

# FRACTALIDAD EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL: UN ENFOQUE DESDE LA COMPLEJIDAD

## *FRACTALITY IN THE BUSINESS MANAGEMENT: AN APPROACH FROM THE COMPLEXITY*

### **Grace Milagros Cisneros Trujillo**

Código ORCID: 0000-0002-4614-4160  
Universidad Peruana de Ciencias  
Aplicadas  
Lima, Perú

### **Luis Eduardo Juárez Hernández**

Código ORCID: 0000-0001-6192-2664  
Universidad Peruana de Ciencias  
Aplicadas  
Lima, Perú

### **Clara Patricia Urrea**

Código ORCID: 0000-0001-6192-2664  
Universidad Peruana de Ciencias  
Aplicadas  
Lima, Perú

---

Recibido: Octubre 2021

Aceptado: Noviembre 2021

Cómo citar este artículo:

Cisneros, G., Juárez, L., & Urrea, C. (2021). Fractalidad en la  
Gestión Empresarial: Un Enfoque desde la Complejidad.  
Review of Global Management, 7(2), 50-56

## **RESUMEN**

El paradigma fractal ha surgido como un marco significativo en el ámbito de la gestión empresarial, ofreciendo perspectivas sobre la dinámica organizativa en entornos complejos y rápidamente cambiantes. Este estudio explora las aplicaciones de la fractalidad en diversos contextos organizativos, haciendo hincapié en su papel en la mejora de la adaptabilidad, la resiliencia y la eficiencia. Los ejemplos clave incluyen el método de Análisis Fractal de Seguridad (Accou & Reniers, 2019), que mejora los sistemas de gestión de la seguridad a

través de investigaciones estructuradas de accidentes, y la implementación de modelos fractales de empresa (Bider et al., 2017), que buscan la optimización de procesos en diversos sectores. Los hallazgos señalan la importancia de promover un cambio cultural hacia la colaboración y el intercambio de conocimientos entre niveles organizativos para cultivar los beneficios de los principios fractales. El presente ensayo aborda algunos estudios y aplicaciones en los que se destaca el potencial del enfoque fractal para transformar las prácticas de gestión tradicionales, ofreciendo vías para la innovación y el crecimiento sostenibles frente a la globalización y la complejidad.

**Palabras clave:** sistemas complejos, teoría del caos, estructuras fractales, fractalidad en la fabricación.

## ABSTRACT

*The fractal paradigm has emerged as a significant framework within the realm of business management, offering insights into organizational dynamics in complex and rapidly changing environments. This study explores the applications of fractality across various organizational contexts, emphasizing its role in enhancing adaptability, resilience, and efficiency. Key examples include the Safety Fractal Analysis method (Accou & Reniers, 2019), which improves safety management systems through structured investigations of accidents, and the implementation of fractal enterprise models (Bider et al., 2017), which facilitate process optimization in diverse sectors. The findings underscore the importance of fostering a cultural shift towards collaboration and knowledge sharing among all organizational levels to effectively leverage fractal principles. Ultimately, this research highlights the potential of fractality to transform traditional management practices, offering pathways for sustainable innovation and growth in the face of globalization and complexity.*

**Key words:** Complex systems; chaos theory; fractal structures; fractality in manufacturing.

## INTRODUCCIÓN

Diferentes teorías científicas, cuyo origen no guardaba relación con la gestión empresarial han sido adaptadas y han aportado a su comprensión, ese es el caso de la teoría de la fractalidad que tiene origen en las ciencias abstractas, en la geometría fractal. Enfoques relacionados a la complejidad y su utilidad estratégica se han tomado como marco para un mejor entendimiento y gestión del comportamiento organizacional para hacer frente a un mundo cada vez más competitivo.

El paradigma del Fractal en este ámbito, ofrece un

marco conceptual que facilita el entendimiento de la dinámica organizacional en entornos complejos y de alta variabilidad, con el objetivo de facilitar la adaptabilidad, resiliencia y eficiencia, especialmente en un contexto globalizado donde las interacciones son multidimensionales.

Concibiendo a la organización como un sistema vivo, permanentemente en proceso de adaptación, que sobrevive y evoluciona en un entorno cambiante, resolutivo y dinámico, como lo afirmaron Warnecke (1993), Zhang y Anosike (2010), las empresas pueden evolucionar a modelos más complejos producto de una constante adaptación a su entorno y replicando el comportamiento de las estructuras fractales.

Se destacan tres propiedades para caracterizar la fractalidad: la autosimilitud, la autoorganización y la adaptabilidad. Según Lacan y Tresser (2015), los fractales son útiles para reflejar aspectos críticos de la resiliencia operativa en sistemas complejos, como son los sistemas informáticos y las organizaciones.

La autosimilitud permite a las organizaciones replicar estructuras exitosas en diferentes escalas, facilitando así una respuesta más ágil ante desafíos emergentes. En diversas disciplinas, los modelos fractales han sido utilizados para mejorar la comprensión y el desarrollo de sistemas. Por ejemplo, Nonaka et al. (2014) discutieron cómo el conocimiento, la organización fractal y la subjetividad de los individuos interactúan en un entorno cambiante, promoviendo la innovación continua. Este enfoque desafía la noción tradicional de que las organizaciones deben adaptarse pasivamente a su entorno, sugiriendo en su lugar que pueden moldear activamente su contexto.

El análisis multifractal (Lahmiri, 2017) se ha utilizado para examinar datos económicos y financieros, revelando patrones de dependencia a largo plazo en variaciones de precios de activos. Este enfoque permite a las organizaciones identificar tendencias y ajustar sus estrategias en consecuencia, mostrando que la multifractalidad es un aspecto clave para entender el comportamiento del mercado.

### ANTECEDENTES

La teoría de la complejidad en las organizaciones se ha discutido en la literatura desde las décadas de los sesenta y setenta, a partir del desarrollo y aportes de la ciencias no lineales, biológicas y físicas; este concepto ha cambiado la forma de abordar los procesos organizativos complejos. Algunos autores definen organizaciones humanas como sistemas interpretativos porque representan las bases internas a las que responden y se adaptan a la complejidad, a medida que sus responsables de toma de decisiones lo perciban e interpreten. Con base en los esquemas interpretativos, la complejidad percibida puede reducirse significativamente y las representaciones que construyen para sí mismos modifican su entorno de forma proactiva, adaptándose a él. Desde esta perspectiva, la teoría de la complejidad proporciona un mejor enfoque que los intentos tradicionales (enfoques lineales), en establecer vínculos causales entre actividades específicas y resultados particulares en los procesos empresariales. (Boisot y Child, 1999).

En la dinámica de constante cambio que caracteriza a las organizaciones, la estructura y los procesos internos se adaptan permanentemente a la estrategia, que se encuentra en constante relación causa-efecto con el entorno; los enfoques no lineales como los que plantean la teoría del caos y la teoría de la complejidad proporcionan un marco para el entendimiento de estas relaciones, como lo mencionan Lindberg, Voss y Blackmon (1998).

Los fractales son objetos que exhiben patrones autosimilares a diferentes escalas y que se presentan en diversas disciplinas científicas, desde la biología hasta la economía. Esta característica de autosimilitud, junto con la autoorganización, permite que los sistemas sean adaptativos y respondan eficazmente a cambios en su entorno (Mandelbrot, 1983). Autores como Peralta, Marcos, Aguayo, Lama, y Córdoba (2015), definen al fractal como un el producto de la interacción infinita de un proceso geométrico.

El paradigma de fractalidad representa la complejidad en la que incurren los sistemas empresariales o pequeños sistemas. Las estructuras fractales, se caracterizan por un patrón repetitivo en los procesos. Bajo este enfoque diferentes autores plantean metodologías

adaptables a cualquier cambio en la sociedad o mercado cumpliendo ciertas características de la fractalidad en las organizaciones.

### APLICACIÓN EN DIFERENTES DISCIPLINAS

Diferentes disciplinas donde han aplicado la teoría del fractal en diversas áreas, para lograr una mejor comprensión y a través de la aplicación de modelos basados en este enfoque impactar en la eficiencia, apelando a las características de autosimilitud, autoorganización y, además, interactuando con los otros sistemas, con el fin de volverse adaptables a los cambios que se puedan presentar.

En 2015 las investigaciones de Lacan y Tresser resaltaron la utilidad de la perspectiva fractal para describir aspectos de la resiliencia operacional de los sistemas informáticos, donde los patrones y estructuras iteran en diferentes escalas, resaltando la capacidad de un sistema para adaptarse a cambios y mantener su funcionalidad.

estos son grandes entidades que pueden comprender el entorno empresarial. Asimismo, se definieron los fractales dependiendo de las estructuras que se elijan para equipar el espacio, por ello, se aplicaron los fractales sobre el quírofano, la IA<sup>1</sup> y el riesgo operativo.

el análisis de fluctuación de tendencia multifractal explicado por Lahmiri (2017) ayuda a analizar datos económicos y financieros; por ello, al hacer un análisis multifractal, se investiga la dependencia a largo plazo en las variaciones cortas y largas en los precios de los activos.

Al ser el primer modelado que examina las acciones de empresas familiares, tiene un nivel distinto de multifractalidad para el mercado bursátil. El resultado arroja que los rendimientos de los índices CSE<sup>2</sup> presentan una multifractalidad más fuerte y una dinámica diferente a los rendimientos del índice de negocios familiares.

En resumen, los hallazgos empíricos indican que la multifractalidad en los rendimientos del índice de negocio

<sup>1</sup> Inteligencia artificial (IA).

<sup>2</sup> Bolsa de Valores Casa Blanca.

familiar es diferente al de los rendimientos de MASI<sup>3</sup> y MADEX<sup>4</sup>, respectivamente.

Uno de los casos más relevantes en la aplicación del paradigma fractal en organizaciones es el método SAFRAN (Sistema para el Análisis Fractal de Riesgos Normativos), desarrollado por Accou y Reniers (2019), quienes destacan en su investigación que el paradigma fractal puede ser utilizado para mejorar los sistemas de gestión de la seguridad. Este enfoque se centra en la mejora de los Sistemas de Gestión de Seguridad (SMS) a través de la aplicación de principios fractales para analizar y optimizar los riesgos normativos en las organizaciones promoviendo una comprensión más profunda de los componentes del sistema. En su aplicación se combina la gestión de procesos con el análisis de accidentes, proporcionando un marco para identificar y abordar deficiencias en los sistemas de gestión de seguridad. A pesar de las limitaciones en su aplicación inicial, ya que el estudio se limitó a accidentes ferroviarios, el método SAFRAN demuestra que un análisis bien fundamentado puede conducir a un cambio sostenible en el desempeño y facilitar mejoras significativas en el rendimiento de la seguridad operativa y resalta la utilidad del análisis fractal en la identificación y corrección de deficiencias en la seguridad operacional.

El término "trabajador Fractal" hace referencia a personas que operan en organizaciones que adoptan características de un sistema fractal. En un estudio sobre "trabajadores fractales", Hasgall y Ahituv (2018) exploraron la implementación de innovaciones tecnológicas en organizaciones adaptativas complejas. Esta investigación que incluyó una muestra de 300 trabajadores, en 20 organizaciones distintas, resalta la flexibilidad y la adaptabilidad como características esenciales en entornos de alta tecnología, encontró una relación significativa entre la implementación de tecnologías innovadoras y la flexibilidad organizacional. Estos resultados subrayan la necesidad de un liderazgo que fomente la comunicación constante y la adaptación entre todos los niveles de la organización, manifestaron que una comunicación constante entre la alta dirección y los empleados son necesarios para fomentar un ambiente propicio para la innovación.

Por otro lado, Hasgall y Ahituv (2018) realizaron un

análisis en el que se investigaron las actitudes de 300 "trabajadores fractales" en 20 organizaciones adaptativas. Utilizando herramientas cuantitativas y cualitativas, el estudio encontró que existe una relación significativa entre la implementación de tecnologías innovadoras y la flexibilidad organizacional.

En el estudio "empresa extendida basada en la web fractal" de Hongzhao et al. (2005) se analizó una muestra de más de 2200 empresas que utilizaban colaboración en red, un ecosistema de fabricación donde múltiples empresas se coordinan a través de plataformas digitales para optimizar recursos y mejorar la eficiencia. Este modelo enfatiza la autosimilaridad en la estructura organizativa, permitiendo a las empresas extender su capacidad operativa y adaptarse rápidamente a las demandas del mercado. La investigación reveló que las cadenas de suministro que se comportan de manera autosimilar y se caracterizan por la autoorganización son más efectivas en términos de interacción y coordinación.

Nishiguchi y Beaudet (2000) contribuyen a la discusión sobre fractalidad destacando el uso de mecanismos de cooperación y el modelo just in time, en un estudio que incluyó 200 empresas. Los autores analizaron cómo reaccionaban a los problemas en la cadena de suministro y cómo implementaban prácticas de gestión fractal, demostrando que las organizaciones fractales mostraron una mayor capacidad de adaptación al entorno y, en consecuencia, una mejor respuesta antes situaciones de crisis gracias a la adopción de características como la flexibilidad y la autoorganización. Su estudio se centró en la aplicación de este enfoque en la cadena de suministros en la industria automotriz. Además de revelar que la adopción de un enfoque fractal tiene un impacto positivo en la flexibilidad, observó que las prácticas de diseño fractal generan un efecto multiplicador en los esfuerzos de las empresas, permitiendo que se compartan conocimientos y recursos de manera más eficiente, impactando en la efectividad de la transmisión de conocimientos y la eficiencia en la utilización de recursos de manera. Este estudio resaltó la importancia de institucionalizar la cooperación en toda la estructura fractal, mejorando así la eficacia operativa y la resiliencia organizacional.

El caso de Toyota es emblemático en este contexto, ya que la compañía ha aplicado principios fractales en su

<sup>3</sup> Índice de todas las acciones en la bolsa.

<sup>4</sup> Índice de la mayoría de las acciones líquidas que se cotizan en la bolsa.

modelo de producción just-in-time. Esta estrategia ha permitido a Toyota no solo reducir costos, sino también crear un sistema altamente adaptable que responde a las fluctuaciones del mercado y a las necesidades de los consumidores.

El enfoque de fabricación sostenible fractal, presentado por Peralta et al. (2015), destaca la importancia de la fractalidad en la gestión de procesos. Este modelo propone la integración de aspectos sociales, económicos y ambientales en la producción, promoviendo la sostenibilidad y la eficiencia operativa. Los principios de autosimilitud y autoorganización son fundamentales en este enfoque, permitiendo a las empresas adaptarse y evolucionar en respuesta a las cambiantes condiciones del mercado.

En la misma línea, Bider et al. (2017) introdujeron La metodología FEM (Fractal Enterprise Model), enfocándose en mostrar el potencial de este modelo para mejorar la eficacia organizativa en diferentes áreas y en diversas organizaciones. Este modelo busca identificar y optimizar procesos empresariales, para lo que requiere realizar un análisis sistemático de los activos y capacidades organizacionales recogidos través de entrevistas semiestructuradas y herramientas gráficas, los autores argumentan que la metodología FEM puede identificar una gran variedad de procesos dentro de una organización. Sin embargo, reconocen que la aplicación de esta metodología requiere de analistas experimentados, lo que limita su accesibilidad en algunos contextos. A pesar de las limitaciones en su implementación, el modelo FEM presenta un enfoque prometedor para el desarrollo empresarial y la mejora continua en las organizaciones.

La investigación en torno a la fractalidad también ha revelado la necesidad de un cambio cultural en las organizaciones para su efectiva implementación. La adaptabilidad y flexibilidad de las organizaciones fractales dependen de un enfoque colaborativo que involucre a todos los niveles, desde la alta dirección hasta los empleados de menor rango. Como señalan Nonaka et al. (2014), las organizaciones fractales son percibidas como redes multicapa que facilitan la conexión y el intercambio de conocimiento, permitiendo una mayor innovación y sostenibilidad.

Por otro lado, Eoyang (2011) pone énfasis en el proceso de cambio continuo y dinámico que caracteriza a las organizaciones y enfatiza en la necesidad de comprender los sistemas organizativos como entidades dinámicas y adaptativas que responden constantemente al comportamiento y condiciones del entorno. Los fractales pueden ser utilizados como metáfora para comprender el cambio organizacional, proporcionando un marco que admite aplicaciones iterativas y genera una imagen coherente a lo largo del tiempo. La relación entre la teoría de la complejidad y la fractalidad sugiere que las organizaciones deben ser vistas como sistemas sociales complejos que interactúan de manera dinámica y adaptativa, en los que se puede detectar patrones de comportamiento para extraer información valiosa en cuanto permitirá anticipar y gestionar situaciones de manera más efectiva.

Evaluar el nivel de complejidad y el grado de madurez de una organización para su gestión proporciona un mejor entendimiento que facilitará las acciones estratégicas, el trabajo de Kluth, Jäger, Schatz y Bauernhansl (2014) Se centra en estos objetivos a través de una propuesta de métodos de evaluación, herramientas prácticas y un marco de trabajo para la gestión de la complejidad. Destacan la necesidad de capacitar a los empleados para que comprendan y manejen la complejidad, fomentando un entorno donde se valoren las habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico.

La gestión efectiva de la información es fundamental. Las organizaciones deben implementar sistemas que faciliten el acceso a información relevante y que permitan una toma de decisiones rápida y eficaz.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La fractalidad en la gestión empresarial ofrece un marco teórico sólido y presenta aplicaciones prácticas para describir, entender y gestionar la eficiencia y la resiliencia organizacional. La utilización de principios fractales puede tener un impacto positivo en el rendimiento en diversas áreas, desde la gestión de la seguridad hasta la optimización de la cadena de suministro.

La perspectiva fractal en la gestión empresarial revela que este paradigma proporciona herramientas prácticas para la adaptación y el crecimiento proporcionando un ambiente favorable para la innovación continua y, en consecuencia, una mayor competitividad ante un entorno globalizado complejo y cambiante.

Es necesaria una transformación cultural hacia la colaboración y el aprendizaje continuo entre todos los niveles organizacionales, la comunicación desempeña un papel clave, así como la creación de redes de conocimiento y la implementación de tecnologías que faciliten este proceso hasta lograr un entendimiento más profundo de las estructuras internas para optimizar su funcionamiento hacia un modelo de eficiencia y sostenibilidad.

Es fundamental que las organizaciones aborden las limitaciones y desafíos asociados con la adopción de la fractalidad. La resistencia al cambio y la falta de comprensión de los principios fractales pueden obstaculizar su implementación efectiva.

Finalmente, aunque la fractalidad ha mostrado resultados positivos en diversas aplicaciones y las organizaciones sean inherentemente fractales en cuanto a sus características de auto similitud, adaptabilidad y auto organización, se requiere explorar el potencial de este enfoque en diferentes contextos y sectores. La documentación de resultados exitosos contribuirá a establecer la fractalidad como un enfoque clave en la gestión empresarial contemporánea.

## REFERENCIAS

- Accou, B., & Reniers, G. (2019). Developing a method to improve safety management systems based on accident investigations: The Safety Fractal Analysis. *Safety Science*, 115, 285–293. doi:10.1016/j.ssci.2019.02.016
- Boisot, M., y Child, J. (1999). Organizations as Adaptive Systems in Complex Environments: The Case of China. *Organization Science* 10(3), 237-252. doi:https://doi.org/10.1287/orsc.10.3.237
- Bider, I., Perjons, E., Elias, M., & Johannesson, P. (2017). A fractal enterprise model and its application for business development. *Software and Systems Modeling*, 16(3), 663–689. doi:10.1007/s10270-016-0554-9
- Eoyang, G. (2011). Complexity and the dynamics of organizational change. In P. Allen, S. Maguire, & B. McKelvey, *The sage handbook of complexity and management* (pp. 317-332). SAGE Publications Ltd.
- Hasgall, A., & Ahituv, N. (2018). Implementing continuous adaptation to technology innovation in complex adaptive organizations. *Journal of High Technology Management Research*, 29(1), 35-45. doi:10.1016/j.hitech.2018.04.004
- Hongzhao, D., Dongxu, L., Yanwei, Z., & Ying, C. (2005). A novel approach of networked manufacturing collaboration: fractal web-based extended enterprise. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26, 436-1442. doi:10.1007/s00170-004-2125-4
- Lacan, F., & Tresser, C. (2015). Fractals as objects with nontrivial structures at all scales. *Chaos, Solitons and Fractals*, 75, 218–242. doi:10.1016/j.chaos.2015.02.003
- Lahmiri, S. (2017). Multifractal analysis of Moroccan family business stock returns. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 486, 183-191. doi:https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.05.048
- Lindberg, P., Voss, C., y Blackmon, K. (2013). *International Manufacturing Strategies: Context, Content and Change*. Springer Science & Business Media.
- Mandelbrot, B. (1983). *The fractal geometry of nature*. Macmillan.
- Kluth, A., Jäger, J., Schatz, A., & Bauernhansl, T. (2014). Method for a Systematic Evaluation of Advanced Complexity Management Maturity. *Procedia CIRP*, 19, 69-74. doi: 10.1016/j.procir.2014.05.041
- Nishiguchi, T., & Beaudet, A. (2000). *Fractal Design: Self-organizing Links in Supply Chain Management*.

## REVIEW OF GLOBAL MANAGEMENT

FACULTAD  
DE NEGOCIOS  
DE LA UPC

En G. v. Krogh, I. Nonaka, & T. Nishiguchi (Eds.),  
Knowledge Creation: A Source of Value (pp. 199-230).  
London: Palgrave Macmillan.

Nonaka, I., & Toyama, R. (2002). A Firm as a Dialectical  
Being: Towards a Dynamic Theory of a Firm.  
*Industrial and Corporate Change*, 11(5), 995-1009.  
doi: 10.1093/icc/11.5.995

Peralta, M., Marcos, M., Aguayo, F., Lama, J., & Córdoba,  
A. (2015). Sustainable Fractal Manufacturing: A New  
Approach to Sustainability in Machining Processes.  
*Procedia Engineering*, 132, 926-933. doi:10.1016/j.  
proeng.2015.12.579

Vargo, S., & Lusch, R. (2016). Institutions and axioms: An  
extension and update of service-dominant logic.  
*Journal of the Academy of Marketing Science*, 44,  
1-19.

Wieland, H., Hartmann, N., & Vargo, S. (2017). Business  
models as service strategy. *Journal of the Academy  
of Marketing Science*, 45(6), 925-943. doi:10.1007/  
s11747-017-0531-z