,840,581.08 |

Fig. 5. Detalle de los equipos

El reporte de gestión de mantenimiento de infraestructura hospitalaria refleja información sobre el estado de conservación (según las especialidades de arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias). Elementos, tales como: cantidad de establecimientos de salud por ODC (fig. 6), propiedad del EESS (fig. 7), rango de antigüedad (fig. 8), área construida (fig. 9), material predominante (fig. 10), nivel de atención (fig. 11), ubicación georreferenciada, entre otros datos relevantes por cada ODC.



Fig. 6 - Cantidad de establecimientos de salud por ODC.

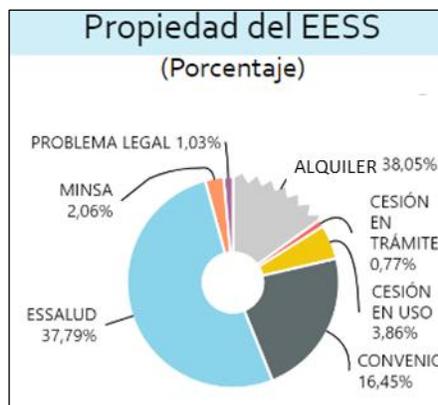


Fig. 7 - Propiedad del EES.

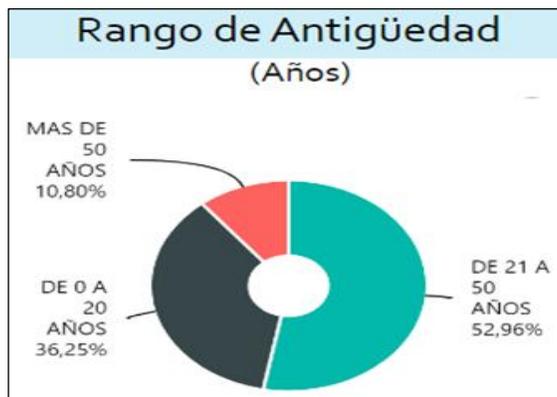


Fig. 8 - Rango de antigüedad.

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE



Fig. 9 – El área construida de la infraestructura por ODC.

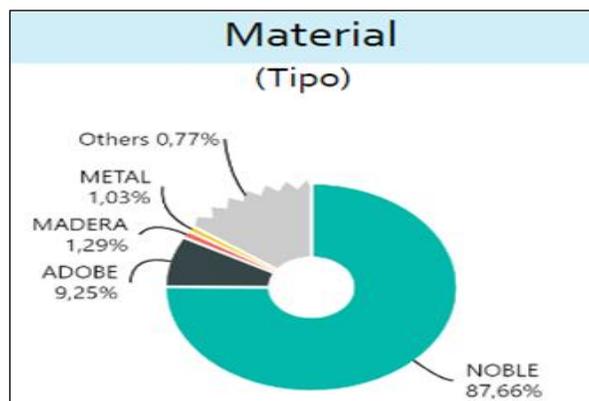


Fig. 10 –Materiales de construcción.



Fig. 11 – Nivel de atención.

2. El reporte de gestión de mantenimiento de equipos hospitalarios estratégicos recoge sobre los equipos biomédicos y electromecánicos datos de: su estado operativo (fig. 12), cantidad de equipos que deben darse de baja o se encuentran

ANÁLISIS DE DATOS APLICADO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

pendientes de reparación, por cada ODC (fig. 13), vida útil estimada (fig. 14), garantía vigente (fig. 15) y costo de adquisición.



Fig. 12 - Estado operativo del equipamiento.



Fig. 13 - Cantidad y tipo de equipos por ODC.

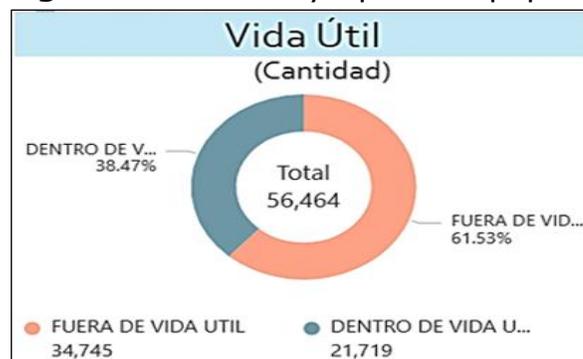


Fig. 14 - cantidad de equipos por vida útil.

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE



Fig. 15 - estado de la vigencia de la garantía de los equipos.

3. El reporte de ejecución presupuestal por cada posición presupuestaria de mantenimiento de equipos e infraestructura incluye: la ejecución mensual del presupuesto por ODC (fig. 16), el monto (en S/) de mantenimiento ejecutado por posición presupuestaria (fig. 17) y la tendencia de la ejecución acumulada mensual (fig. 18).

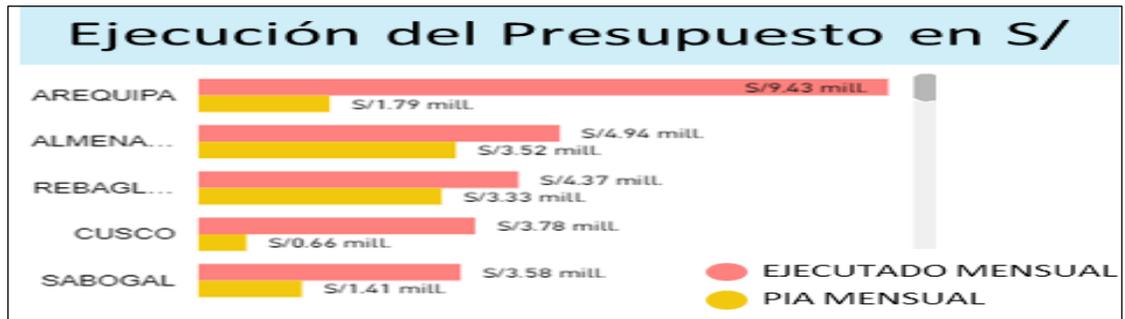


Fig. 16 - Ejecución mensual del presupuesto por ODC.

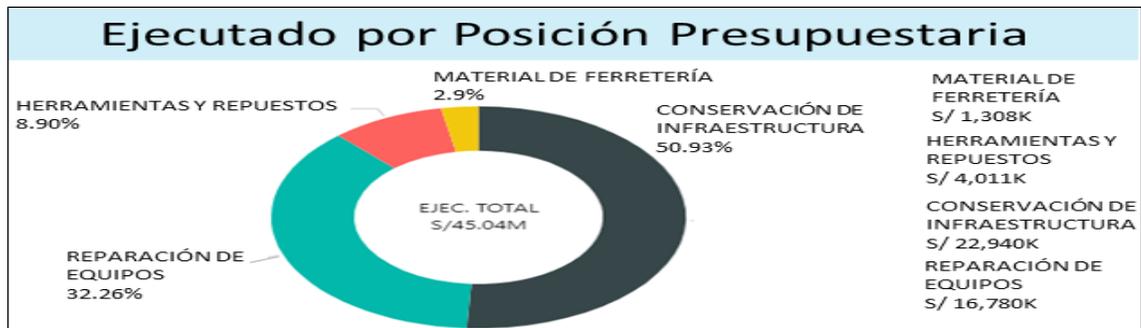


Fig. 17 - monto (en S/) de mantenimiento ejecutado por posición presupuestaria.

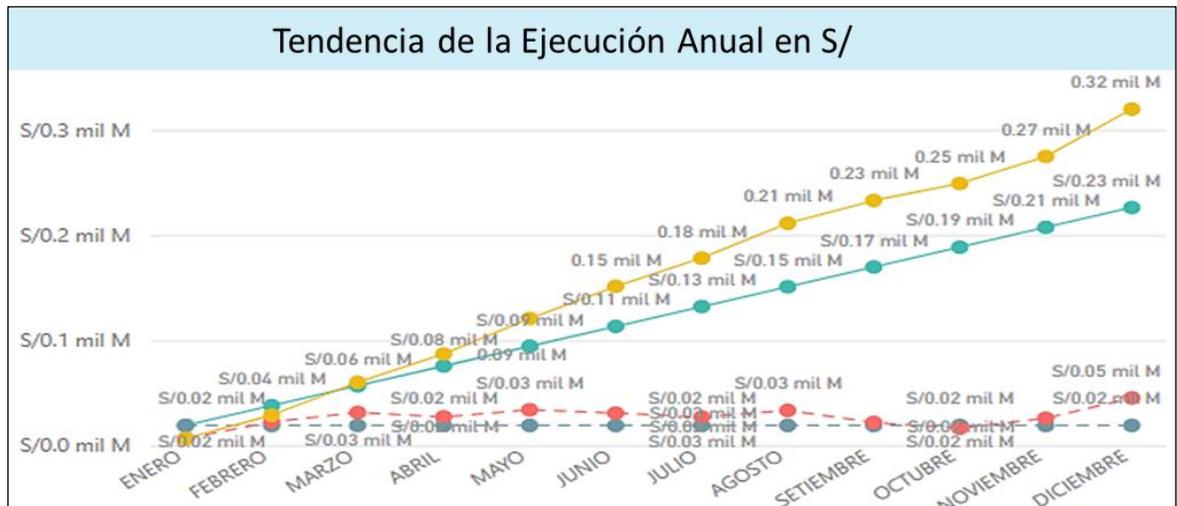


Fig. 18 - Tendencia de la ejecución acumulada mensual

Legenda

- Tendencia de la ejecución acumulada mensual
- Ejecución acumulada mensual estimada
- Tendencia de la ejecución mensual
- Ejecución mensual estimada

4. El reporte de ejecución del Programa Anual de Mantenimiento de Equipos, donde se detalla: la ejecución mensual de las actividades de mantenimiento programadas, detallando si las OTM's fueron generadas, programadas y cerradas en el sistema (fig. 19), y las actividades ejecutadas ya sea que fueron programadas, no programadas (imprevistas) o complementarias (fig. 20).

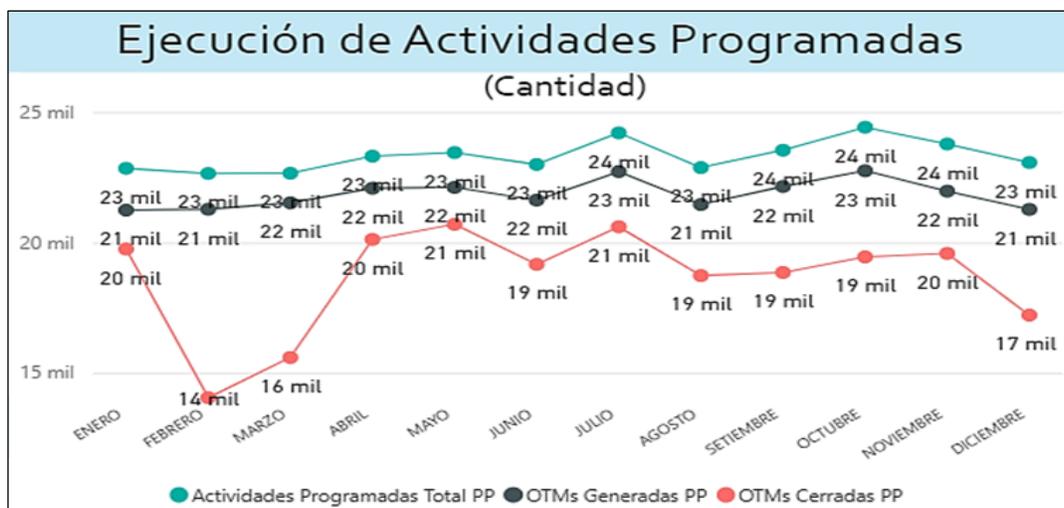


Fig. 19 - Ejecución mensual de las actividades de mantenimiento programadas

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE



Fig. 20. Actividades ejecutadas ya sea que fueron programadas, no programadas (imprevistas) o complementarias

RESULTADOS

En base a los 8 indicadores propuestos se ha realizado la evaluación de la gestión de mantenimiento hospitalario de los 30 Órganos Desconcentrados, en tres aspectos: equipos, infraestructura y presupuesto; obteniéndose los resultados que se muestran en las Tabla 2 y Tabla 3.

ANÁLISIS DE DATOS APLICADO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

Tabla 2 - Cálculo de indicadores en los Órganos Desconcentrados.

| Órgano desconcentrado | Operatividad del equipamiento | Cumplimiento de programa de mantenimiento | Porcentaje de mantenimiento correctivo | Coefficiente de costo de servicio | Estado de conservación de infraestructura | Costo de mantenimiento por m2 | Ejecución presupuestal | Índice de presupuesto planificado |
|-----------------------|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|---|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Almenara | 92,4% | 86,2% | 8,9% | 7,9% | 64,7% | 214,5 | 119,9% | 88,7% |
| Amazonas | 78,3% | 73,9% | 2,2% | 0,4% | 80,0% | 95,7 | 102,5% | 83,7% |
| Ancash | 88,5% | 71,8% | 8,7% | 1,8% | 66,7% | 47,5 | 99,5% | 107,4% |
| Apurímac | 95,1% | 95,2% | 3,1% | 3,8% | 90,0% | 37,6 | 88,8% | 160,4% |
| Arequipa | 98,5% | 83,9% | 3,5% | 21,3% | 96,4% | 235,8 | 107,2% | 73,9% |
| Ayacucho | 85,0% | 80,7% | 0,5% | 4,9% | 100,0% | 7,8 | 149,6% | 41,9% |
| Cajamarca | 94,3% | 92,8% | 5,1% | 0,4% | 88,2% | 94,9 | 85,9% | 43,0% |
| Cusco | 89,0% | 89,6% | 3,4% | 4,1% | 83,3% | 21,2 | 44,2% | -16,6% |
| Huancavelica | 88,1% | 97,7% | 2,1% | 0,2% | 100,0% | 38,9 | 135,0% | 47,6% |
| Huánuco | 88,9% | 80,1% | 3,1% | 1,3% | 100,0% | 61,9 | 105,8% | 62,1% |
| Huaraz | 95,4% | 60,2% | 4,8% | 3,8% | 100,0% | 12,7 | 135,5% | 150,0% |
| Ica | 86,9% | 79,4% | 2,3% | 4,3% | 100,0% | 78,9 | 64,0% | 126,1% |
| INCOR | 95,2% | 87,5% | 10,6% | 6,6% | 100,0% | 80,5 | 89,2% | 10,3% |
| Juliaca | 97,4% | 91,8% | 0,8% | 7,0% | 100,0% | 15,8 | 96,2% | 89,2% |
| Junín | 90,8% | 77,0% | 4,7% | 7,3% | 100,0% | 34,6 | 104,9% | 145,3% |
| La libertad | 92,5% | 90,4% | 2,4% | 6,0% | 86,1% | 63,3 | 139,6% | 73,1% |
| Lambayeque | 92,1% | 71,7% | 5,6% | 1,1% | 85,7% | 472,3 | 86,7% | 297,7% |
| Loreto | 91,2% | 55,7% | 7,1% | 4,9% | 100,0% | 126,3 | 99,3% | -8,0% |
| Madre de dios | 92,8% | 91,1% | 2,7% | 5,0% | 100,0% | 56,0 | 102,2% | 15,8% |
| Moquegua | 95,2% | 70,7% | 1,3% | 3,7% | 100,0% | 448,2 | 77,1% | 163,5% |
| Moyobamba | 90,0% | 93,3% | 2,1% | 4,7% | 100,0% | 6,0 | 85,1% | 27,0% |
| Pasco | 88,0% | 93,6% | 1,6% | 7,3% | 64,3% | 26,0 | 150,0% | 123,7% |
| Piura | 81,8% | 84,9% | 1,4% | 10,4% | 45,0% | 157,2 | 94,9% | 36,2% |
| Puno | 96,4% | 95,4% | 1,2% | 3,4% | 100,0% | 3,0 | 106,7% | 96,7% |
| Rebagliati | 92,4% | 65,8% | 6,2% | 1,8% | 89,5% | 223,6 | 68,6% | 90,2% |
| Sabogal | 91,1% | 84,4% | 11,4% | 12,6% | 75,0% | 484,3 | 78,2% | 2,5% |
| Tacna | 87,2% | 72,0% | 5,4% | 2,0% | 100,0% | 80,2 | 118,6% | 17,7% |
| Tarapoto | 89,7% | 73,2% | 3,2% | 5,1% | 71,4% | 84,6 | 96,3% | 25,0% |
| Tumbes | 89,8% | 97,5% | 2,6% | 10,0% | 100,0% | 32,8 | 87,7% | 74,5% |
| Ucayali | 99,0% | 50,3% | 4,8% | 1,5% | 100,0% | 70,3 | 122,8% | -20,8% |

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE

Tabla 3 - Evaluación de indicadores en los Órganos Desconcentrados.

| Órgano desconcentrado | Operatividad del equipamiento | Cumplimiento de programa de mantenimiento | Porcentaje de mantenimiento correctivo | Coefficiente de costo de servicio | Estado de conservación de infraestructura | Costo de mantenimiento por m ² | Ejecución presupuestal | Índice de presupuesto planificado |
|-----------------------|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|---|---|------------------------|-----------------------------------|
| Meta | ≥95% | ≥90% | <3% | ≤2% | 100% | ≤ s/ 40 | ≥110 % | ≤25% |
| Penalización | <89% | <80% | >10% | >9% | <80% | > s/ 130 | <86% | >150 % |
| Unidad | % | % | % | % | % | Soles | % | % |
| Max | 99,0% | 97,7% | 11,4% | 21,3% | 100,0 % | 484,30 | 150,0 % | 297,7 % |
| Min | 78% | 50% | 1% | 0% | 45% | 2,95 | 44% | -21% |
| Med | 91,1% | 84,1% | 3,2% | 4,5% | 100,0 % | 66,83 | 99,4% | 73,5% |
| Prom | 91,1% | 81,3% | 4,1% | 5,2% | 89,5% | 113,75 | 101,4 % | 74,3% |
| Desv std | 4,7% | 12,6% | 2,9% | 4,3% | 14,7% | 135,45 | 24,8% | 67,6% |

Se optó por resaltar en color verde los valores de los KPI's que superan la meta establecida, por lo tanto, se consideran óptimos, así como resaltar en color rojo los valores de los KPI's que denotan una deficiente gestión. La Tabla 2 permite identificar cuáles son los Órganos Desconcentrados que requieren asesoría técnica especializada para mejorar su gestión. Así también, los resultados obtenidos permiten a la Sub Gerencia de Mantenimiento priorizar las visitas de supervisión a los ODC's con déficit de gestión, a fin de realizar el fortalecimiento de sus capacidades in situ.

La Tabla 3 precedente muestra los valores de los indicadores de gestión de mantenimiento de la entidad.

Se realizó la valoración de la gestión de mantenimiento de cada ODC; para ello se realizó la puntuación de cada indicador obtenido, de la siguiente manera:

- Si supera la meta el puntaje asignado es 4
- Si el valor del indicador está por debajo del valor límite de penalización el puntaje asignado es 0
- Si no tiene ninguna de las condiciones anteriores el puntaje asignado es 2.

El resultado de la puntuación de cada indicador, obtenido por los ODC's ha sido resaltado en colores para mejor comprensión y se observa en la Tabla 4, siendo el color azul el que representa al ODC que produce los mejores resultados de gestión, y el color rojo el que representa al ODC que produce los resultados más bajos para su gestión.

ANÁLISIS DE DATOS APLICADO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

Tabla 4- Resultados de la puntuación de indicadores.

| Órgano Desconcentrado | Operatividad Del Equipamiento | Cumplimiento De Programa De Mantenimiento | Porcentaje De Mantenimiento Correctivo | Coefficiente De Costo De Servicio | Estado De Conservación De Infraestructura | Costo De Mantenimiento Por M2 | Ejecución Presupuestal | Índice De Presupuesto Planificado | Puntaje Total |
|-----------------------|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|---|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Huancavelica | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 26 |
| Juliaca | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 26 |
| Puno | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 26 |
| Madre De Dios | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 24 |
| Ayacucho | 0 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 22 |
| La Libertad | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 22 |
| Moyobamba | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 0 | 2 | 22 |
| Tumbes | 2 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 2 | 2 | 22 |
| Ucayali | 4 | 0 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 22 |
| Apurímac | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 0 | 20 |
| Huaraz | 4 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 0 | 20 |
| INCOR | 4 | 2 | 0 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 20 |
| Tacna | 0 | 0 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 20 |
| Cajamarca | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 18 |
| Huánuco | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| Junín | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 0 | 18 |
| Pasco | 0 | 4 | 4 | 2 | 0 | 4 | 4 | 0 | 18 |
| Cusco | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 16 |
| Loreto | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| Amazonas | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 2 | 2 | 2 | 14 |
| Arequipa | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 14 |
| Ica | 0 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | 14 |
| Moquegua | 4 | 0 | 4 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| Tarapoto | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 | 14 |
| Almenara | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 2 | 12 |
| Lambayeque | 2 | 0 | 2 | 4 | 2 | 0 | 2 | 0 | 12 |
| Rebagliati | 2 | 0 | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 12 |
| Piura | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 10 |
| Ancash | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 2 | 0 | 8 |

Discusión

El indicador Operatividad de Equipamiento tiene un valor promedio y mediana de 91.1% y su desviación estándar es 4.7%, lo cual indicaría que existe una importante cantidad de equipos en estado inoperativo. Sin embargo, en la entidad se cuenta con una gran cantidad de equipos en condición de Baja que aún no han sido retirados del inventario de equipos, debido a demoras en la gestión de baja patrimonial. El valor

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE

meta del indicador 95% es acorde a lo establecido por el Ministerio de Salud a nivel nacional [10].

El indicador *Cumplimiento del Programa de Mantenimiento* de equipos tiene un valor promedio de 81.3% y una mediana de 84.1%, mayor a 80% según [10]. La meta establecida, en el presente trabajo, es comparable con la recomendada en otros documentos: 90% y 95% en los cuales se propone establecer un valor más alto en los servicios asistenciales de mayor criticidad 95% según y 100% según [6, 9,3]. En comparación con otros trabajos cuyos resultados para dicho indicador fueron de 72.5% a 93.7% según [11], 97.35 ± 1.15 según [12] y 97.8% según [13], el presente trabajo presenta una mayor variabilidad, ya que la desviación estándar obtenida es de 12.6%. Esto demostraría que existen varios ODC's que no están llevando a cabo la ejecución de mantenimiento programada o formularon un programa de mantenimiento sobredimensionado.

El indicador *Porcentaje de Mantenimiento Correctivo* de equipos tiene un valor promedio de 4.1% y mediana de 3.2% y su desviación estándar es 2.9%, siendo su valor meta menor a 3%, valor que se encuentra debajo de lo establecido en la normativa nacional de 20% [10]. Un estudio realizado en Colombia [14] ha presentado resultados de dicho indicador, en función del tiempo de horas de mantenimiento correctivo respecto del total de horas, logrando 4% en el año 1999, 20% en el año 2000 y 12% en el año 2001. Otro estudio realizado en Cuba [13] presenta un valor porcentual para dicho indicador de 35%, lo cual confirmaría que el valor de este indicador es dependiente de la estrategia de mantenimiento, tal como lo indica el artículo [15].

El indicador *Coefficiente de Costo de Servicio* tiene un valor promedio de 5.2% y mediana de 4.5% y su desviación estándar es 4.3%, teniendo como su valor meta de 2% como máximo. En comparación con el valor establecido por la OMS para dicho indicador, la Entidad presenta un valor adecuado; sin embargo, es similar a los resultados obtenidos en un estudio realizado en Italia [11] en el cual se obtuvo un valor de 4% con 6,000 equipos; un estudio llevado a cabo en un hospital de India [12] en el cual se obtuvo un valor de 4.9%; y un estudio realizado en un hospital de USA [16] en el cual se obtuvo un valor promedio de 4.36%.

El indicador *Estado de Conservación de Infraestructura* tiene un valor promedio de 89.5% y mediana de 100% y su desviación estándar es 14.7%, teniendo como su valor meta de 100%. A pesar de contar con una infraestructura que, en su mayoría, supera los 20 años de antigüedad y no pertenece a la Entidad, se tiene una infraestructura que mayoritariamente se encuentra en estado de conservación: Bueno y Regular. Los resultados obtenidos son acordes con la meta del 95%, establecida por el Ministerio de Salud para el indicador.

El indicador *Costo de Mantenimiento por m²* tiene un valor promedio de S/ 113.75 y mediana de S/ 66.83 y su desviación estándar es S/ 135.45, teniendo como su valor meta de S/ 40.00 como máximo. Otros autores han presentado valores de 13.61 \$/m² en hospitales de Palestina [17]; 37.20 \$/ m² en hospitales de Israel [18], y 12.66 \$/ m² y 19.74 \$/m² en establecimientos de salud en Colombia [13]. El elevado valor obtenido de la desviación estándar demostraría que no existe un criterio uniforme en los ODC's para la planificación y ejecución del gasto de

ANÁLISIS DE DATOS APLICADO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

mantenimiento de infraestructura hospitalaria. De acuerdo a Sezdi (2016) el costo de mantenimiento depende del material de construcción, antigüedad y estado de conservación de la infraestructura, lo cual sustentaría la elevada variabilidad encontrada en los resultados [19].

El indicador Ejecución Presupuestal tiene un valor promedio de 101.4% y mediana de 99.4% y su desviación estándar es 24.8%, teniendo como su valor meta de 110% como mínimo, por lo cual se puede determinar que la Entidad realiza una ejecución presupuestal mayor al presupuesto asignado a inicios de año, lo cual es adecuado. Este resultado supera la meta establecida por el Ministerio de Salud de 80% como mínimo.

El Índice de Presupuesto Planificado tiene un valor promedio de 74.3% y mediana de 73.5% y su desviación estándar es 67.6%, teniendo como su valor meta 25% como máximo, por lo que existe una tendencia de las áreas de ingeniería de los ODC's a planificar un presupuesto mucho mayor que lo asignado históricamente cada año. Si bien es cierto, el resultado obtenido es favorable respecto a lo establecido por el Ministerio de Salud [10], es necesario evaluar si la planificación de cada ODC es adecuada.

Conclusiones

1. En el presente trabajo se realizó el cálculo de los indicadores de gestión de mantenimiento institucional, a través del análisis de datos, considerando la información de los indicadores de 30 Órganos Desconcentrados, lo cual ha permitido determinar que la entidad obtuvo resultados que superan en promedio la meta establecida, y además, son concordantes con los resultados obtenidos en trabajos similares. Solo en algunos ODC's los resultados promedio no lograron superar la meta establecida por el Ministerio de Salud del Perú.
2. La presente evaluación ha permitido determinar de manera objetiva cuáles son los Órganos Desconcentrados que exponen una excelente o deficiente gestión de mantenimiento. Ante ello, la Sub Gerencia de Mantenimiento plantea priorizar en dichos ODC, acciones de fortalecimiento, en términos de: capacitación, apoyo presupuestal para la adquisición de bienes y servicios de mantenimiento, y visitas de supervisión para la evaluación de los recursos (humanos, presupuestales y medios físicos) para el mantenimiento hospitalario, a con la finalidad de proponer alternativas de solución para mejorar su gestión.

Referencias

1. OROZCO, W; CORTÉS, F. "Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009". Rev Cienc Salud 2013; 11 (1): 35-44. ISSN 2145-4507

E. TOLEDO-PONCE, E.TECHERA-AYMACHOQUE

2. Organización Mundial de la Salud (OMS). "Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos"; 2012. [Citado: 20 de agosto de 2021] Disponible en:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. CLARK, JT; LANE, M; RAFUSE, L. "Medical Equipment Quality Assurance: Inspection Program Development and Procedures. The University of Vermont". [Citado el: 11 de noviembre de 2021] Disponible en: <http://fobi.us/wp-content/uploads/2018/05/Medical-Equipment-QA-Program.pdf>
4. WESTERBERG, J; ET AL. Maintenance Analytics - The New Know in Maintenance. IFAC-PapersOnLine. 2016; 49(28): 214-219. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.037>
5. Kerzner, H. "Project Management Metrics, KPIs and Dashboards - A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance". Wiley; 3ra ed. 2017. ISBN: 978-1-119-42728-5 [Citado el: 2 de octubre de 2021] Disponible en: <https://library.wbi.ac.id/repository/216.pdf>
6. NIKFARA, M; BITENCOURTA, J; MYKONIATISA K. "A Two-Phase Machine Learning Approach for Predictive Maintenance of Low Voltage Industrial Motors". Procedia Computer Science 200 (2022) 111-120
7. ABDURAKIPOV, S; BUTAKOV, E. "Comparative Analysis of Algorithms of Machine Learning for Predicting Pre-Failure and Failure States of Aircraft Engines". Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 2020, Vol. 56, No. 6, pp. 586-597. ISSN 1934-7944
8. LIU, W; WANG, B; SONG, Z. Failure Prediction of Municipal Water Pipes Using Machine Learning Algorithms. Water Resources Management (2022) 36:1271-1285.
9. IADANZA, E; GONNELLI, V; SATTA, F; GHERARDELLI, M. Evidence-based medical equipment management: a convenient implementation. Med Biol Eng Comput. 2019; 57(10): 2215-2230. ISSN 17410444. DOI: 10.1007/s11517-019-02021-x
10. Ministerio de Salud del Perú. "Documento Técnico: Lineamientos para la elaboración del plan multianual de mantenimiento de infraestructura y equipamiento en los Establecimientos de Salud". Resolución Ministerial N° 533-2016/MINSA. [Citado el: 21 de noviembre de 2021] Disponible en: https://www.minsa.gob.pe/Recursos/OTRANS/08Proyectos/2021/PIM-SS-2021_norma-05.pdf
11. Cecchini, A; Masselli, G; Silvestri, S. "Evaluation and Optimization of CES Performances: Application of the Pareto Principle to KPIs". 4th ed: J Global Clinical Engineering. 2021; 4(1): 14-21. DOI <https://doi.org/10.31354/globalce.v4i1.87>

ANÁLISIS DE DATOS APLICADO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

12. D'SOUZA R, D'; ET AL. "Evaluation of Biomedical Equipment Maintenance Management in a Tertiary Care Teaching Hospital". Research J. Pharm. and Tech 2019; 12(1): 202-208. DOI: 10.5958/0974-360X.2019.00037.4
13. CRUZ, AM. "Gestión tecnológica hospitalaria - Un enfoque sistémico". 1st ed. Bogotá D.C: Universidad del Rosario - Colección Textos Ciencias de la Salud. 2010. ISBN: 978-958-738-094-1
14. ENSHASSI, AA; EL SHORAF, F. "Key performance indicators for the maintenance of public hospitals buildings in the Gaza Strip. Facilities". 2015; 33 (3/4); 206-228. DOI <https://doi.org/10.1108/F-07-2013-0053>
15. Shohet, I; Lavy-Leibovich, S; Bar-On, D. "Integrated maintenance monitoring of hospital buildings". Construction Management and Economics. 2003; 21: 219-228. DOI: 10.1080/0144619032000079734
16. HERRERA, M. "Evidence-based asset management applied to maintenance function control". Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2019; 25(4): 635-644. DOI: <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2018-0045>
17. OLAMIDE, O; DZIKWI, A. "Assessment of maintenance cost of buildings at tertiary institutions in Kwara state". International Journal of Environmental Design & Construction Management. 2021; 20 (4): 169-192. [Citado el: 19 de noviembre de 2021] Disponible en: https://www.cambridgenigeriapub.com/wpcontent/uploads/2021/06/CJECM_Vol_20_No4_March_2021-12.pdf
18. BAUMEISTER, J. "Hospital financial audit of medical equipment maintenance: a case study". J Clin Eng. 1987; May-Jun; 12(3): 197-201. DOI: 10.1097/00004669-198705000-00010
19. SEZDI M. "Two Different Maintenance Strategies in the Hospital Environment: Preventive Maintenance for Older Technology Devices and Predictive Maintenance for Newer High-Tech Devices". Hindawi Publishing Corporation Journal of Healthcare Engineering. 2016; 1: 1-16. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7267983>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Eduardo Toledo-Ponce: realizó el diseño conceptual del panel de indicadores, el diseño de la investigación, la recolección de los datos, el análisis de los resultados y en la revisión crítica de su contenido. Participó en la redacción del manuscrito y aprueban la versión finalmente remitida.

Erick Techera-Aymachoque: estuvo implicado en la recogida, el análisis e interpretación de los datos, así como en la elaboración y revisión del estado del arte y metodología. Participó en la redacción del manuscrito y aprueban la versión finalmente remitida.