

Los modelos para medir la madurez en una organización en el proceso de mantenimiento

Models to measure maturity in an organization in the maintenance process

Alexei Fernández Durand^{1*}, Leisis Villar Ledo², Armando Díaz Concepción³, Martha Beatriz Infante², José Alberto Vilalta², Alberto Julio Rodríguez Piñero³

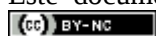
¹Centro Nacional de Biopreparados, BIOcen. Carretera Beltrán Km 1 ½. Bejucal. Mayabeque, Cuba.

²Universidad Tecnológica de la Habana. Departamento de Ingeniería Industrial. La Habana, Cuba.

³Universidad Tecnológica de Habana. Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, CEIM. Calle 114, No. 11901 e/119 y 127. Cujae, Marianao 15, 19390. La Habana, Cuba.

*Autor de correspondencia: alexei.fdez@biocen.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 29 junio 2022 **Aceptado:** 13 julio 2022 **Publicado:** 18 julio 2022

Resumen

Uno de los procesos básicos en cualquier entidad para garantizar la sostenibilidad económica de la misma es el proceso de mantenimiento. El objetivo de este trabajo fue analizar las diferentes herramientas aplicadas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento a través de una revisión bibliográfica realizada en este campo, y de forma conjunta la demostración de la necesidad o no de disponer de un modelo que mida la madurez en el proceso de mantenimiento en las organizaciones. Para el análisis se empleó el método de análisis y síntesis, así como el método de análisis de conglomerados. Se analizaron un total de 33 herramientas mostrándose las características de cada herramienta en forma de tablas, aplicándose análisis de estadística descriptivas. El estudio bibliográfico proporciona a los investigadores los beneficios e insuficiencias para la selección de herramientas que mejor se contextualicen a su campo de trabajo, dentro del mantenimiento, potenciando así, la toma de decisiones ante los problemas presentados. Además, se propone un concepto de mantenimiento en estrecha relación con su función y objetivo.

Palabras clave: diagnóstico, gestión de mantenimiento, herramientas, toma de decisiones, modelo de madurez

Abstract

One of the basic processes in any entity to guarantee its economic sustainability is the maintenance process. The objective of this work was to analyze the different tools applied for the diagnosis of maintenance management through a bibliographic review carried out in this field and jointly the demonstration of the need or not to have a model that measures the maturity in the maintenance process in organizations. For the analysis, the analysis and synthesis method was used, as well as the conglomerate analysis method. A total of 33 tools were analyzed, showing the characteristics of each tool in the form of tables, applying descriptive statistical analysis. The bibliographic study provides researchers with the benefits and insufficiencies for the selection of tools that are best contextualized to their field of work, within maintenance, thus enhancing decision-making in the face of the problems presented. In addition, a maintenance concept is proposed in close relation to its function and objective.

Keywords: diagnosis, maintenance management, tools, decision making, maturity model

1. Introducción

Las investigaciones relacionadas con la gestión de mantenimiento comienzan a desarrollarse fundamentalmente en la última etapa de la década de los años 90 del siglo XX, notándose, en las publicaciones seleccionadas para este estudio, un incremento de la necesidad e interés de abordar el diagnóstico a la gestión del mantenimiento, lo que se refleja posteriormente en las investigaciones que se realizan y publican en el presente siglo XXI. De aquí que se han diseñado diferentes herramientas de diagnóstico [1-3] para los diferentes sectores del ámbito empresarial. Estas fueron creadas para ayudar a las organizaciones a mejorar su desempeño, al brindarle con este análisis, el grado de economía, eficiencia y eficacia en la planificación, control y uso de sus recursos [1].

En las últimas décadas la concepción del mantenimiento a nivel internacional ha cambiado, pasando de una actividad reactiva a adoptar una concepción proactiva y extendiéndose a asegurar la confiabilidad de los activos a través de acciones concretas, vinculadas a nuevas prácticas y referenciada bajo un sistema de gestión a través del cual se define cómo se realizan los procedimientos, de manera tal que puedan ser medidos y auditados de forma más precisa [2].

La gestión del mantenimiento es la variable que más repercute en el desempeño de la función mantenimiento. Con una administración efectiva de las labores de mantenimiento, en cualquier tipo de empresa, se puede obtener la máxima calidad posible y un control eficiente de los costos y recursos materiales utilizados en los activos, garantizando disponibilidad, confiabilidad y rendimiento operativo de los equipos, con un alto nivel de eficiencia en los costos. La forma actual de gestionar el mantenimiento está estrechamente vinculada al proceso de producción o servicio que se realice por lo que se hace de extrema importancia conocer las particularidades de diferentes herramientas para poder seleccionar la más idónea a cada contexto, siendo importante el enfoque de la presente investigación.

En este trabajo se analizaron las diferentes herramientas aplicadas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento a través de una revisión bibliográfica. Los resultados de la investigación realizada permiten a los investigadores conocer los beneficios e insuficiencias para la selección de herramientas que mejor se contextualicen a su campo de trabajo, permitiendo la toma de decisiones ante los problemas presentados, así como la demostración de la necesidad de contar con un modelo que permita estimar el grado de madurez de una organización en el proceso de mantenimiento.

2. Materiales y Métodos

El desarrollo de esta investigación acerca de las diferentes herramientas (modelos, procedimientos y metodologías) empleadas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento se realiza empleando la metodología de clasificación propuesta por Lage y Godinho [4] pero contextualizada a este objeto de investigación; se compone de los siguientes pasos:

1. Desarrollo del marco conceptual.
2. Revisión del estado del arte y planteamiento del método de clasificación.
3. Organización y tabulación de la información.
4. Análisis y conclusiones arribadas.

Para el análisis de conglomerados o análisis clúster se utilizaron todas las variables estudiadas en el paso 3 Organización y tabulación de la información. Al ser variables cualitativas se utilizó el método

Ward y la distancia raíz cuadrática euclidiana según proponen [5] que utilizan en sus investigaciones variables de este tipo.

3. Resultados y Discusión

En la bibliografía investigada se recoge una amplia gama de autores que han conceptualizado el término mantenimiento fundamentado en la época en que se propuso la definición, entre algunos conceptos publicados, en [6] se proponen varios de estos conceptos, así como el que se toma como base para este trabajo.

➤ Revisión del estado del arte y planteamiento del método de clasificación

En las últimas décadas, se han desarrollado diferentes herramientas para evaluar el estado de la gestión del mantenimiento. Para esta investigación fueron seleccionadas 52 bibliografías publicadas en internet entre los años 1990-2020. De ellas fueron seleccionadas 33, donde los autores realizaron su trabajo utilizando las herramientas necesarias para esta investigación, se tuvo en cuenta como criterio de inclusión que fuesen herramientas referenciadas en bases de datos con soporte científico y/o libros, incluyéndose trabajos publicados en tesis doctorales y de maestría, donde se demostró rigor científico en su obtención y validación. Los elementos investigados para cada bibliografía fueron:

- Áreas funcionales: determinar si la evaluación se realiza por áreas funcionales o no, y en caso afirmativo cuáles son estas áreas.
- Forma de obtener la información: directa (observación in situ o revisión de documentos) o indirecta (a partir de encuestas).
- Variables analizadas por los autores: elementos de la gestión del mantenimiento evaluados.

En el estudio, a cada bibliografía analizada se le otorga el valor 1 si contiene el aspecto analizado relacionado con la gestión del mantenimiento y el valor 0 si no lo contiene. En el caso del análisis de los elementos de la gestión del mantenimiento se amplió el rango de valoración entre 0 y 3, sobre la base de la cantidad de ítems que propone cada autor para la evaluación de cada elemento, a continuación se exponen los criterios, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores y criterios de evaluación

Valor	Criterio
0	No analiza el elemento.
1	Lo analiza débilmente, propone un (1) ítem para establecer su estado.
2	Lo analiza con mayor exactitud proponiendo entre 2 y 3 ítems para establecer su estado.
3	Es analizado con suficiente profundidad proponiendo más de 3 ítems para establecer su estado.

➤ Organización y tabulación de la información

La información recogida de las distintas herramientas fue organizada en tablas. En la tabla 2 se exponen las distintas herramientas, así como se analiza la gestión del mantenimiento en cada entidad a través de la división de áreas funcionales o no y en caso, de existir las áreas funcionales, cuantas, y cuáles son analizadas, así como, también la forma de análisis de las mismas. En la Tabla 3 se

muestran los resultados de las valoraciones dadas por los expertos a cada componente de la gestión del mantenimiento de cada herramienta analizada.

➤ Análisis y conclusiones

Los resultados tabulados del análisis de las diferentes metodologías y características técnicas se pueden ver en [6]. Del análisis de la Tabla 2 se puede concluir que 16 herramientas, el 64 %, se publicaron a partir del 2011, por lo que se consideran de actualidad el tema investigado. En la Figura 1 se muestra cómo están diseñadas de forma general estas herramientas en cuanto a las áreas funcionales.

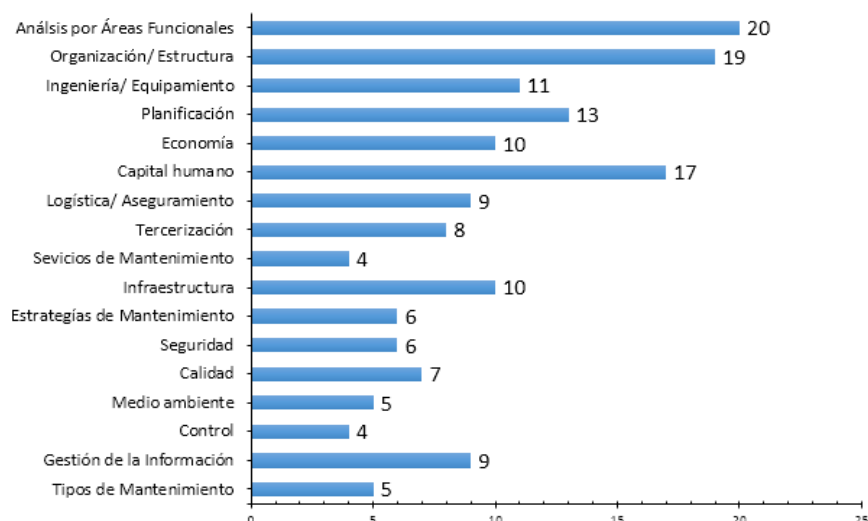


Fig. 1 Áreas funcionales de las herramientas

Del análisis de la Fig. 1 se observa que el 64,5 % (20) de las herramientas proponen la evaluación de la gestión del mantenimiento a partir del análisis de áreas funcionales. Sin embargo, los autores difieren entre cuántas y cuáles son estas áreas. En cuanto a la cantidad, varían desde 4 hasta 12, siendo las áreas más comunes organización (19) y capital humano (17), seguidas por otras como planificación (13), ingeniería (11), economía (10) e infraestructura (10). Es de señalar que como las áreas difieren entre sí, en algunos casos las mismas se combinan

En cuanto a los elementos de la gestión del mantenimiento presentes en las diferentes herramientas, se determinan un total de 32 elementos diferentes. En la Figura 2 se muestra un análisis cuantitativo de cómo estos elementos se encuentran presentes en las herramientas. Para este análisis, a cada elemento se le otorga el valor 0 si no lo analiza y el valor uno (1) si lo analiza, independientemente de la fortaleza del análisis [6].

En la Figura 2 se puede observar que el 90 % de los elementos son tratados en al menos el 50% de las herramientas analizadas, siendo los menos tratados sistema de mantenimiento (1), gestión de lubricación (1), diagnóstico de mantenimiento (13) y portadores energéticos (18). Esto demuestra que aun cuando hay diferencias de criterios en cuanto a las áreas funcionales a analizar, si existe acuerdo entre los elementos que deben ser evaluados en la gestión del mantenimiento. Un análisis de cómo están presentes estos elementos dentro de cada herramienta se muestra en la Fig. 3.

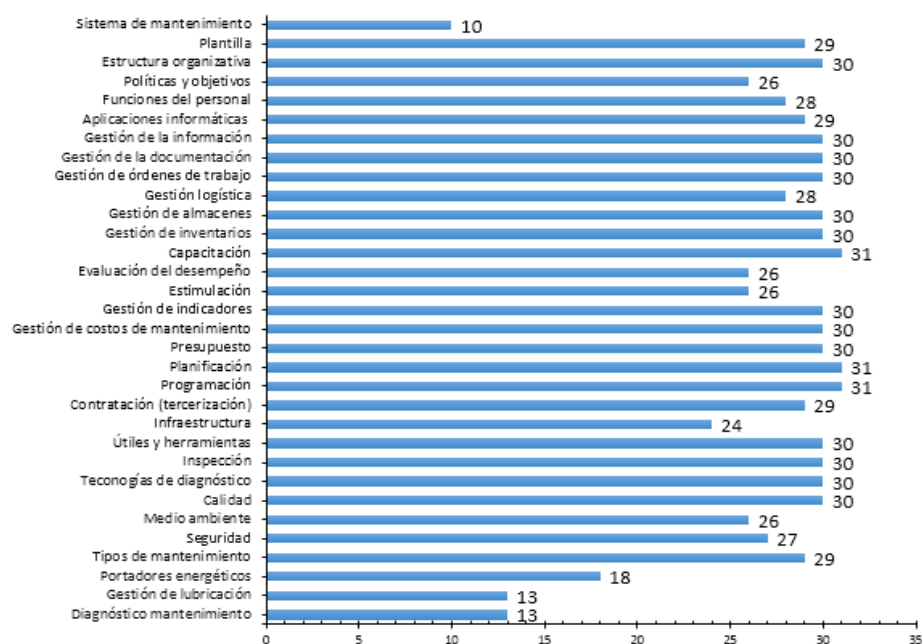


Fig.2 Resultados cuantitativos del estudio de las herramientas en cuanto a los elementos de la gestión del mantenimiento

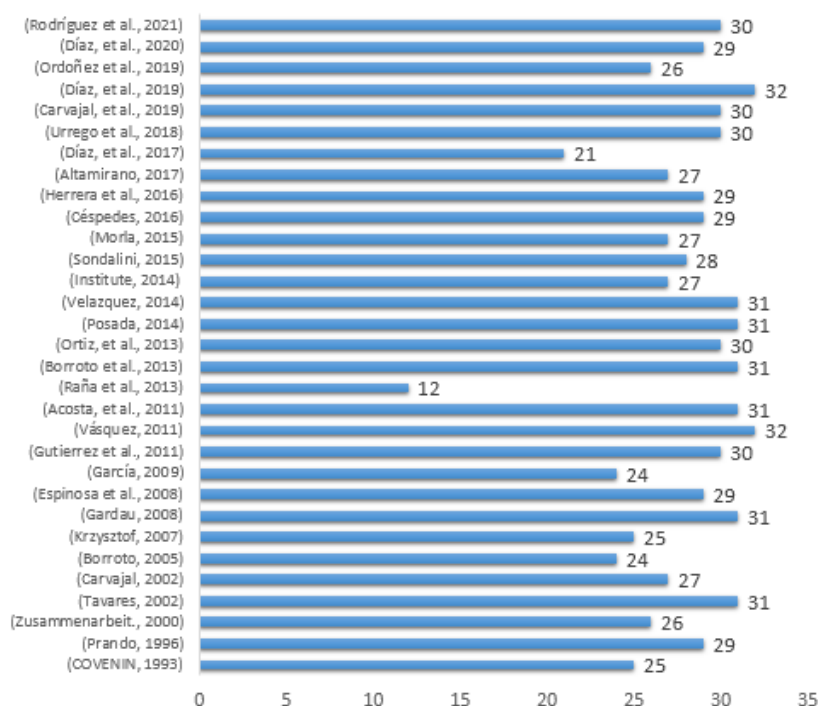


Fig.3 Total de elementos analizados por cada herramienta

En la Figura 3 se puede observar como más del 90 % (29) de las herramientas analizan al menos el 75 % (24) de los elementos determinados, con 12 herramientas que analizan 30 o más de estos. En este grupo se destacan las herramientas propuestas por [3, 7] que evalúan todos los elementos, ratificando que existe encuero en este aspecto entre los diferentes autores. Solo las herramientas planteadas en [2, 8] no se encuentran dentro de este grupo.

Posteriormente se realiza un análisis sobre la fortaleza con la que se aborda cada uno de estos elementos, a partir del promedio de las valoraciones dadas a cada elemento (entre cero y tres, según se planteó con anterioridad) en cada herramienta. Este resultado se muestra en la Figura 4.

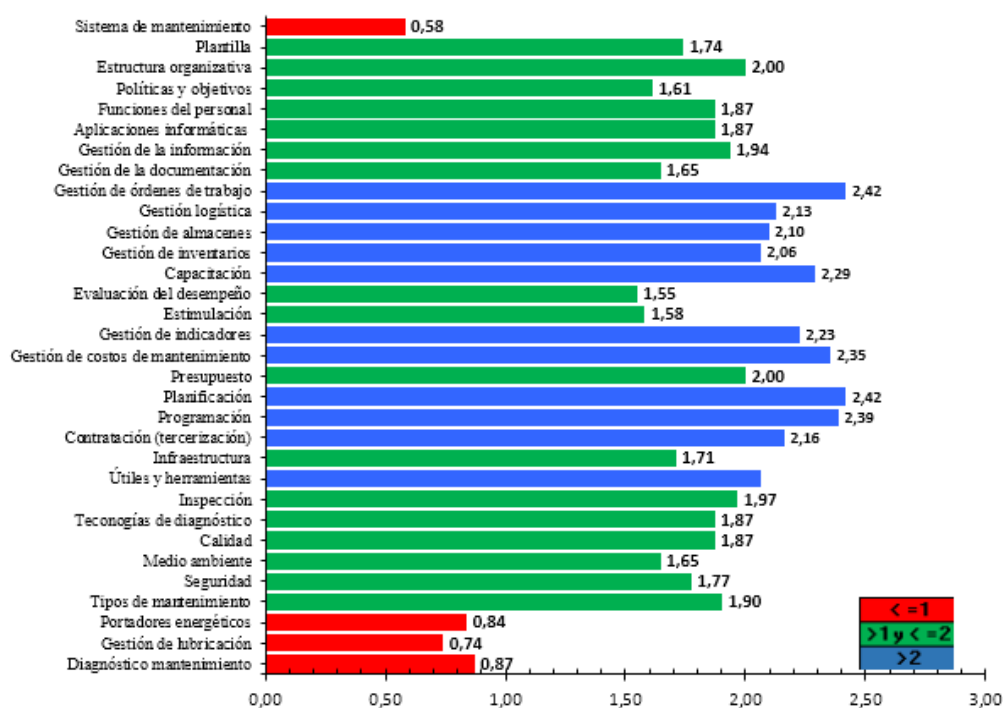


Fig.4 Valoraciones promedios de los elementos

A partir del análisis de la Figura 4 se puede observar la creación de 3 grupos:

- ✓ Grupo I: elementos con puntuaciones promedios inferiores a uno (1). Está conformado por los elementos sistema de mantenimiento (0,58), gestión de lubricación (0,74), portadores energéticos (0,84) y diagnóstico de mantenimiento (0,87). Estos elementos coinciden con los menos tratados en las herramientas analizadas.
- ✓ Grupo II: elementos con puntuaciones promedios entre uno y dos. Está compuesto por 17 elementos, entre los que se encuentran plantilla (1,74), estructura organizativa (2,00), política y objetivos (1,61), entre otros.
- ✓ Grupo III: elementos con puntuaciones superiores a dos (2). Está compuesto por 11 elementos, donde las mayores valoraciones se obtienen en gestión de órdenes de trabajo (2,42), planificación (2,42), programación (2,39), gestión de costo (2,35) y capacitación (2,29).

Los resultados demuestran que de forma general los elementos son tratados en las herramientas con algún nivel de desarrollo, dado que el 87,5 % (28) se encuentran en los grupos II y III, incluso todos con puntuaciones promedios por encima de 1,5. Un análisis similar pero realizado para cada herramienta se muestra en la Figura 5. Los promedios son calculados en base a los elementos de diagnóstico analizados en cada herramienta, no se tuvieron en cuenta los valores puntuados con cero ya que falsearía el valor en esa herramienta.

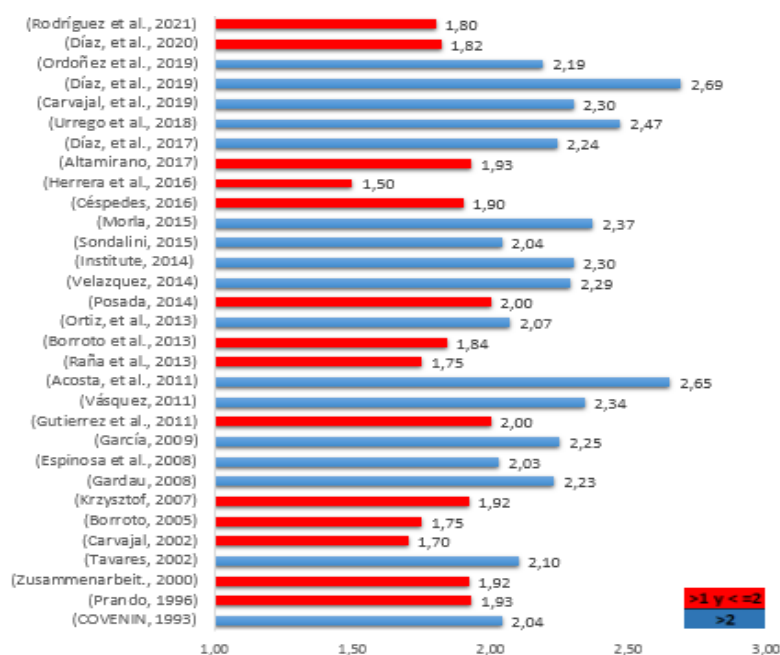


Fig.5 Valoraciones promedios de los elementos por cada herramienta

Como se muestra en la Figura 5 el 45 % (14) de las herramientas obtienen una valoración entre uno y dos, incluso todas por encima de 1,50, mientras que el 55 % (17) de las mismas obtienen un resultado superior a dos. Estos resultados implican que de manera general los análisis que se realizan en las diferentes herramientas son profundos, dando criterios claros de como evaluarse los mismos. Este resultado está en concordancia con los análisis realizados en la Fig.44.

Como resumen se puede señalar que más del 60 % (20) de las herramientas proponen el empleo de áreas funcionales para la evaluación de la gestión del mantenimiento, sin embargo, no muestran concordancia en cuales serían estas áreas. Contrario a esto, sí se muestra acuerdo entre los elementos que se evalúan dentro de ellas, pero los mismos no se encuentran fundamentados de igual forma en cada herramienta, aunque se detecta de forma general una valoración profunda de los mismos. Para el análisis de estas diferencias y similitudes, a continuación se realiza un análisis de agrupamiento o análisis clúster [9].

En cuanto al análisis de cómo son evaluados los elementos integrantes del mantenimiento Clase Mundial se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 6.

Análisis de agrupamiento

Para el análisis de conglomerados o análisis clúster se utilizaron todas las variables estudiadas anteriormente, con excepción de las áreas que aborda cada herramienta. Todas estas variables son cualitativas, a las cuales se les otorgó valores según escala referida con anterioridad. Al ser variables cualitativas, se utilizó el método Ward y la distancia raíz cuadrática euclidiana [5]. Los resultados obtenidos con un nivel similitud de 60 % se muestran en el dendograma de la Figura 7. Como se observa en la figura se conforman 6 grupos o clúster.

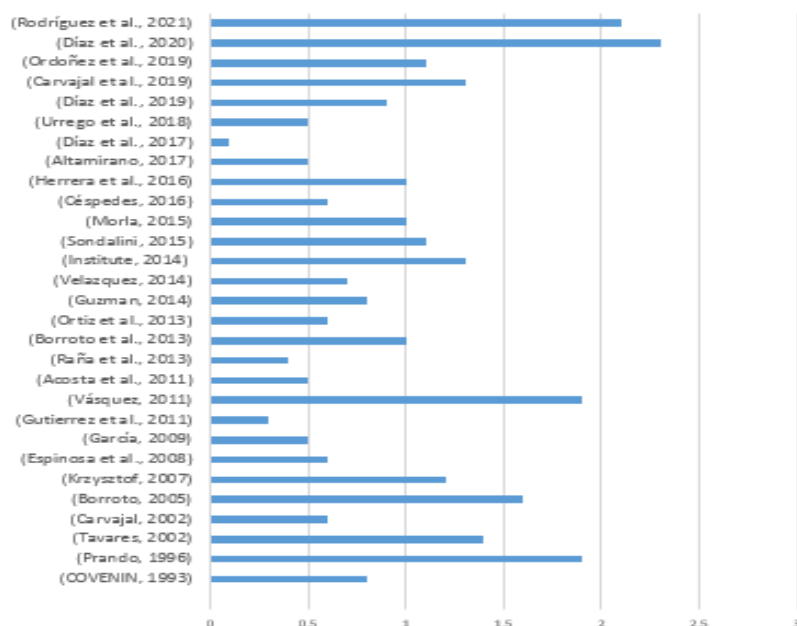


Fig.6 Valoraciones promedios del cumplimiento del Décalo Clase Mundial por cada herramienta

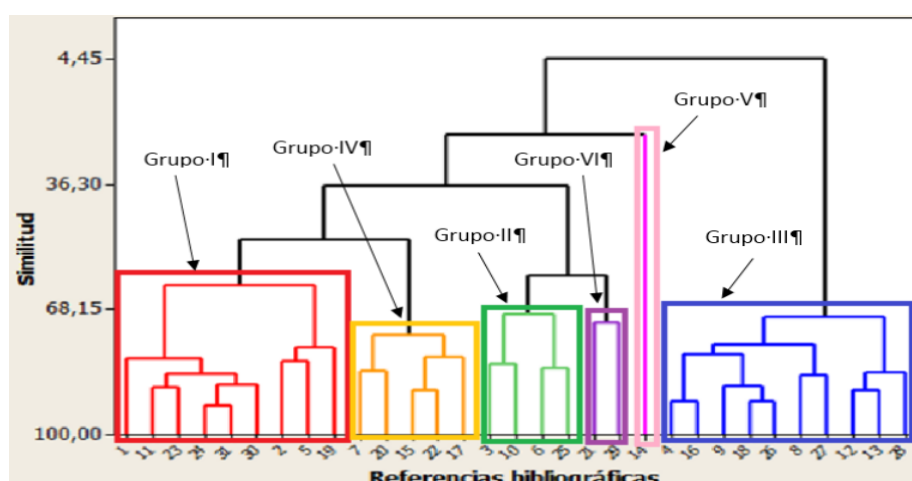


Fig.7 Dendrograma del análisis de las herramientas

➤ Resumen sobre herramientas de diagnóstico de la gestión del mantenimiento

Del estudio referencial se puede resumir que se evidenció la necesidad de división de las entidades en áreas funcionales como forma de evaluar la gestión del mantenimiento, no existiendo concordancia en las herramientas analizadas en cuáles deben ser. Por otra parte, se demostró que existe acuerdo entre los elementos a evaluar en la gestión del mantenimiento. Sin embargo, no todos son evaluados con el mismo peso en todas las herramientas, ni se toman en cuenta todos los principios del décalo del mantenimiento de Clase Mundial. Se observó además la vinculación entre herramientas cuantitativas y cualitativas para la obtención de la información durante el proceso de diagnóstico. Estas herramientas de diagnóstico al determinar las brechas de mejoras pueden ser utilizadas para la mejora continua de las organizaciones. Sin embargo, al determinar solo para un momento específico (cuando se realiza el diagnóstico) el estado actual de la organización, sin establecer cuánto ha crecido la misma de un diagnóstico a otro, no permiten visualizar el cambio a la mejora de la organización de forma sostenida a niveles superiores, inclusive al logro de la madurez

organizacional. Tampoco establecen sobre qué habilidades se deben desarrollar en la organización [capacidades] para el mantenimiento de las mejoras.

➤ Modelo de Madurez

Madurez es el estado donde la organización se encuentra en relación a una condición ideal para conseguir sus objetivos [10-12] Esta madurez según [12] está condicionada por la capacidad de sus procesos, definiéndose esta como la habilidad del proceso para cumplir sus requerimientos. Por otra parte [13], se definen estas capacidades organizacionales como el conjunto de destrezas que desarrolla la organización para realizar una actividad o tarea. Estas se hallan tanto en los individuos como en los grupos, y se materializan en la forma de cooperar, interactuar y de tomar decisiones en la organización.

En la práctica, la realidad es que no es posible la existencia de una organización completamente madura; nadie puede conseguir el estado de máxima madurez. Por ello, tiene sentido hablar acerca de medir un grado de madurez o caracterizar la madurez de las organizaciones señalando los derroteros para mantener un proceso continuo de mejora [11]. En este sentido, se habla entonces de evaluar el nivel de madurez de las organizaciones [10]. Cada nivel de madurez considera un conjunto de objetivos (características) y un método de evaluación que permite pasar al siguiente nivel [10, 14, 15]. Del análisis de los conceptos anteriores se puede concluir que el desempeño de una organización depende de la capacidad que tenga la misma para asumir los retos que se imponen en el entorno empresarial. Es por esto que las organizaciones deben involucrarse en un proceso de mejoramiento continuo para alcanzar los objetivos deseados. Sin embargo, sin un modelo que guíe a la organización a alcanzar sus objetivos, esto se vuelve inalcanzable.

Un modelo de madurez es un mapa que guía a la organización en la implementación de buenas prácticas, ofreciendo un punto de partida describiendo un camino de mejora, desde los procesos inconsistentes hasta los más maduros de la organización trazando estrategias de mejoras e identificando las áreas donde la organización debe enfocarse para mejora.

4. Conclusiones

De los resultados presentados se puede concluir que las herramientas de diagnóstico para la gestión del mantenimiento actual, aunque tiene muchas ventajas presentan como insuficiencias la no evaluación de los elementos del Décalo de Mantenimiento Clase Mundial así como brindan una fotografía del estado actual pero no permite a las organizaciones establecer acciones para mejorar la capacidad de la misma. Estos problemas pueden ser resueltos con la implementación de un modelo que permita establecer el grado de madurez de una organización de donde se podrán establecer acciones de mejoras hasta alcanzar la madurez de la organización en este proceso.

Referencias

1. Marrero, R.A., Vilalta, J.A., Martinez, E., *Modelo de diagnóstico-planificación y control del mantenimiento*. Ingeniería Industrial, 2019. **XL**(2): p. 148-160.
2. Diaz, A., Castillo, Serpa A., Villar, L., *Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio*. Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería, 2017. **25**(2): p. 306-313

3. Vasquez, J., *Diseño de un modelo para la auditoría de la gestión de mantenimiento basado en el modelo de gerencia de mantenimiento de PDVSA*. Mantenimiento en Latinoamérica, 2013. 5(1): p. 17-20.
4. Luna-Amaya, C., *Universidad corporativa y aprendizaje organizacional: un marco de referencia*. Dirección y Organización, 2016. 58: p. 79-94.
5. Li, G., *Research on the natural language recognition method based on cluster analysis using neural network*. Mathematical Problems in Engineering, 2021. 3: p. 9982305. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9982305>.
6. Villar, L., Díaz, A., Infante, M.B., Vilalta, A., Alfonso, A.A., *Análisis de herramientas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento*. Revista Universidad y Sociedad, 2022. 14(1): p. 493-510.
7. Diaz, A., Villar, L., Piñeiro, J., *Methodology for maintenance management based on diagnostic criteria*. Revista DYNA, 2019. 6(211): p. 220-226.
8. Raña, L., Castillo, O., *Evaluación de la función mantenimiento en empresas transportistas (PESOVA)*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 2013. 19(2): p. 10-16.
9. Salazar, H.R., *Los clúster, como herramienta de alta calidad en escenarios competitivos de la región Caribe colombiana*. Revista FACCEA, 2013. 3(2): p. 119-129.
10. Holguin, G., Fresia, Y., Lema, M.L.M., *Modelo para medir la madurez del análisis de riesgo de los activos de información en el contexto de las empresas navieras*. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 2019. 3(31): p. 25-34.
11. Schumacher, A., Nemetha, T., *Roadmapping towards industrial digitalization based on an industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises*. CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 2019. p. 409-414.
12. Lacerda, T.C., Gresse von Wangenheim, C., *A Systematic Literature Review of Usability Capability/Maturity Models*. Computer Standards & Interfaces, 2017. 3223: p. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.06.001>
13. Pasquini, A., Galiè, E., *COBIT 5 and the Process Capability Model. Improvements Provided for IT Governance Process*, 2013.
14. De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., Terzi, S., *A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies*. En: Lödding, H., Riedel, R., Thoben, K.D., von Cieminski, G., Kiritsis, D. (eds), *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2017. 513. DOI: doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_2.
15. Ismail, Z.-A., *An Integrated Computerised Maintenance Management System (I-CMMS) for IBS building maintenance*. International Journal of Building Pathology and Adaptation, 2019. 37(3): p. 326-343. DOI: doi.org/10.1108/IJBPA-10-2017-0049

Conflicto de Intereses

Los autores de este trabajo expresamos que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Alexei Fernández Durand. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7005-3832>

Diseño de la investigación, análisis del estado del arte, análisis de las herramientas y resultados, redacción y revisión.

Leisis Villar Ledo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5842-4111>

Diseño de la investigación, análisis de los modelos de calidad, análisis de los resultados y revisión crítica

Armando Díaz Concepción. DOI: <https://orcid.org/0000-0001-9849-0826>

Diseño de la investigación, diseño de los modelos, análisis de los resultados, redacción y revisión crítica.

Martha Beatriz Infante. DOI: <https://orcid.org/0000-0003-2753-8647>

Diseño de la investigación, análisis de las herramientas, revisión crítica.

José Alberto Vilalta. DOI: <https://orcid.org/0000-0001-7505-8918>

Diseño de la investigación, análisis de las herramientas, análisis del estado del arte, revisión crítica de su contenido.

Alberto J. Rodríguez Piñeiro. DOI: <https://orcid.org/0000-0003-4266-0763>

Diseño de la investigación, análisis de las herramientas, análisis de los resultados y revisión.