

Formulación de una nueva definición de fatiga mecánica

Formulation of a new definition of mechanical fatigue

Pavel Michel Almaguer-Zaldivar^{1,*}, Lidia María Pérez-Vallejoli^{II}

I. Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería. Departamento Mecánica Aplicada. Holguín, Cuba

II. Empresa Provincial de Gestión de Inmuebles de Holguín Gestar. Holguín, Cuba.

* Autor de correspondencia: pavel@uho.edu.cu pavelmichel@gmail.com

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](#)



Recibido: 1 de febrero de 2023

Aceptado: 12 de abril de 2023

Resumen

La fatiga mecánica es objeto de estudio permanente para los ingenieros e investigadores interesados en el comportamiento de los materiales. El objetivo del trabajo fue formular una definición nueva para la fatiga mecánica. Se propuso un procedimiento que se basa en la revisión bibliográfica, a partir de la cual se elaboró una matriz binaria con 37 definiciones de fatiga y 49 factores tratados en ellas. Con la aplicación del índice de Jaccard, se obtuvo otra matriz que se procesó en el software UCINET y con la herramienta NetDraw se representó la red social de las relaciones entre

los diferentes factores. Entre los resultados se obtuvieron tres grupos de factores que influyen sobre la fatiga y cuales son aquellos factores que tienen mayor centralidad. Se demostró una vez más la multiplicidad de factores que influyen en el fallo por fatiga. En esta investigación se propuso una definición nueva basada en las tres etapas que se producen durante la falla por fatiga.

Palabras claves: fatiga mecánica, análisis estadístico, red social, índice de Jaccard.

Abstract

Mechanical fatigue is a permanent object of study for engineers and researchers interested in the behavior of materials. The objective of this work was to formulate a new definition for mechanical fatigue. A procedure was proposed that is based on the literature review, from which a binary matrix was developed with 37 definitions of fatigue and 49 factors treated in them. With the application of the Jaccard index, another matrix was obtained that was processed in the UCINET software and with the NetDraw tool the social network of the relationships between the different factors was

represented. Among the results, three groups of factors that influence fatigue and which are those factors that have greater centrality were obtained. The multiplicity of factors that influence fatigue failure was demonstrated once again. In this research, a new definition was proposed based on the three stages that occur during fatigue failure.

Key words: mechanical fatigue, statistical analysis, social network, Jaccard index.

Cómo citar este artículo, norma Vancouver:

Almaguer Zaldivar PM, Pérez Vallejo LM. Formulación de una nueva definición de fatiga mecánica. Ingeniería Mecánica. 2024;27(2):e692.

1. Introducción

Los estudios de fatiga cíclica permiten identificar la localización de los puntos críticos donde es posible la incidencia de fallos estructurales o fractura de cualquier componente de un sistema [1]. Ejemplo de esto se ve en el interés en lograr construcciones ligeras de acero, en las que los aceros de alta resistencia han ganado importancia [2]. Precisamente uno de los fenómenos que degradan a los materiales en equipos de plantas de procesos es la fatiga mecánica [3]. El diseño y la manipulación adquieren importancia cuando se alcanza elevadas propiedades de fatiga porque el procesamiento y la manufactura de aceros de elevada resistencia son más exigentes, en particular la soldadura. En adición a los desafíos y requerimientos relacionados a las cargas estáticas y a la fabricación, la consideración del desempeño a fatiga es de máxima importancia cuando las estructuras soldadas de aceros de elevada resistencia son introducidas para aplicaciones estructurales [4]. Se plantea que más del 60 % del fallo en la caja de velocidad de aerogeneradores se debe a la fatiga [5]. Las propiedades a fatiga del material dependen del diseño de los componentes y de las características micro estructurales. Este último es responsable del comportamiento probabilístico a fatiga, debido a las variaciones en la microestructura [6].

El Análisis de Redes Sociales, SNA (*Social Networks Analysis*) permite evaluar las diferentes relaciones entre factores diversos. Numerosos estudios actuales que se basan en el SNA [7-9] utilizaron el software UCINET para analizar los datos de la red social y convertirlos a un formato que sea leído por la herramienta NetDraw, la que permite visualizar la red social en forma gráfica, definida por nodos que se corresponden con cada factor y flechas que expresan las interrelaciones entre ellos. En [10] se realizó el análisis bibliométrico de una revista. Para ello, utilizaron una red social para profundizar en la relación de cooperación entre autores.

En una red dada, la importancia de los grupos puede ser modelada por la medida de la centralidad de los grupos. El índice de centralidad de Freeman es una manera de normalizar cualquier centralidad dada o la medida de la centralidad del grupo, lo que permite comparar parámetros individuales o grupos de diferentes redes [11, 12]. Para comparar los valores de centralidad de diferentes gráficos con posible diferentes tamaños, en la definición de la centralidad de Freeman se usa una fórmula normalizada, donde el divisor normalizado está basado en la varianza de la centralidad teóricamente mayor en cualquier gráfico de una clase de gráficos dada [11]. El grado de centralidad de un nodo es el número total de nodos que se conectan con él. Basado en esta medida, mientras más vecinos tenga un nodo, este tiene mayor influencia en la red [13]. El índice de Jaccard es la distancia entre dos unidades [14] y puede ser aplicado para medir la concordancia entre un número arbitrario de factores [15]. Esto permite agrupar diferentes factores acorde con las interrelaciones que hay entre ellos. En este trabajo se utiliza este índice para evaluar la concordancia entre diferentes factores que influyen en la fatiga mecánica.

El SNA se ha convertido en una herramienta necesaria para comprender y describir el comportamiento social de los usuarios y sus relaciones. Este ha reemplazado metodologías tradicionales de las ciencias sociales que incluyen cuestionarios, exámenes y entrevistas. El SNA permite analizar una variedad de aspectos prácticos de aplicaciones multidisciplinarias [16].

Como se aprecia; la respuesta a fatiga de los componentes de máquinas y estructuras es un tema actual de objeto de estudio de ingenieros e investigadores. El SNA es una herramienta que permite identificar entre un grupo de factores cuáles son los que más influyen dentro de la red social. En este trabajo se utilizó una red social para realizar un estudio de 37 definiciones previas del fenómeno de la fatiga. El objetivo de este trabajo fue formular una definición nueva para la fatiga mecánica. Se demostró, en los estudios realizados, que hay múltiples parámetros que evidencian su influencia sobre el fenómeno de la fatiga.

2. Métodos y Materiales

En este trabajo se presenta un estudio realizado para formular una definición nueva del fenómeno de la fatiga mecánica.

Para desarrollar el estudio y formular la definición se siguió el procedimiento que se presenta en la figura 1.

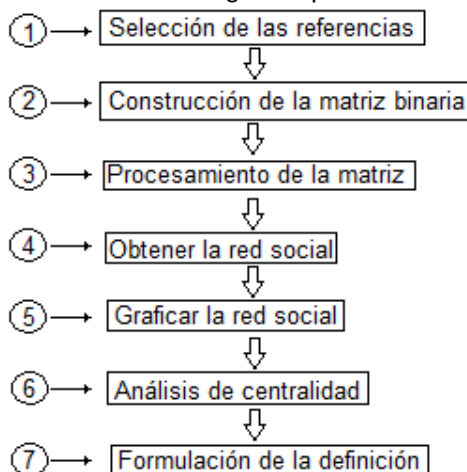


Fig. 1. Procedimiento para formular la definición. Fuente: autores

2.1. Descripción del procedimiento

2.1.1. Selección de las referencias

Para desarrollar el trabajo se consultaron varios documentos sobre el tema fatiga. Se seleccionaron 38 referencias debido a que en ellas había una definición de fatiga mecánica. Los elementos analizados en cada una de ellas fueron el(os) autor(es), año, tipo de publicación y la definición planteada. Estas referencias y las definiciones planteadas en ellas se presentan en el documento: 37 Fatigue definitions.docx, Mendeley Data, V2, doi: 10.17632/j8fmkwxj7k.2.

En ese documento solo hay 37 definiciones debido a que un mismo autor publicó su definición en dos artículos independientes. Se observó por los autores de este trabajo que de las definiciones analizadas, en ninguna se consideran, en su conjunto, las tres etapas que se producen durante el proceso de la fatiga mecánica.

2.1.2. Construcción de la matriz binaria

Con las 37 definiciones se construyó una matriz binaria que tiene por las filas los autores y por las columnas los diferentes factores utilizados por ellos en cada una de las definiciones. Cuando un factor está presente en una definición se le asigna el valor de 1 (uno), mientras que si no está su valor es igual a 0 (cero).

2.1.3. Procesamiento de la matriz

Para visualizar las relaciones que se establecen entre los factores, se procesó la matriz binaria en el programa de análisis estadístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*).

2.1.4. Obtener la red social

La matriz de modo 1 obtenida como resultado del paso 3 se procesó en el software UCINET.

2.1.5. Graficar la red social

Con la aplicación NetDraw, se obtiene la red social de relaciones entre los diferentes términos utilizados por los autores estudiados. Se entiende por red social al grupo de individuos (términos) que, en forma agrupada o individual, se relacionan con otros con un fin específico, caracterizado por la existencia de flujos de información.

2.1.6. Análisis de centralidad

Para profundizar en la estructura de la red se realiza el análisis del grado de centralidad. Este define el número de términos a los cuales uno de ellos está directamente unido. Este análisis arroja como resultado cuales son los términos más centrales, o sea, aquellos términos que poseen un mayor número de relaciones en la red y que son las más representativas en el estudio realizado.

2.1.7. Formulación de la definición

Para formular la definición se consideraron los resultados de los análisis estadísticos y de centralidad realizados en los pasos tres y siete de este procedimiento. También se realizaron las observaciones de diferentes piezas que han fallado por fatiga reportadas en la bibliografía, así como en probetas ensayadas en investigaciones previas y en el desempeño profesional de los autores.

3. Resultados y Discusión

En el estudio bibliográfico realizado se encontraron 37 definiciones para el fenómeno de la fatiga mecánica. En ellas se identificaron 49 posibles factores que en un momento determinado influyen sobre la resistencia de los materiales ante la acción de cargas variables en el tiempo. Este resultado demuestra una vez más la complejidad del fallo por fatiga, el que no puede ser estudiado desde la perspectiva de un solo factor influyendo sobre él. Siempre se precisa de considerar todas las causas posibles de estos fallos, amén de la responsabilidad de la pieza en cuestión.

En la figura 2 se encuentra un diagrama de pastel con el desglose de las 38 referencias seleccionadas según el tipo de documento. Como se observa, la mayor cantidad de definiciones se encontraron en 18 libros y siete artículos.

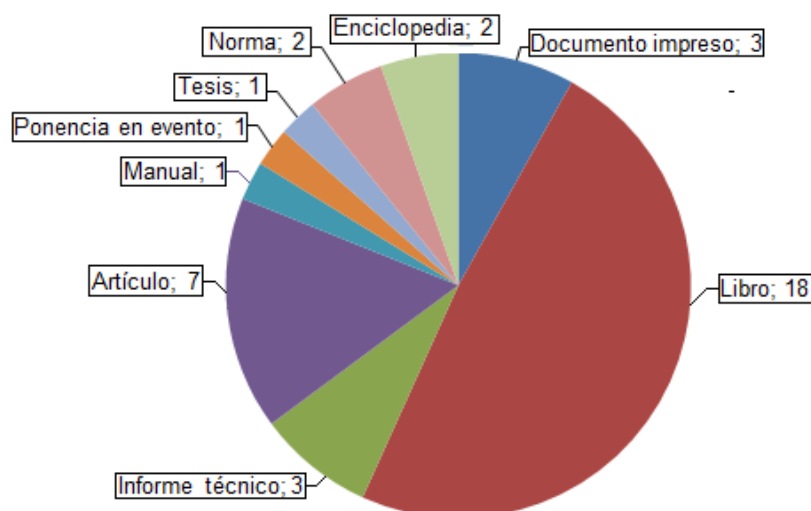


Fig. 2. Tipos de documentos seleccionados para estudiar las definiciones de fatiga. Fuente: autores

Con las 37 definiciones estudiadas y los 49 factores identificados se construyó la matriz binaria que se expone en el documento: annex 1 fatigue definitions.xlsx, doi: 10.17632/j8fmkwxj7k.2.

En las filas de esa matriz se tienen las definiciones estudiadas, identificada cada una por su autor y el año de publicación. La matriz binaria se encuentra duplicada porque está escrita en español e inglés.

La matriz binaria se procesó en el software SPSS. A través del análisis de correlaciones de distancia y con la utilización de la medida de Jaccard se convierte la matriz de modo 2 en una matriz de modo 1. La matriz de Jaccard así obtenida está en el documento: annex 2 jaccard array.xls, doi: 10.17632/j8fmxwxj7k.2.

En esa matriz, tanto por las filas, como por las columnas se encuentran los 49 factores identificados en el estudio de las 37 definiciones de fatiga mecánica seleccionadas en la revisión bibliográfica. La intersección de una fila y una columna representa la relación que existe entre los dos factores que coinciden en esa celda. Los valores de las distintas celdas tienen valores que se encuentran en el rango definido entre cero y uno. Una relación igual a cero indica que en las definiciones estudiadas, no existe una relación entre los dos factores que se intercepta en esa celda. De esto se infiere que a medida que un valor se aproxima a cero, la relación entre los dos factores que confluyen en la celda es más débil. Lo contrario ocurre cuando los valores se aproximan a uno. La diagonal principal de la matriz es igual a uno, debido a que indica la relación de un factor con él mismo.

La matriz de Jaccard se procesó usando el software UCINET. Con el resultado obtenido y con la aplicación de la herramienta NetDraw se dibujó la red social de las relaciones entre los 49 factores utilizados en las 37 definiciones de fatiga estudiadas, figura 3

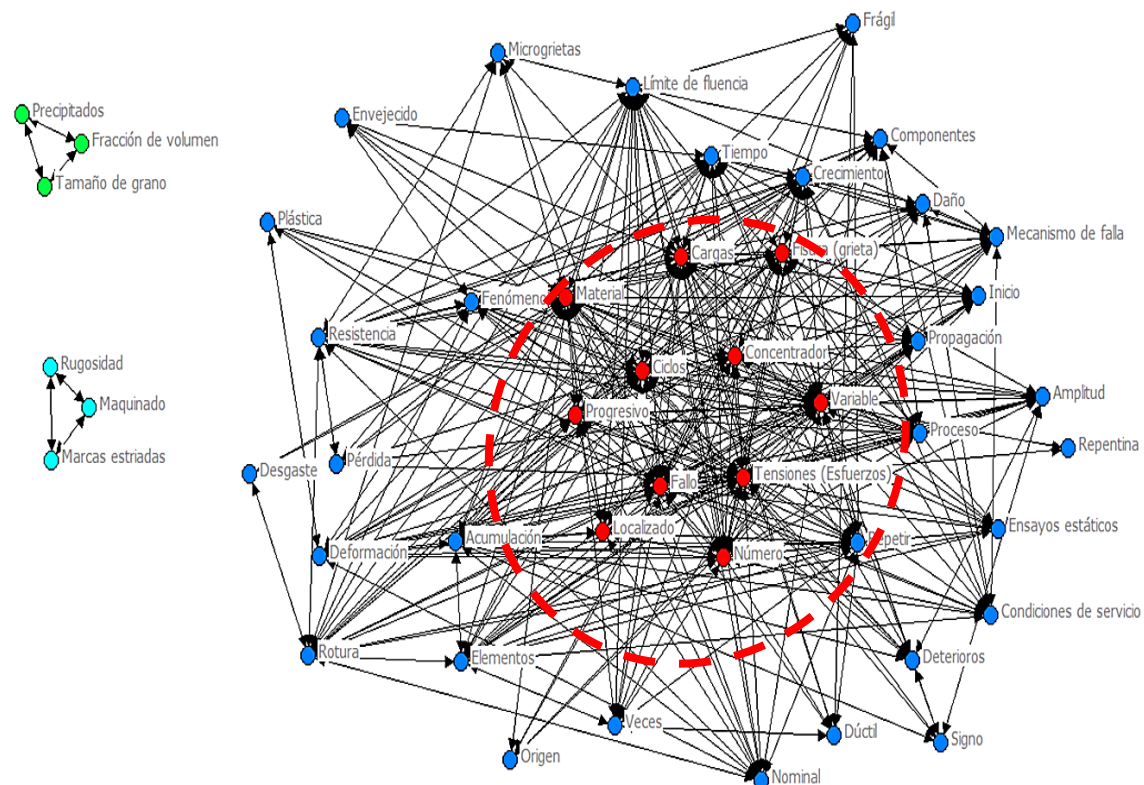


Fig. 3. Red social de las relaciones entre los factores utilizados en las definiciones de fatiga estudiadas.

Fuente: autores

En la red se observan tres grupos. El primer grupo, que es donde se encuentran concentrados la mayor cantidad de factores, está indicado por círculos (nodos) de color rojo y azul. Los círculos de color rojo representan a los factores con la mayor cantidad de relaciones. Son los que se encuentran en el centro de la red social, encerrados en un círculo de una línea discontinua de color rojo. Aquellos nodos de color azul son los que tienen menor cantidad de relaciones. A medida que los círculos de color azul están más cercanos al centro de la red social tienen más relación con otros factores que aquellos que están más alejados del centro. Las flechas indican las relaciones entre los factores, por lo tanto, en aquellos nodos que confluyen mayor cantidad de flechas, son los que tienen relaciones más fuertes con el resto de los elementos de la red. Hay que destacar que esto no quiere decir que tenga relación con todos los elementos de la red, lo que se evidencia en la matriz de Jaccard, en la que solo son iguales a uno, las celdas que se corresponden con la diagonal principal. Por el contrario, en los nodos en que coinciden menor cantidad de flechas, son los que tienen menor relación con los restantes componentes de la red. Este primer grupo se asocia con las condiciones de trabajo de las piezas y estructuras.

Un segundo grupo, indicado por nodos de color verde, está relacionado con factores de carácter metalúrgico. El tercer grupo, con nodos de color azul claro; está definido por factores que se derivan del proceso tecnológico utilizado para fabricar las piezas. Es de señalar que en estos dos últimos grupos es donde hay menor cantidad de factores.

La presencia de estos grupos, con factores interrelacionados entre sí, está de acuerdo con lo planteado por [15] respecto a cómo el índice de Jaccard refleja las discrepancias entre y dentro de los grupos.

Según se aprecia en la red social presente en la figura 3, entre los tres grupos observados no hay interrelación entre ellos. Sin embargo la práctica ha demostrado que no es así. Es conocido que cualquier dislocación en la estructura cristalina, así como los defectos inducidos durante la manufactura de las piezas, pueden ser la nucleación y futuro desarrollo de las grietas de fatiga.

Para profundizar en la estructura de la red se realizó el análisis del grado de centralidad de Freeman, figura 4.

Este arrojó como resultado que los términos más centrales son: materiales, tensiones (esfuerzos), ciclos, variable, localizado, deformación, número, progresivo, fisura (grieta), cargas, concentrador, límite de fluencia y fallo. Aunque estos términos son los que tienen un mayor número de relaciones en la red, todos los términos estudiados pueden influir en un momento dado en el fallo por fatiga de un elemento. Esto se debe a la multiparametricidad del fenómeno de la fatiga, que no es posible estudiarlo como un proceso que ocurre bajo la influencia de un solo factor.

FREEMAN'S DEGREE CENTRALITY MEASURES:					DESCRIPTIVE STATISTICS				
		1	2	3			1	2	3
		Degree	NrmDegree	Share			Degree	NrmDegree	Share
2	Material	5.411	11.273	0.042	1	Mean	2.648	5.518	0.020
6	Tensiones (Esfuerzos)	5.106	10.638	0.039	2	Std Dev	1.285	2.677	0.010
5	Ciclos	4.925	10.261	0.038	3	Sum	129.776	270.368	1.000
7	Variable	4.902	10.213	0.038	4	Variance	1.651	7.167	0.000
40	Localizado	4.476	9.326	0.034	5	SSQ	424.625	1842.993	0.025
28	Deformación	4.454	9.278	0.034	6	MCSSQ	80.913	351.183	0.005
25	Número	4.241	8.836	0.033	7	Euc Norm	20.606	42.930	0.159
27	Progresivo	4.214	8.780	0.032	8	Minimum	0.142	0.296	0.001
10	Fisura (grieta)	4.192	8.734	0.032	9	Maximum	5.411	11.273	0.042
18	Cargas	3.864	8.050	0.030					
39	Concentrador	3.853	8.027	0.030					
17	Límite de fluencia	3.784	7.884	0.029					
13	Fallo	3.667	7.639	0.028					
12	Repetir	3.506	7.305	0.027					
23	Acumulación	3.393	7.069	0.026					
9	Proceso	3.391	7.065	0.026					
8	Tiempo	3.340	6.959	0.026					
1	Fenómeno	3.030	6.312	0.023					
4	Resistencia	2.990	6.229	0.023					
21	Amplitud	2.831	5.898	0.022					
11	Crecimiento	2.439	5.081	0.019					
15	Rotura	2.422	5.046	0.019					
14	Elementos	2.381	4.960	0.018					
20	Propagación	2.308	4.807	0.018					
19	Inicio	2.308	4.807	0.018					
37	Nominal	2.279	4.748	0.018					
32	Mecanismo de falla	2.180	4.542	0.017					
24	Deterioros	2.163	4.507	0.017					
26	Veces	2.142	4.462	0.017					
42	Tamaño de grano	2.000	4.167	0.015					
46	Rugosidad	2.000	4.167	0.015					
47	Maquinado	2.000	4.167	0.015					
48	Marcas estriadas	2.000	4.167	0.015					
43	Fracción de volumen	2.000	4.167	0.015					
44	Precipitados	2.000	4.167	0.015					
45	Daño	1.926	4.012	0.015					
30	Componentes	1.898	3.955	0.015					
31	Condiciones de servicio	1.865	3.886	0.014					
35	Dúctil	1.710	3.563	0.013					
34	Frágil	1.710	3.563	0.013					
3	Pérdida	1.546	3.221	0.012					
22	Signo	1.436	2.991	0.011					
38	Origen	1.146	2.388	0.009					
16	Ensayos estáticos	1.094	2.280	0.008					
36	Microgrietas	1.062	2.211	0.008					
49	Envejecido	0.995	2.074	0.008					
41	Desgaste	0.532	1.108	0.004					
29	Plástica	0.519	1.082	0.004					
33	Repentina	0.142	0.296	0.001					

Network Centralization = 6.00%

Heterogeneity = 2.52%. Normalized = 0.49%

Actor-by-centrality matrix saved as dataset FreemanDegree

Fig. 4. Resultados del indicador de centralidad de Freeman de las relaciones entre factores. Fuente: autores

En [18] las herramientas de análisis de la bibliografía facilitaron la observación de una malla que describe la relación entre documentos científicos para seleccionar los artículos hegemónicos y las publicaciones actuales, lo que es de gran importancia para determinar las tendencias en la investigación. Haciendo una similitud con los resultados mostrados en este trabajo, este análisis permitió que se determinaran los factores, que según las definiciones consultadas en doi: 10.17632/j8fmkwxj7k.2, influyen más en el fenómeno de la fatiga.

La inclusión de otras definiciones de fatiga, encontradas en otras referencias podría cambiar la red social o los resultados del indicador de centralidad. El aumento del índice de Jaccard, no significaría que la definición añadida es mejor que las anteriores, sino que esta es similar al grupo. Por otra parte, si este índice disminuye, esto significa que la añadida es disimilar a las ya estudiadas [15].

Los análisis estadísticos son necesarios para medir la centralidad de cada nodo (factor) [16] lo que proporciona una visión general de la importancia de los individuos, o sea, como se ve en este trabajo, de la importancia de cada factor que influye sobre la fatiga mecánica.

Con los resultados obtenidos de los estudios sobre el tema de la fractura por grietas de fatiga en materiales ingenieriles, que incluyeron la observación de diferentes elementos que han fallado por fatiga, el estudio de bibliografía sobre el tema y el procesamiento estadístico de las definiciones encontradas, los autores de este trabajo propone la siguiente definición:

Fatiga mecánica: es el fallo de elementos de máquinas y estructurales por la presencia de defectos originados en la estructura cristalina del material o provocados por el proceso tecnológico, debido a la acción de cargas variables en el tiempo que provocan el crecimiento de las grietas hasta que alcancen la longitud crítica y se agote la capacidad resistente del material.

Conclusiones

Se demuestra, en la bibliografía estudiada, la existencia de la multiplicidad de factores que afectan la respuesta a la fatiga de las piezas y estructuras. Según el alcance de la revisión bibliográfica realizada no existe una definición para el fenómeno de la fatiga mecánica que incluya las tres etapas que ocurren durante el proceso. Por estas razones se propuso una definición nueva para describir este fenómeno.

Referencias

1. Haidar Wehbe N, Matos Garrido JM, Ayllón Guerola J, Moreno Muñoz J., Nuñez Marquez E, Velasco Ortega, E. El efecto de la fatiga cíclica sobre los pilares de implantes dentales. *Avances en odontoestomatología*. 2020;36(2):89-97.
2. Diekhoff P, Hensel J, Nitschke-Pagel Th, Dilger K. Investigation on fatigue strength of cut edges produced by various cutting methods for high-strength steels. *Welding in the World*. 2020;64:545-561. DOI 10.1007/s40194-020-00853-y.
3. Fernández-Fuentes R, Cruz-Crespo A, Scotti A. Evaluación del comportamiento del acero 1,25Cr0,5Mo en condiciones de fluencia lenta. *Revista Técnica de la Universidad de Zulia*. 2021;44(2):83-91. DOI 10.22209/rt.v44n2a03
4. Skriko T, Lipiäinen K, Ahola A, Mettänen H, Björk T. Fatigue strength of longitudinal load-carrying welds in beams made of ultra-high-strength Steel. *Journal of Constructional Steel Research*. 2021;179:106563. DOI 10.1016/j.jcsr.2021.106563.
5. Vantadori S, Ronchei C, Scorza D, Zanichelli A, Araújo LC, Araújo JA. Influence of non-metallic inclusions on the high cycle fatigue strength of steels. *International Journal of Fatigue*. 2022;154: 106553. DOI 10.1016/j.ijfatigue.2021.106553.
6. Frie Ch, Kolyshkin A, Eberl Ch. Analysis of data-driven models for predicting fatigue strength of steel components with uncertainty quantification. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*. 2024;47:1036-1052. DOI: 10.1111/ffe.14195.
7. Tahmasebi A, Askaribezayeh F. Microfinance and social capital formation-a social network analysis approach. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2021;76:100978. DOI 10.1016/j.seps.2020.100978.
8. Tang W, Chung J, Koo S. Key terms and topics of muscle-supportive and posture-corrective wearable robots for older adults using text mining and semantic network analysis. *Research Journal of Textile and Apparel*. 2023;Ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/RJTA-08-2023-0087>
9. Si L, Liu X. Nip risk in the bud: research data ethics governance framework and collaborative network from the perspective of UK policy. *Aslib Journal of Information Management*. 2024;Ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/AJIM-07-2023-0238>
10. Rodríguez Castilla L, Domech Rondón D, Santos Baranda J. Desarrollo editorial de la Revista Referencia Pedagógica hasta su 10mo. Aniversario. Análisis bibliométrico. *Referencia pedagógica*. 2023;11(3): 444-461.
11. Krnc M, Škrekovski R. Group Degree Centrality and Centralization in Networks. *Mathematics*. 2020;8(10):1810-1820. DOI 10.3390/math8101810.
12. Karlovcevic M, Krnc M, Škrekovski R. Evaluating Group Degree Centrality and Centralization in Networks. *Informatica*. 2022;46(5):85-94. DOI 10.31449/inf.v46i5.3817.
13. Wang Y, Li H, Zhang L, Zhao L, Li W. Identifying influential nodes in social networks: Centripetal centrality and seed exclusion approach. *Chaos, Solitons and Fractals* 2022;162:112513. DOI 10.1016/j.chaos.2022.112513.
14. Vorreuther CM, Warin T. Patent relatedness and velocity in the Chinese pharmaceutical industry: A dataset of Jaccard similarity indices. *Data in Brief*. 2021;35:106814. DOI 10.1016/j.dib.2021.106814.
15. Durkee MS, Lleras K, Drukker K, Junting A. Generalizations of the Jaccard index and Sørensen index for assessing agreement across multiple readers in object detection and instance segmentation in biomedical imaging. *Journal of Medical Imaging*. 2023;10(6):065503. DOI 10.1117/1.JMI.10.6.065503.
16. Singh, SS. Muhuri, S. Mishra, Sh. Srivastava, D. Shakya, HK. Kumar, N. Social Network Analysis: A Survey on Process, Tools, and Application. *ACM Computing Surveys*. 2024;56(8):1-39. DOI 10.1145/3648470.
17. Rabelo Florez RA. Bacterias y hongos utilizados en la biodegradación de hidrocarburos: Una Revisión de literatura y Análisis Bibliométrico. *Revista EIA*. 2023;20(39):1-35. DOI 10.24050/reia.v20i39.1622.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Pavel Michel Almaguer Zaldivar. <http://orcid.org/0000-0001-6879-9961>

Participó en la búsqueda de información, en el diseño de la investigación, en la recolección de los datos, elaboración de la matriz binaria, análisis de los resultados, formulación de la definición y en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Lidia María Pérez Vallejo. <http://orcid.org/0000-0001-8602-5898>

Participó en la búsqueda de información, en el diseño de la investigación, en la recolección de los datos, procesamiento estadístico de los datos, análisis de los resultados y en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.