

Análisis bibliográfico de la confiabilidad operacional en sistemas técnicos complejos

Bibliographic analysis of operational reliability in complex technical systems

Armando Díaz-Concepción^I, Leisis Villar-Ledo^{II}, Alberto J. Rodríguez-Piñeiro^I,
Alfredo del-Castillo-Serpa^{III}, Jesús Cabrera-Gómez^I

I. Universidad Tecnológica de la Habana. Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento. La Habana, Cuba

II. Universidad Tecnológica de la Habana. Facultad de Ingeniería Industrial. La Habana, Cuba

III. Universidad Tecnológica de la Habana. Centro de Estudios de Matemática. La Habana, Cuba

Correo electrónico: adiaz@ceim.cuaje.edu.cu

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



Recibido: 16 de diciembre de 2017

Aceptado: 3 de marzo de 2018

Resumen

En este trabajo se tuvo como objetivo demostrar la no existencia de un modelo matemático que involucre los 4 elementos integrantes la confiabilidad operacional. Se utilizaron los métodos de análisis tabular por campos de la referencia consistente en la agrupación, mediante una tabla Excel, de las referencias usadas para su análisis y a partir del uso del Minitab, realizar un análisis de agrupamiento o clúster a partir de un dendrograma. Entre los resultados se obtuvo que los elementos más presentes son los análisis de confiabilidad de equipos, los de mantenibilidad y los

de disponibilidad, así como, los menos tratados son la logística y la calidad. En esta investigación se demostró la no existencia de un modelo matemático que involucre a los diferentes elementos integrantes de la confiabilidad operacional para el apoyo a la toma de decisiones.

Palabras claves: confiabilidad operacional, análisis de agrupamiento o clúster, modelo matemático.

Abstract

To demonstrate the non-existence of a mathematical model that involves the 4 elements of operational reliability was the subject of this work. The methods of tabular analysis by reference fields were used, consisting of the grouping, by means of an Excel sheet, of the references used for their analysis and from the use of the Minitab, to perform a cluster analysis from a dendrogram. As results it was obtained that the elements most present are the reliability analysis of equipment, the maintainability and

availability, as well as the least treated are logistics and quality. This research demonstrated the non-existence of a mathematical model that involves the different elements of operational reliability for decision support.

Key words: operational reliability, cluster analysis, mathematical model

Introducción

Diferentes autores definen la confiabilidad operacional como la capacidad de un sistema formado por equipos, procesos, tecnologías y personas para cumplir las funciones para las cuales ha sido concebido, dentro de ciertos límites y para un contexto operacional dado [1]

Entre los primeros estudios encontrados en la bibliografía se pueden mencionar los del Enfoque de Valoración de Seguridad Probabilística [2] y la Evaluación Probabilística de Riesgos [3]. Ambas investigaciones se basan en un enfoque a riesgo proponiendo métodos lógicos estructurados para la identificación y evaluación de estos riesgos en sistemas tecnológicos complejos. Entre las principales desventajas de la aplicación de estos métodos es que son muy costosos, sus análisis tienen en cuenta elementos de la confiabilidad de activos, de procesos y humana pero vista de forma no integrada, limitándose a análisis cualitativos entre otras desventajas.

En Sistema de Confiabilidad Operacional, [4], se presenta un manual compuesto por un conjunto de guías y de metodologías de cómo usar las mismas para implementar un Sistema de Confiabilidad Operacional. El objetivo de esta propuesta es elevar los niveles de confiabilidad operacional, mediante la mejora de los 4 elementos que la integran, enunciándose por primera vez la necesidad de integrarlos a través de una matriz de integración sin embargo no propone un indicador integrado que mejore la toma de decisiones.

En Calculation of OEE for an Assembly Process [5], se comienza a enunciar la utilización del mismo también en las propuestas para la mejora de la confiabilidad operacional. Este indicador evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento y mide la condición operativa y la confiabilidad de un proceso respecto

al nivel de operaciones deseado. Entre las desventajas que presenta están no puede determinar cuál de los sistemas, subsistemas o componentes estuvo disminuyendo la disponibilidad, la efectividad o la calidad del activo, no tiene en cuenta la confiabilidad humana entre otras.

Becerra y García Palencia [6], presenta los elementos y las políticas para generar una nueva cultura de confiabilidad operacional en las organizaciones con el objeto de optimizar los programas, minimizar los costos totales de operación y mantenimiento y aumentar la competitividad de la organización. Plantea que para una aplicación efectiva de la confiabilidad operacional se debe lograr la integración entre los 4 elementos integrantes de esta y no limitarse a la actividad de mantenimiento.

Benítez y Díaz [7], realizan un análisis de confiabilidad atendiendo al cálculo de los 4 elementos integrantes de la confiabilidad operacional pero de forma independiente y en el caso de la confiabilidad humana se realiza solamente un análisis cualitativo para su estimación. Como recomendación de la investigación, los autores exponen la necesidad de contar con un modelo de confiabilidad operacional que involucre a todos los elementos presentes en proceso y que sirva como indicador para la toma de decisiones.

El objetivo de este trabajo fue demostrar la no existencia de un modelo matemático que involucre los 4 elementos integrantes la confiabilidad operacional. Para esto se utilizó al análisis tabular y el agrupamiento o clúster por observaciones. En esta investigación se demostró la no existencia de un modelo matemático que involucre a los diferentes elementos integrantes de la confiabilidad operacional para el apoyo a la toma de decisiones.

Métodos y Materiales

Este trabajo se basa en el estudio de referencias para llegar a resultados relacionados con la Confiabilidad Operacional. Los métodos utilizados son:

1. Análisis tabular por campos de la referencia consistente en la agrupación, mediante una tabla Excel, de las referencias usadas para su análisis.
2. A partir del uso del Minitab, realizar un análisis de agrupamiento o clúster. [8-9]

Análisis tabular por campos de las referencias

Para el análisis se utilizaron un total de 58 referencias. Los elementos analizados en cada una de ellas fueron:

Elementos generales: autores, país y tipo de publicación.

Análisis: cualitativo o cuantitativo.

Análisis realizados con respecto a los elementos integrantes de la confiabilidad operacional: confiabilidad de equipos, confiabilidad de procesos y sistemas, confiabilidad humana, mantenibilidad, calidad, logística, disponibilidad, costos. Se le otorga valor 1 si el elemento está presente y valor 0 si no lo está o se menciona pero no se analiza.

En el estudio del idioma se le asigna 0 si es español y 1 si es inglés.

En el Anexo I se muestra una tabla donde se describen las 58 bibliografías analizadas sobre la base de los componentes antes mencionados ([descargar Anexo 1](#))

Herramienta multivariable de agrupamiento o clúster por observaciones

Utilizando el Anexo I se realiza un análisis de agrupamiento o clúster para detectar las posibles similitudes entre las referencias, utilizándose un análisis de conglomerados o análisis clúster por observaciones, con el método simple, la distancia euclidiana y un 65 % de similitud. Para esto se utilizó el software Minitab.

Resultados y Discusión

Análisis bibliográfico

Como un resultado del análisis bibliográfico se obtuvieron 4 modelos personalizados desarrollados de criticidad en investigaciones para diferentes actividades, pero, no cubren todo el campo de posibilidades que abarcan los sistemas técnicos complejos. Estos modelos son:

- Modelo de Análisis de Criticidad obtenido por la Empresa Petróleos de Venezuela S.A. [PDVSA][10].
- Modelo de análisis de Criticidad para Plantas de Bioproductos [11].
- Modelo de criticidad de grupos electrógenos de la tecnología fuel oil en Cuba [12].
- Modelo de criticidad para sistemas tecnológicos [1].

Estos 4 modelos, teniendo en cuenta el contexto de aplicación, proponen una metodología con el objetivo de jerarquizar los sistemas y activos a partir del análisis de un conjunto de variables, sin embargo por sí mismos no permiten la mejora de la confiabilidad operacional al no tener en cuenta indicadores de confiabilidad.

Resultados del análisis tabular de confiabilidad operacional

De la tabla del Anexo I se puede concluir:

En cuanto a los elementos generales se puede concluir que:

Tipos de publicaciones

1. Atendiendo al tipo de publicación el 57 % (33) de las mismas son artículos, 9 son tesis de maestría y pregrado, 4 son libros, eventos 3, procedimientos y manuales son 5 y reportes 4 por lo que se puede inferir que el campo revisado contiene los diferentes tipos de referencias que se encuentran publicadas, figura 1.

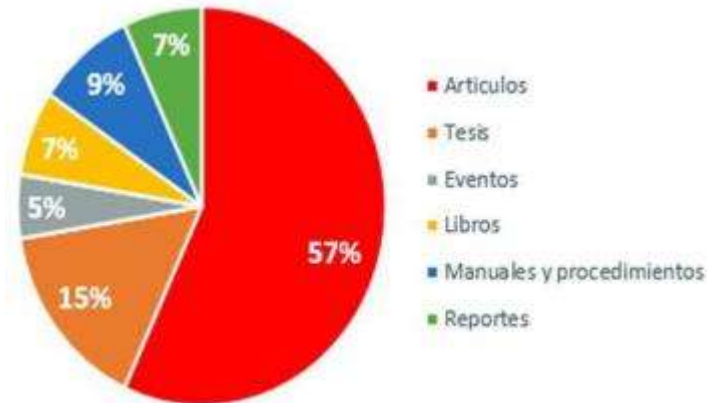


Fig. 1. Tipos de referencias

Período de publicación

2. Que el 53 % (31) se encuentran en el período de 2011 al 2017 por lo que las mismas tienen actualidad en el tema investigado, figura 2:

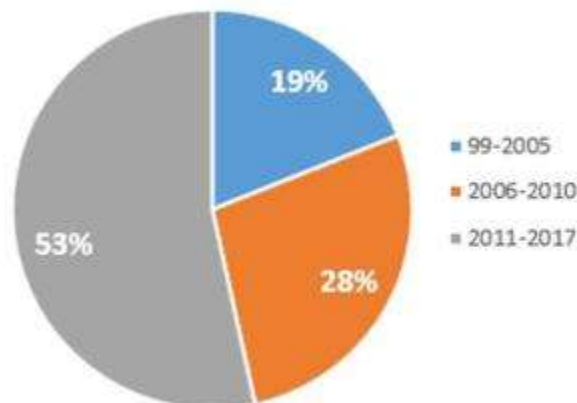


Fig. 2. Períodos de tiempo de las referencias

Idioma

3. El 59 % español y el 41 % inglés, figura 3.

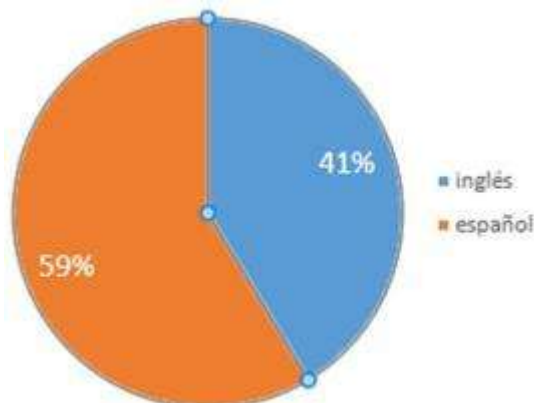


Fig. 3. Idiomas de las referencias

Elementos integrantes

4. Resultados del análisis de los elementos integrantes de la confiabilidad operacional.

- El 67 % utilizan métodos cuantitativos.
- Los elementos más presentes son los análisis de confiabilidad de equipos, los de mantenibilidad y los de disponibilidad.
- Los elementos menos tratados son la logística y la calidad.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos.

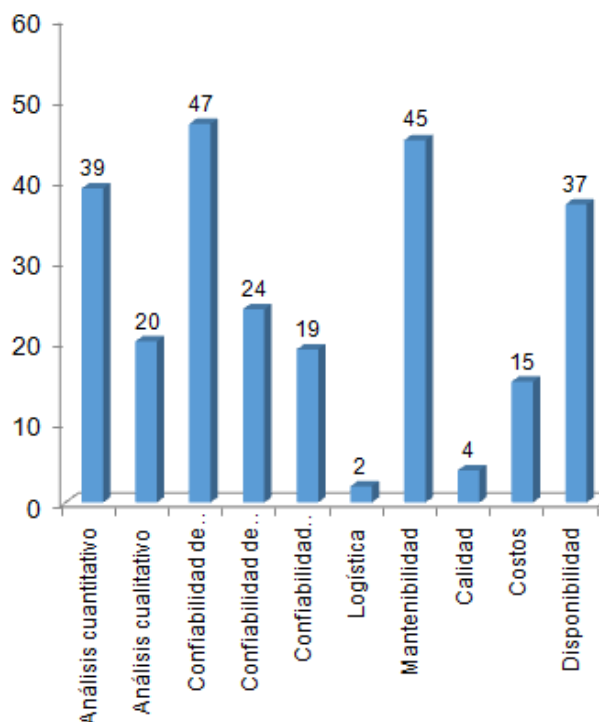


Fig. 4. Resultados de las variables analizadas

Herramienta de agrupamiento clúster por observaciones

Los resultados del análisis de agrupamiento se muestran en el dendograma de la figura 5.

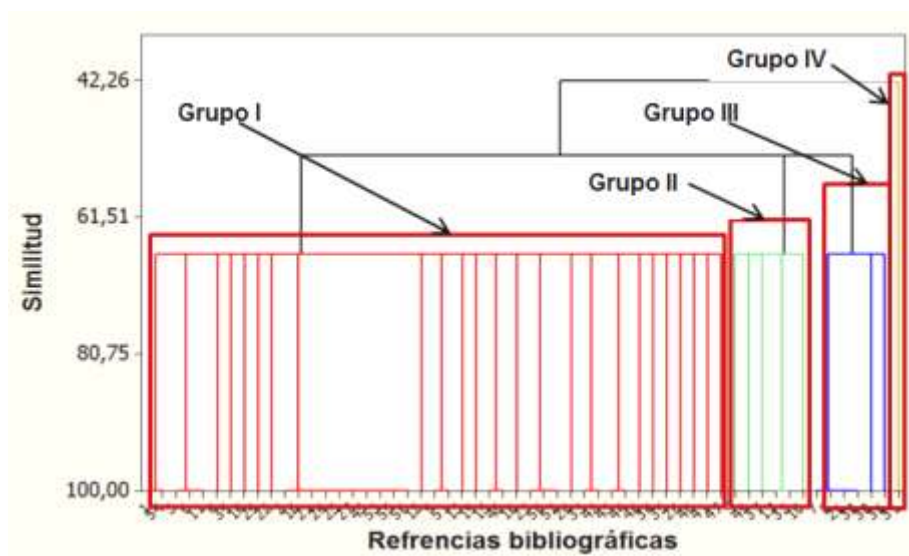


Fig. 5. Dendograma del agrupamiento bibliográfico

Como se observa en la figura 5, se conforman 4 grupos o clúster. El primero de ellos agrupa más del 75 % de las referencias (45), el segundo y el tercero agrupa cada uno 6 referencias y el último grupo una referencia. A continuación se caracterizan cada uno de los grupos.

Grupo I

Caracterizado por realizar análisis cuantitativos y abordar los temas de confiabilidad de equipos, la mantenibilidad y la disponibilidad y en menor medida la confiabilidad de procesos y sistemas y los costos; no abordando los temas de calidad, la logística y la confiabilidad humana. Es de señalar que en el caso de la confiabilidad humana 7 referencias sí la tienen en cuenta.

Grupo II

Caracterizado por realizar análisis cualitativos y abordar los temas de mantenibilidad y confiabilidad humana, no tratando de manera general los otros elementos.

Grupo III

Caracterizado al igual que el grupo anterior por realizar análisis cualitativos pero abordando las diferentes confiabilidades exceptuando la mantenibilidad, y no abordando disponibilidad, costos, calidad y la logística.

Grupo IV

Es una referencia contraria al resto, centra su análisis en la disponibilidad, calidad y la logística, no abordando ninguna de las confiabilidades.

Conclusiones

Se demuestra, en la bibliografía estudiada, la no existencia de un modelo matemático que involucre a los diferentes elementos integrantes de la Confiabilidad Operacional para el apoyo a la toma de decisiones.

Referencias

1. Huerta Mendoza R. El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Ingeniería Mecánica*. 2000;3(4):13-19.
2. Stamatelatos M. Probabilistic risk assessment procedures guide for nasa managers and practitioners. Washington, USA: Office of Safety and Mission Assurance. NASA Headquarters; 2002.
3. International Atomic Energy Agency. Procedures for conducting probabilistic safety assessment for non-reactor nuclear facilities. USA: Safety Assessment Section, Division of Nuclear Installation Safety. International Atomic Energy Agency; 2002
4. Pemex Exploración y Perforación. Aprendizaje virtual. Guía de aprendizaje: Sistema de confiabilidad operacional. 2007, [Consultado el: 2 de noviembre de 2017] Disponible en: <http://www.es.scribd.com/2-Sistema-Confiabilidad-Operacional-de-PEP>
5. Parihar S, Jain S. Calculation of OEE for an assembly process. *International Journal of Research in Mechanical Engineering & Technology*. 2012;2(2):25-29.
6. Becerra Solórzano G, García Palencia O. Sistema integrado de confiabilidad operacional para el área de servicios industriales de Bavaria S. A. Cervecería de Boyacá. In: VII Congreso Internacional de Mantenimiento ACIEM; Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; 2005.
7. Benítez Montalvo I, Díaz Concepción A. Assessment of components of operational reliability in walk-in freezer. *Ingeniería Mecánica*. 2016;19(2):78-84.
8. Becerra Rodríguez F, Mauricio Serna H. Redes empresariales locales, investigación y desarrollo e innovación en la empresa. Cluster de herramientas de caldas, Colombia. *Estudios Gerenciales*. 2013;29(3):47-257.
9. Salazar Hernández R. Los clúster, como herramienta de alta calidad en escenarios competitivos de la región caribe colombiana. *Revista de la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas*. 2013;3(2):119-129.
10. Vásquez E, Villamiza S. Metodología para auditar la gestión de mantenimiento de PDVSA Refinación Oriente. Caso: Refinería San Roque. *Mantenimiento Latino América*. 2012;4(3):30-43.
11. Díaz Concepción A, Pérez Rodríguez F. Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos". *Ingeniería Mecánica*. 2012;15(1):34-43.
12. Hourné Calzada MB, Brito Vallina ML. Análisis de criticidad de grupos electrógenos de la tecnología fuel oil en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2012;21(3):55-61.