

### **(10-009) - Designing a systemic model for the quantification of organizational performance indicators**

León Romero, Luis Paola <sup>1</sup>; Serrano-García, Sandra I. <sup>2</sup>; Francisco Márquez, Misaela <sup>2</sup>; Aguilar Fernandez, Mario <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politecnico Nacional, <sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional

In such a changing and constantly growing world, it is necessary to consider a cultural transformation from the utility and analysis of data with implications for measurement, control, and organizational planning. Therefore, having performance indicators makes it possible to observe the behavior of financial variables in companies. In the case study used in this work, the Master Data area is of significant support for this. This area does not have the necessary control measures, affecting the supply chain and causing unquantifiable monetary losses. Consequently, the objective of this work is to design a model that quantifies the performance indicators for the Master Data area, based on system dynamics. It is a quantitative research. The method consists of three moments: Research design, data collection, and data analysis. The result is a system dynamics model that helps to measure the performance indicators of a company. It also results in various scenarios, which help to visualize the financial behavior of the company under study. The paper will consist of four sections: Introduction, methods, results, and discussion.

Keywords: System dynamics; Management indicators; Data analysis; Cultural transformation.

#### **Diseño de un modelo sistémico para la cuantificación de indicadores de desempeño organizacional**

En un mundo tan cambiante y en constante crecimiento, es preciso considerar la transformación cultural desde la utilidad y análisis de datos con implicación en la medición, control y planificación organizacional. Por lo anterior, contar con indicadores de desempeño permite observar el comportamiento de variables financieras en las empresas. En el caso de estudio empleado en el presente trabajo, el área de Master Data es de gran apoyo para ello. Esta área no cuenta con las medidas de control necesarias, afectando la cadena de suministro y provocando pérdidas monetarias incuantificables. En consecuencia, el objetivo del presente trabajo es diseñar un modelo que cuantifique los indicadores de desempeño para el área de Master Data, con base en dinámica de sistemas. Es una investigación cuantitativa. El método consta de tres momentos: Diseño de la investigación, recolección de datos y análisis de datos. El resultado es un modelo de dinámica de sistemas que ayuda a medir los indicadores de desempeño de una empresa. Asimismo, resultan distintos escenarios, los cuales ayudan a visualizar el comportamiento financiero de la empresa en estudio. El documento estará formado por cuatro apartados: Introducción, métodos, resultados y discusión.

Palabras clave: Dinámica de sistemas; Indicadores de gestión; Análisis de datos; Transformación cultural

Correspondencia: Luis Paola León Romero, lleonr2100@alumno.ipn.mx

Agradecimientos: Espacial agradecimiento al Instituto Politécnico Nacional y CONAHCYT por el apoyo en temas de investigación y desarrollo tecnológico.



©2024 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

La necesidad de adaptarse a los cambios tan pronto que ocurren en el turbulento mundo de los negocios, ha llevado a las organizaciones al desarrollo de capacidades flexibles en las estructuras y formas de operación, desde el análisis holístico de sus procesos permitiendo un aprendizaje y la mejora continua de la organización (Ladinig & Vastag, 2021). Partiendo de la identificación de variables claves que afecten significativamente los procesos en los que interactúan y otros que se le relacionan, lo cual es pertinente para el desarrollo de nuevas estrategias de operación para el sostenimiento de la compañía en el tiempo.

Es importante considerar que cada elemento, área, o proceso tiene una función específica, además de generar intercambio de influencias en la organización, vista como un sistema, que de igual modo interactúa con el medio externo. Este estudio permite comprender la influencia sistémica de una cultura basada en datos, puede contribuir a la mejora de la cadena de suministro, y a la reducción de costos en una organización, en el que se abarca con éxito el análisis, comprensión y gestión desde la óptica de sistemas dinámicos y complejos (Iftikhar et al., 2023).

Disponer de herramientas y métodos factibles de medición de la complejidad, apoya los procesos de toma de decisión (Sun et al., 2016), desde la planeación otorgan una mejor integración de los objetivos estimados, hasta considerar alternativas de tal modo se evite que los resultados se desvíen de las metas establecidas. La modelación de sistemas sociotécnicos complejos permite comprender la estructura funcional o comportamiento, al igual que los límites de los sistemas (Foster, Plant, & Stanton, 2021; Kearney et al., 2024; Kuran, Newnam, & Beanland, 2022) los cuales emergen de una red de funciones interactivas, interdependientes e interrelacionadas, por lo que resulta ser un desafío importante convirtiéndose en una actividad vital que requiere un aprendizaje rápido que permita la adaptación a la luz de la experiencia (Slater, 2022).

El diseño y monitoreo de los indicadores de gestión son un mecanismo que contribuye con tal labor. Por lo tanto, es necesario conocer el impacto de los indicadores de un área frente a otros procesos y en general a la organización, para saber cómo utilizar estas medidas y así gestionar el desempeño de las organizaciones frente a las acciones que se llevan a cabo, por lo anterior es menester contar con datos confiables que garanticen el éxito (Jwijati et al., 2022).

Los datos son un activo compartido a través de toda la organización, y debido a los avances tecnológicos-digitales se han aumentado más en volumen y variedad (Cimino et al., 2023) un mal manejo o administración de los mismo, conlleva a un gran caos poniendo en riesgo la seguridad de los procesos y decisiones que se tomen alrededor de estos. Con impacto no solo al interior de la empresa (procesos), sino con repercusión en el entorno externo (clientes, proveedores, socios, etc.). La fundamentación en una cultura de utilidad de datos contribuye al continuo crecimiento, aprendizaje y mejora para llevar un ritmo controlado del cambio, involucrando a las partes interesadas de la organización para la toma de decisiones eficiente y oportuna.

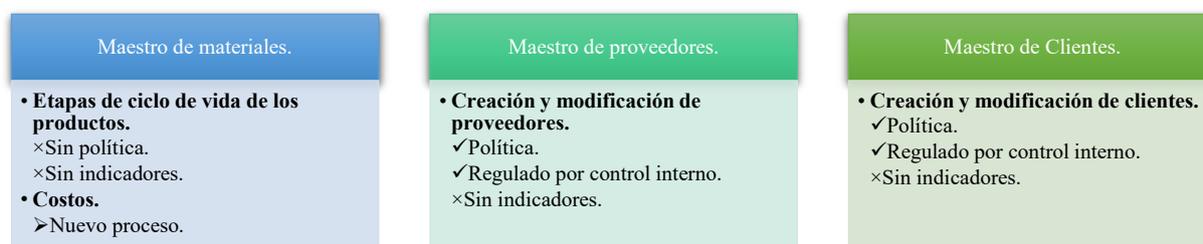
Este estudio se realiza en el departamento de Máster Data de una compañía mexicana, esta área inicialmente no cuenta con un sistema de medición, ni control, lo que impide conocer su desempeño e impacto en las decisiones de la organización, en este caso puntual afectando la cadena de suministro. Por consiguiente, el objeto de este trabajo radica en el diseño de un modelo cuantificable de indicadores de desempeño del área de Máster Data con el enfoque de la dinámica de sistemas.

## 2. Descripción del caso estudio

La empresa en estudio pertenece al sector de belleza y perfumes, está establecida a nivel mundial y tiene oficinas en México desde hace seis décadas, su importancia en el mercado impacta a nivel Latinoamérica. El área de investigación es el Máster Data, departamento donde se administra la información de las bases de datos correspondientes a proveedores, clientes y productos, teniendo como principal objetivo asegurar la disponibilidad y fiabilidad de la información.

Sin embargo, este departamento no cuenta con indicadores para poder evaluar su desempeño y medir la calidad de la información que se carga al planificación de recursos empresariales, ERP (por sus siglas en ingles), arriesgándose a tener deficiencias en los procesos por la falta de control (ver figura 1). Cuando los objetivos no se cumplen, afecta a los procesos estratégicos y núcleo de la organización, corriendo el riesgo de detener el flujo del proceso de la cadena de suministro, deteniendo la operación y generando pérdidas monetarias a la organización.

**Figura 1: División del área Máster Data**



En la Tabla 1 se representa las relaciones o influencias entre el área de estudio (Máster Data) frente a las áreas con las que converge directamente: Importación, Demanda y Operaciones de cara a las causas de desviación del indicador Fill Rate como indicador común, el cual hace referencia al porcentaje de entrega de unidades respecto al pedido de cada cliente.

**Tabla 1: Relación de las causas de fallas del indicador principal respecto a las áreas de influencia**

Área de afectada y fuente de datos para el área Data Máster	Causa de desviación del indicador			
	Aduana	Forecast innacuracy	Sincronización de catalogo	Fallo en centro de distribución
Importación - Proveedores	X	X	X	
Demanda - Clientes		X	X	X
Operaciones – Operaciones	X	X	X	

En consecuencia, el objetivo del presente trabajo es diseñar un modelo que cuantifique los indicadores de desempeño para el área Máster Data con base en dinámica de sistemas, además que permita tener una mayor conciencia de la importancia de la calidad de los datos que se transfieren en las operaciones cocreando una mejor cultura basado en datos para el desempeño eficiente de la organización.

## 3. Influencia de Máster Data en las organizaciones

El desarrollo organizacional en ambientes competitivos, cambiantes y complejos requieren de estructuras integradas, y dinámicas flexibles que permitan la adaptación (Bartuseviciene, Butkus, & Schiuma, 2024; Munoz-Penas, Clarke, & Evald, 2024) y permanencia en el mercado

actual debido a las nuevas formas de desarrollo económico, ajustando las estructuras a la dinámica de cada industria (Liu, Gao, & Li, 2024). Esto representa un reto debido a que mientras todo evoluciona y avanza continuamente, los sistemas internos permanecen parcialmente estáticos, los sistemas tradicionales no marchan a la misma velocidad que van los cambios que surgen en el ambiente, haciendo lento cualquier proceso de resiliencia y adaptación, debido a la complejidad de tomar nuevas decisiones, proporcionada por el desequilibrio antes mencionado (Bartuseviciene, Butkus & Schiuma, 2024; Roblek et al., 2024).

Hacer frente a los cambios mediante el aprendizaje individual, grupal y organizacional (Hekneby & Olsen, 2024) que la experiencia y mejora continua agregan, permite tener una respuesta a las variaciones del entorno, en consecuencia, esto es una ventaja competitiva comparado con aquellos que no gestionan la evolución del ambiente. La cultura orientada en la captura y el análisis sistemático de los datos permiten el logro de esta tarea de adaptación al medio (Grosen & Edwards, 2024). El objeto central de la gestión de datos desde el área de Máster Data radica en solucionar conflictos globales desde el compartir información de valor en la organización. Evalúa las necesidades de los clientes, las capacidades de los proveedores y compara con los objetivos de la organización para luego proceder con el desarrollo de dato a largo plazo, además asignando prioridades en el presente para responder con precisión (Dubey et al., 2022). Por lo anterior este departamento tiene un impacto significativo en el resto de las áreas.

La homogenización, calidad y fiabilidad de la información permite una mejor organización de está, brindando gran ayuda en los procesos de toma de decisiones. El conocimiento y la experiencia acumulada da la oportunidad de prever el presente y predecir el futuro, permitiendo integrar la planeación administrativa y estratégica con las operaciones básicas y de control. Como actividad administrativa el área de Máster Data está orientada al servicio, además al aseguramiento y vigilancia de datos (Joyanes, 2019; Morales, 2019). Permite la transferencia de información e integran la parte interna de la organización (producto), con en el entorno (cliente y proveedores) en un ambiente de constante cambio y evolución, por lo que es menester captar información significativa óptima para la toma de decisiones, que contribuyan a la adaptabilidad y sostenibilidad organizacional (Baron & Daniel-Allegro, 2020).

Desde el enfoque sistémico se logra la interrelación y comprensión del impacto de esta área frente a las demás y en general a la organización buscando disminuir el efecto o impacto en las mismas, considerando el punto de intersección entre los portafolios de producto, requisitos cliente, e incertidumbre de proveedores haciendo más complejo cualquier proceso logístico con efecto en la cadena de suministro y por ende en el desempeño de la organización (Ateş et al., 2022).

#### **4. Indicadores como medio de medición y control para la toma de decisiones**

Los indicadores son de utilidad para la toma de decisiones y ayudan a visualizar el desempeño en entornos complejos. Permiten realizar una interpretación de forma fácil del desarrollo de las operaciones organizacionales, del mismo modo contribuyen al seguimiento de los resultados que se obtienen en un lapso de tiempo, dando la oportunidad de observar cambios en línea de tiempo (Pereira et al., 2021). Evaluar el desempeño organizacional desde el uso de un conjunto holístico de indicadores clave, son la base adecuada para la toma de decisiones en cualquiera de los niveles jerárquicos ya sea estratégico, táctico u operativo (Choudhary et al., 2021). Investigaciones como (Zwetsloot et al., 2020) demuestran que gracias a los indicadores es posible realizar evaluaciones comparativas a nivel mundial y organizar el aprendizaje mutuo.

Todo indicador debe ser capaz de expresar los componentes principales cuya variación puede determinar cómo oscilan los resultados de una operación determinada, lo que permite

cuantificar la variabilidad general del sistema en un determinado instante (Bellini, Cocone, & Nesi, 2020). Por su parte Tapscott & Tapscott, (2020) considera que los indicadores ayudan a evaluar el impacto de estrategias o alternativas destinadas a mejorar aspectos particulares, de tal modo que se pueda controlar o mejorar cuantitativamente un proceso, producto o equipo, en paralelo monitorea el impacto en el desempeño de todo el sistema (Talukder et al., 2021).

Algunas investigaciones se han centrado en las relaciones entre el rendimiento de los flujos logísticos y la utilización de las líneas de montaje mediante el estudio de indicadores clave de rendimiento (KPI) (Fabri et al., 2022). Otras han intentado sentar las bases de la relación que existe entre la complejidad de los procesos y los KPI de los sistemas de fabricación, entendiéndose por KPI como las métricas medibles que muestran con qué éxito una empresa cumple con sus objetivos comerciales clave, agrupándose principalmente en las variables de interés tales como costo, calidad, flexibilidad, sostenibilidad y tiempo (Alkan & Bullock, 2021).

Áreas tecnológicas también se dedican a medir el rendimiento y la flexibilidad, en el caso de los gemelos digitales, teniendo en cuenta que tal actividad es crucial a la hora de mejorar o monitorear cualquier proceso o sistema en una empresa (Psarommatidis & May, 2023).

## 5. Revisión de la literatura

Para esta revisión se considera el core collection de la WOS en la que se define el siguiente perfil de búsqueda: palabras claves principales en la categoría Topic: “dynamic model”, “dynamic system”, y “measurement of indicators”; palabras claves agregadas: “causal loop diagram”, “complex dynamic system theory”, “organizational culture”, “systems thinking”, “system approach”. Años de publicación: 2020-2023. Tipo de documento: artículos, en la categoría open acces. Área de investigación: ingeniería or operations research management science or business economic or automatization control systems. Lo que arrojó un total de 69 artículos, los cuales se revisaron considerando su título, palabras claves, resumen y metodología para identificar la pertinencia con el estudio presente. De los 69 tan solo 17 fueron integrados a esta revisión de literatura. Además, se sigue una lógica en cascada donde la consulta de un artículo lo lleva a otro de acuerdo con su pertinencia.

Esta búsqueda revela entre otras cosas que el análisis de la dinámica sistémica centra su atención en la repercusión de los eventos en el sistema, visto como un todo, mediante este análisis no es de gran importancia conocer la reacción en las partes, sino en la interacción en conjunto de estas, además es apropiada para la solución de problemas organizativos, de seguridad (Foster, Plant, & Stanton, 2021; Kuran, Newman, & Beanland, 2022), productivos, sociales y económicos. Los modelos desde este enfoque se basan en elementos estructurales para modelar muchos sistemas en ambientes controlados con bucles de retroalimentación, y de forma no lineal (Ateş & Memiş, 2021; Badakhshan et al., 2020; Beltagui, Kunz, & Gold, 2020; Demartini, Tonelli, & Govindan, 2022; Minaev et al., 2019). Una forma de representar estas dinámicas es mediante los diagramas de bucle causal favorable para reflejar la relación causal de diferentes factores y variables (Terry & Chandrasekar, 2023; Xinfeng et al., 2023).

La dinámica de sistemas como metodología de análisis, en el campo de la seguridad permiten identificar y mejorar las características de los sistemas sociotécnicos (Afy-Shararah & Salonitis, 2022; Kearney et al., 2024; Naweed et al., 2022) apoyando su capacidad adaptativa (Foster, Plant & Stanton, 2021; Kuran, Newman & Beanland, 2022), el aporte de esta metodología también se aprecia en otros escenarios, donde se realizan estudios de los precios de materias primas frente a la viabilidad económica del modelo del negocio en su totalidad, como se explica en (Reiner, Gold, & Hahn, 2015). Además, proporciona una visión de la posible evolución del sistema (Melkonyan et al., 2020; Terry & Chandrasekar, 2023). En el sector construcción la dinámica de sistemas es útil para establecer pronóstico de tiempo de retraso de los proyectos (Al-Gahtani et al., 2022). Mientras que en el de aviación es de

importancia para el análisis de factores de cambio gradual de las tecnologías emergentes de este sector (Xue et al., 2024).

Otros estudios en los que se ha usado la dinámica de sistemas, analizan el riesgo sistémico de los sistemas financieros frente a la totalidad de los mercados bursátiles del mundo (Chen et al., 2020) o en el comportamiento de la cadena de suministro frente a la emisión de CO<sub>2</sub>, el cambio climático (Er-Kara, Ghadge & Bititci, 2021; Li et al., 2016) big data y la resiliencia (Iftikhar et al., 2023), del mismo modo en estudios como (Taghikhah et al., 2021) se modela la interacción entre las preferencias de los consumidores y los problemas socioambientales relacionados con la agricultura y la producción de alimento. Esto se debe básicamente por tratarse del estudio de un sistema complejo en el que las interacciones no resultan de forma lineal (Allen, Zhu & Sarkis, 2021; Carreras et al., 2020; Ghadge et al., 2022; Mahmood et al., 2022).

Por otro lado, investigaciones como (Banulescu-Radu et al., 2021) utilizan los indicadores como alertas tempranas, en este caso les permite cuantificar el error de medición emitido por un pronóstico de riesgo sistémico, el cual compara el pronóstico original con el pronóstico ajustado o el desempeño del sistema frente a un objetivo establecido. Esta forma de abordar problemáticas también se utiliza en el sector alimentos, en el que las interacciones de los indicadores del modelo proporcionan información acerca de las influencias y refuerzos de las acciones de algunas variables frente al paradigma cultural profesional, del mismo modo las áreas que requerirán mayor atención por sus resultados (Carlsson, Callaghan & Broman, 2021; Jwijati et al., 2022).

La capacidad de análisis de los datos arrojados por los sistemas de medición de procesos como los indicadores permiten tomar decisiones frente a la gestión del desempeño organizacional (Jwijati et al., 2022) manteniendo un equilibrio entre agilidad y resiliencia lo cual es necesario para adaptarse al entorno, ser competitivo, y permanecer en el mercado (Dubey et al., 2022; Wied, Oehmen & Welo, 2020), desde la práctica de creación de soluciones holísticas a desafíos sistémicos complejos (Pereira et al., 2021) considerando las consecuencias no deseadas (Baron & Daniel-Allegro, 2020).

Lo anterior, permite considerar que la dinámica de sistemas, pensamiento sistémico, análisis causal de bucles como óptimos para el estudio de sistemas sociotécnicos debido a su complejidad dada a los efectos causados por las interconexiones entre sus partes. Sin embargo, en la literatura de acuerdo con los parámetros de búsqueda no se identifican modelos que permitan la visualización y comprensión de la dinámica de indicadores y su impacto frente a causas de la desviación de los resultados esperados. En síntesis, a continuación, se presentan los hallazgos, brechas y propuestas de esta investigación.

**Hallazgos:** Uso de metodología sistémica en distintas áreas del conocimiento, reconociendo que es la mejor frente a problemas complejos, debido a la relación de las variables y su no linealidad como resultado de los flujos de retroalimentación en el sistema. Se reconoce la importancia de medir procesos con indicadores para la toma de decisiones frente a la resiliencia y adaptación al entorno cambiante desde una perspectiva holística.

**Brecha:** No se evidencian estudios que presente un modelo que explique el comportamiento dinámico de los indicadores frente a las causas de desviaciones que pueden surgir en los procesos.

**Propuesta:** Diseñar un modelo que cuantifique los indicadores de desempeño para el área específica de la organización, basado en el enfoque y dinámica de sistemas.

## 6. Metodología

El método consta de tres momentos: Diseño de la investigación, recolección de datos y análisis de datos (Creswell & Creswell, 2017; Pacheco & Cruz, 2006).

### **6.1 Diseño de la investigación**

Este estudio se sostiene dentro del marco del enfoque y dinámica de sistema como una investigación cuantitativa, con alcance correlacional, de campo y documental (Hernández & Mendoza, 2018).

### **6.2 Recolección de datos**

Para la recolección de datos se llevan a cabo dos métodos.

El primero es bibliográfico empleando una búsqueda a través de la web of science, con base en García-Peñalvo (2022). El segundo se realiza mediante un diagnóstico organizacional usando el método para identificar debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la organización (DOFA) (Fred, 2017) y consultando los datos propios del área en estudio.

### **6.3 Análisis de datos**

El análisis de los datos se lleva a cabo en 8 etapas y son las siguientes:

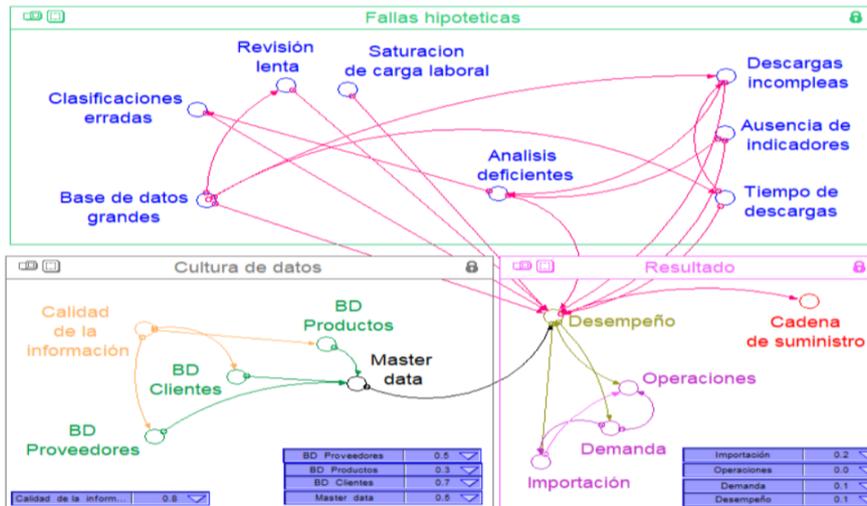
- Definir área de estudio (que medir, que controlar, sus puntos críticos)
- Identificar áreas de influencia y sus relaciones (como se afectan los procesos)
- Identificar indicador clave donde convergen las áreas
- Determinar modos de falla hipotéticos del indicador (causas de desviación)
- Relacionar causas de desviación con el área afectada
- Construcción del diagrama de Forrester
- Experimentación mediante software IThink 8.0 (iseesystems, 2024)
- Interpretación de los resultados de la experimentación.

## **7. Resultados**

El resultado de este estudio es el diseño de un modelo de dinámica de sistemas que ayuda a medir los indicadores de desempeño de una empresa mexicana. Asimismo, resultan distintos escenarios, los cuales ayudan a visualizar el comportamiento financiero de la empresa en cuestión. Inicialmente se diseña un modelo general de acuerdo con la problemática, en el cual se representan tres escenarios identificados como: 1) fallas hipotéticas, 2) cultura de datos y 3) resultado.

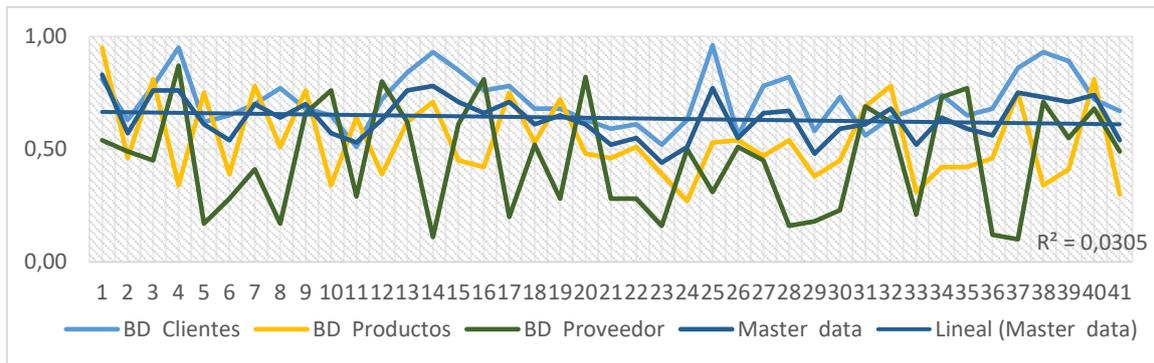
En el primero se encuentra un conjunto de posibles causas que desvían al indicador de desempeño del objetivo planteado. En el segundo, se integra la calidad de la información que se procesa en el departamento de Master Data, almacenada en las bases de datos de clientes, proveedores y productos, este departamento también afecta el desempeño del indicador, por último, el tercero, presenta las áreas de influencia para el caso estudio (operaciones, demanda e importaciones) estas áreas se ven afectadas por el desempeño del indicador y por ende por la calidad de la información que se gestiona en el departamento de Master Data, generando un impacto indirecto sobre la cadena de suministro de la organización. La figura 2 representa el modelo antes mencionado.

**Figura 2: Modelo general de la interacción de las áreas respecto al área en estudio**



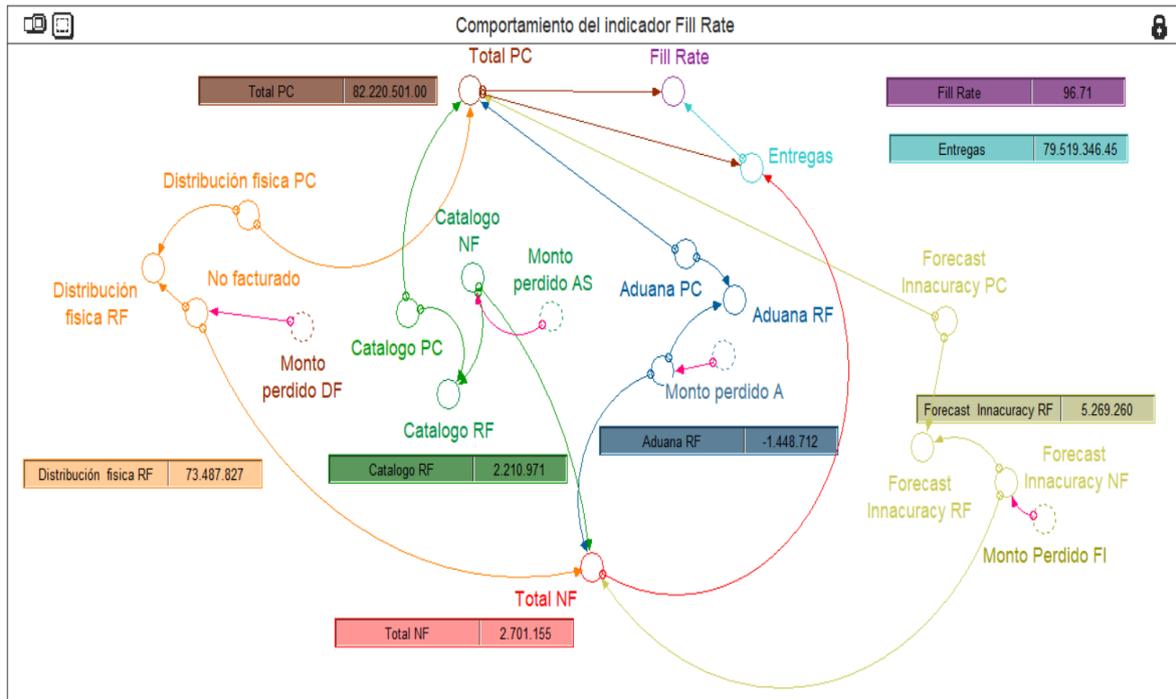
La siguiente gráfica muestra los resultados de la simulación del comportamiento dinámico entre el Máster Data comparado con la calidad de la información de las bases de datos (proveedores, clientes y productos) luego de correr el modelo 40 veces (ver figura 3).

**Figura 3: Comportamiento dinámico del Máster Data comparado con la calidad de los datos en las bases de clientes, productos y proveedores**



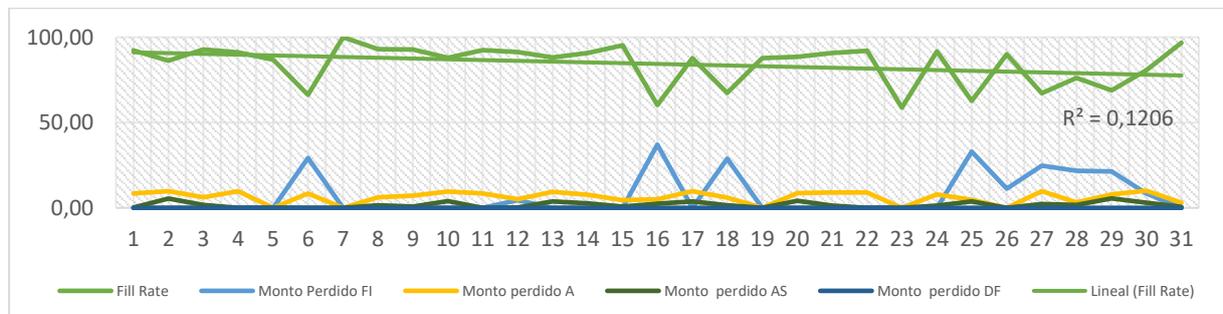
Después se diseñó el modelo causal del indicador Fill Rate, en el cual se integran las variables específicas que afectan al indicador como son centro de distribución (CD), sincronización de catálogo (SC), aduana (A) y forcast innacuracy (FI) en sus estados: pedido cliente (PC), real facturado (RF), no facturado (NF) afectadas por el monto perdido, además se integra la variable total facturado(TF), total no facturado (TNF) y total pedido cliente (TPC) que combinado con las entregas (E) dan a conocer el desempeño del indicador Fill Rate.

**Figura 4: Modelo causal de acuerdo con las relaciones de la dinámica de las fallas que inferen en el desempeño del indicador Fill Rate**



La figura 5 permite observar gráficamente el comportamiento dinámico del indicador Fill Rate después de 30 corridas comparadas con la dinámica de las desviaciones principales a saber aduana (A), catalogo sincronizado (CS), distribución física (DF) y forcast inacuracy (FI).

**Figura 5: Comportamiento dinámico del Fill Rate vs las variaciones por monto perdido de las principales desviaciones**



Además, se identifican los valores máximos y mínimos de las variables frente al indicador en 4 rangos diferentes para este último a saber, entre 0 y 100%, 95 y 100%, 94,99 y 70%, y entre 69.99 y 50% como se muestra en la imagen 5.

**Figura 6: Valores máximos y mínimos del Fill Rate frente a las variables de desviación en 4 distintos escenarios de porcentajes**

0-100 %	min	max	100-95 %	min	max
FR	58,75	100,00	FR	95,25	100,00
FI	0,00	37,02	FI	0,00	0,00
Ad	0,00	10,06	Ad	0,00	4,60
AC	0,00	5,55	AC	0,00	0,72
DF	0,00	0,12	DF	0,00	0,00

94.99-70 %	min	max	69.99-50 %	min	max
FR	76,08	93,09	FR	58,75	68,88
FI	0,00	21,73	FI	0,40	37,02
Ad	0,00	10,06	Ad	0,04	9,75
AC	0,00	5,55	AC	0,00	5,55
DF	0,00	0,12	DF	0,00	0,04

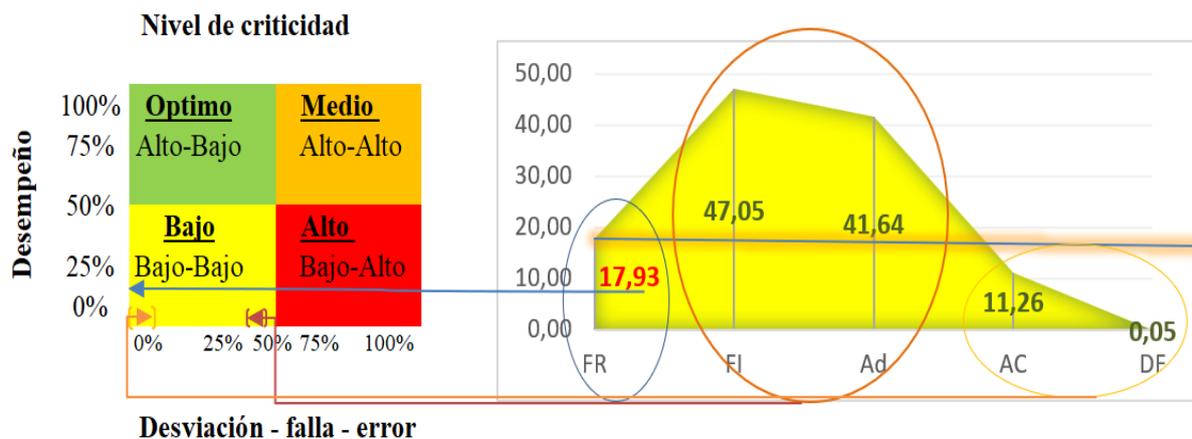
La tabla 2 muestra el equivalente porcentual del indicador frente al porcentaje de monto perdido de acuerdo con las desviaciones y en la figura 7 se representan los datos de forma gráfica.

**Tabla 2: Equivalente porcentual del indicador frente al porcentaje de monto perdido de acuerdo con las desviaciones**

Indicador principal	% de monto perdido por desviación				
	FR	FI	AD	AC	DF
	17,93	47,05	41,64	11,26	0,05

Por último, se presenta el nivel de criticidad de los resultados del desempeño frente a las desviaciones, representados en categorías como se observa en la figura 7.

**Figura 7: Nivel de criticidad de los resultados del desempeño frente a las desviaciones**



## 8. Discusión y Conclusiones

### 8.1 Interpretación de resultados del modelo

La calidad de la información que ingresa a las bases de datos proveedores, clientes y productos afectan los resultados del Máster Data, este a su vez impacta el desempeño de las áreas de importación, operación y demanda, desmejorando el desempeño de la cadena de suministro al tomar decisiones con base en datos errados que arrojan pérdidas cuantificables en un rango entre 8 y 57%, pero además se debe tener presente que el desempeño también se impacta por otras variables propias de cada proceso en estudio, en este caso se utilizaron las que se representan en la figura 2.

La retroalimentación del bucle causal entre el indicador Fill Rate y las variables de desviación es negativa, es decir, en la medida que aumentan las desviaciones el Fill Rate decrece, ya que su comportamiento dinámico se dirige en direcciones opuestas.

Las causas de desviación con mayor incidencia sobre el indicador Fill Rate es el forest inaccurary, seguido de las fallas en aduana, por lo que es necesario mayor control y seguimiento a estas variables. Por otro lado, la de menor impacto es distribución física.

Considerar el nivel de criticidad del desempeño obtenido es pertinente para la creación de estrategias que contribuyan a la mejora desde la reducción del porcentaje de falla que impacta sobre el indicador objetivo. Para la organización es importante saber dónde está ubicada, para poder formular alternativas para estar donde tiene por objetivo a futuro.

La medición, visualización y análisis de datos desde un enfoque sistémico permite conocer con un mayor grado de certeza que variable la de interés para que reduzca su efecto negativo sobre los resultados esperados, permitiendo una mejor adaptación y autorregulación frente a los cambios del entorno, considerando estructuras predictivas basadas en los datos ya medidos y analizados.

### 8.2 Aportación y futuras investigaciones

Debido al alcance de este trabajo solo se realiza la simulación en 30 y 40 corridas en el área que se designó por la organización, por lo que será de utilidad realizar futuros análisis de otros escenarios integrando más áreas para conocer el desempeño integral.

El modelo propuesto es adecuado para visualizar incidencias y tomar acción frente a mejoras frente a cualquier proceso no solo de índole organizacional, también puede ser social, político, económico, ambiental mientras se cuenten con indicadores y se identifique de manera previa la relación causal entre las áreas que se impactan por el mismo, así como las posibles causas que no permitirían tener un resultado de acuerdo con lo planeado.

Es conveniente realizar análisis más profundo para detallar estructuras predictivas que permitan una mejor adaptación a futuro. El proceso de análisis de datos se considera una aportación el cual se estructura en 8 pasos principales que se describen en el apartado de metodología.

## 9. Referencias

- Afy-Shararah, M., & Salonitis, K. (2022). Integrated Modeling of 'Soft' and 'Hard' Variables in Manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 122(11–12), 4259–4265. doi: 10.1007/s00170-022-09872-z.
- Al-Gahtani, K., Alsugair, A., Alsanabani, N., Alabduljabbar, A., & Almutairi, B. (2022). Forecasting delay-time model for Saudi construction projects using DEMATEL–SD

- technique. *International Journal of Construction Management*, 1–15. <https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1080/15623599.2022.2152944>
- Alkan, B., and Bullock, S. (2021). Assessing Operational Complexity of Manufacturing Systems Based on Algorithmic Complexity of Key Performance Indicator Time-Series. *Journal of the Operational Research Society* 72(10):2241–55. doi: 10.1080/01605682.2020.1779622.
- Allen, S. D., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2021). Expanding conceptual boundaries of the sustainable supply chain management and circular economy nexus. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100011>
- Ateş, M. A., & Memiş, H. (2021). Embracing supply base complexity: the contingency role of strategic purchasing. *International Journal of Operations and Production Management*, 41(6), 830–859. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2020-0662>
- Ateş, M. A., Suurmond, R., Luzzini, D., & Krause, D. (2022). Order from chaos: A meta-analysis of supply chain complexity and firm performance. *Journal of Supply Chain Management*, 58(1), 3–30. <https://doi.org/10.1111/jscm.12264>
- Badakhshan, E., Humphreys P., Maguire L., & Mclvor R. (2020). Using Simulation-Based System Dynamics and Genetic Algorithms to Reduce the Cash Flow Bullwhip in the Supply Chain. *International Journal of Production Research* 58(17):5253–79. doi: 10.1080/00207543.2020.1715505.
- Banulescu-Radu, D., Hurlin, C., Leymarie, J. & Scaillet, O. (2021). Backtesting Marginal Expected Shortfall and Related Systemic Risk Measures. *Management Science* 67(9):5730–54. doi: 10.1287/mnsc.2020.3751.
- Baron, C., & Daniel-Allegro, B. (2020). About Adopting a Systemic Approach to Design Connected Embedded Systems: A MOOC Promoting Systems Thinking and Systems Engineering. *Systems Engineering* 23(3):261–80. doi: 10.1002/sys.21513.
- Bartuseviciene, I., Butkus, M. & Schiuma, G. (2024). Modelling Organizational Resilience Structure: Insights to Assess Resilience Integrating Bounce-Back and Bounce-Forward. *European Journal of Innovation Management* 27(1):153–69. doi: 10.1108/EJIM-04-2022-0180.
- Bellini, E., Cocone, L. & Nesi, P. (2020). A Functional Resonance Analysis Method Driven Resilience Quantification for Socio-Technical Systems. *IEEE Systems Journal* 14(1):1234–44. doi: 10.1109/JSYST.2019.2905713.
- Beltagui, A., Kunz, N., & Gold, S. (2020). The role of 3D printing and open design on adoption of socially sustainable supply chain innovation. *International Journal of Production Economics*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.035>
- Carlsson, L., Callaghan, E., & Broman, G. (2021). Assessing Community Contributions to Sustainable Food Systems: Dietitians Leverage Practice, Process and Paradigms. *Systemic Practice and Action Research*, 34(5), 575–601. <https://doi.org/10.1007/s11213-020-09547-4>
- Carreras Guzman, N.H., Weid, M., W., Kozine, I., and Lundteigen, M.A. (2020). Conceptualizing the Key Features of Cyber-Physical Systems in a Multi-Layered Representation for Safety & Security Analysis. *Systems Engineering* 23(2):189–210. doi: 10.1002/sys.21509.

- Chen, L., Han, Q., Qiao, Z., & Stanley, H. E. (2020). Correlation analysis and systemic risk measurement of regional, financial and global stock indices. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 542. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.122653>
- Choudhary, A., De, A., Ahmed, K. & Shankar, R. (2021). An Integrated Fuzzy Intuitionistic Sustainability Assessment Framework for Manufacturing Supply Chain: A Study of UK Based Firms. *Annals of Operations Research*. doi: 10.1007/s10479-019-03452-3.
- Cimino, A., Grazia Gnoni, M., Longo F., & Solina, V. (2023). Integrating Multiple Industry 4.0 Approaches and Tools in an Interoperable Platform for Manufacturing SMEs. *Computers and Industrial Engineering* 186. doi: 10.1016/j.cie.2023.109732.
- Creswell, J., & Creswell, JD. (2017). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Vol. 1. 5th ed. edited by Sage. Los Angeles: SAGE.
- Demartini, M., Tonelli, F., & Govindan, K. (2022). An Investigation into Modelling Approaches for Industrial Symbiosis: A Literature Review and Research Agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain* 3.
- Dubey, R., Bryde, D. J., Dwivedi, Y. K., Graham, G., & Foropon, C. (2022). Impact of artificial intelligence-driven big data analytics culture on agility and resilience in humanitarian supply chain: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108618>
- Er-Kara, M., Ghadge, A. & Bititci, US. (2021). Modelling the Impact of Climate Change Risk on Supply Chain Performance. *International Journal of Production Research* 59(24):7317–35. doi: 10.1080/00207543.2020.1849844.
- Fabri, M., Ramalhinho, H., Oliver, M., & Muñoz, J. C. (2022). Internal logistics flow simulation: A case study in automotive industry. *Journal of Simulation*, 16(2), 204–216. <https://doi.org/10.1080/17477778.2020.1781554>
- Foster, C.J., Plant, K.L. & Stanton, N.A. (2021). A Very Temporary Operating Instruction: Uncovering Emergence and Adaptation in Air Traffic Control. *Reliability Engineering and System Safety* 208. doi: 10.1016/j.res.2020.107386.
- Fred, D. (2017). *Conceptos de Administración Estratégica*. Vol. 1. 15th ed. edited by Pearson. Ciudad de México: Pearson.
- García-Peñalvo, F. (2022). Developing Robust State-of-the-Art Reports: Systematic Literature Reviews. *Education in the Knowledge Society* 23:E28600.
- Ghadge, A., Er-Kara, M., Ivanov, D. & Chaudhuri, A. (2022). Visualisation of Ripple Effect in Supply Chains under Long-Term, Simultaneous Disruptions: A System Dynamics Approach. *International Journal of Production Research* 60(20):6173–86. doi: 10.1080/00207543.2021.1987547.
- Grosen, S. L., & Edwards, K. (2024). Learning from Experiments: Exploring How Short Time-Boxed Experiments Can Contribute to Organizational Learning. *Journal of Workplace Learning* 36(1):96–112. doi: 10.1108/JWL-08-2023-0138.
- Hekneby, T., & Olsen, T.H. (2024). The Role of Leadership in Organizational Learning in Multinational Companies. *Learning Organization*. doi: 10.1108/TLO-09-2022-0101.
- Hernández S.R., & Mendoza, T.C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Vol. 1. 1st ed. edited by Mc GrawHill Education. México: Mc GrawHill Education.

- Iftikhar, A., Purvis, L., Giannoccaro, I., & Wang, Y. (2023). The Impact of Supply Chain Complexities on Supply Chain Resilience: The Mediating Effect of Big Data Analytics. *Production Planning and Control* 34(16):1562–82. doi: 10.1080/09537287.2022.2032450.
- iseesystems. (2024). IThink®. *Premium Modeling and Interactive Simulations*. Retrieved April 4, 2024 <https://www.iseesystems.com/store/products/ithink.aspx>.
- Joyanes, A.L. (2019). *Inteligencia de Negocios y Analítica de Datos. Una Visión Global de Business Intelligence & Analytics*. Vol. 1. 1st ed. edited by S. de C. V., M. Alfaomega Grupo Editor. Ciudad de México.
- Jwijati, I., Bititci, U. S., Caldwell, N., Garengo, P., & Dan, W. (2022). Impact of national culture on performance measurement systems in manufacturing firms. *Production Planning & Control*, 34(16), 1527–1542. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2026674>
- Kearney, J., Muir, C., Salmon, P., & Smith, K. (2024). Rethinking Paramedic Occupational Injury Surveillance: A Systems Approach to Better Understanding Paramedic Work-Related Injury. *Safety Science* 172. doi: 10.1016/j.ssci.2024.106419.
- Kuran, C.H.A., Newnam, S., & Beanland, V. (2022). Adaptive Non-Conform Behaviour in Accident Investigations in the Road Based Heavy Goods Transport Sector. *Safety Science* 146. doi: 10.1016/j.ssci.2021.105539.
- Ladinig, T.B., & Vastag, G. (2021). Mapping Quality Linkages Based on Tacit Knowledge. *International Journal of Production Economics* 233. doi: 10.1016/j.ijpe.2020.108006.
- Li, Y., Jia, G., Cheng, Y., & Hu, Y. (2016). Additive manufacturing technology in spare parts supply chain: a comparative study. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1498–1515. <https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1080/00207543.2016.1231433>
- Liu, Q., Gao, J. & Li, S. (2024). The Innovation Model and Upgrade Path of Digitalization Driven Tourism Industry: Longitudinal Case Study of OCT. *Technological Forecasting and Social Change* 200. doi: 10.1016/j.techfore.2023.123127.
- Mahmood, I., Arabnejad, H., Suleimenova, D., Sassoon, I., Marshan, A., Serrano-Rico, A., ... Groen, D. (2020). FACS: A geospatial agent-based simulator for analysing COVID-19 spread and public health measures on local regions. *Journal of Simulation*, 16(4), 355–373. <https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1080/17477778.2020.1800422>
- Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V. & Spinler, S. (2020). Sustainability Assessment of Last-Mile Logistics and Distribution Strategies: The Case of Local Food Networks. *International Journal of Production Economics* 228. doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107746.
- Minaev, V.A., Sychev, M.P., Vaits, E.V. & Bondar, K.M. (2019). System-Dynamic Modeling of Network Information Operations. *Engineering Technologies and Systems* (1):20–39. doi: 10.15507/2658-4123.029.201901.020-039.
- Morales, S.L. (2019). Metodología Para Procesos de Inteligencia de Negocios Con Mejoras En La Extracción y Transformación de Fuentes de Datos, Orientado a La Toma de Decisiones. *Risti* 2(12):15–52.
- Munoz-Penas, J., Clarke, A. H., & Evald, M.R. (2024). Building a Commercialization Capability: A Dynamic Capability View. *Industrial Marketing Management* 117:344–55. doi: 10.1016/j.indmarman.2024.01.015.

- Naweed, A., Bowditch, L., Chapman, J., Dorrian, J., & Balfe, N. (2022). On Good Form? Analysis of Rail Signal Passed at Danger pro Formas and the Extent to Which They Capture Systems Influences Following Incidents. *Safety Science* 151. doi: 10.1016/j.ssci.2022.105726.
- Pacheco, A., & Cruz, M. (2006). *Metodología Crítica de La Investigación. Lógica, Procedimiento y Técnica*. Vol. 1. 1st ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- Pereira, M. A., Camanho, A. S., Figueira, J. R., & Marques, R. C. (2021). Incorporating preference information in a range directional composite indicator: The case of Portuguese public hospitals. *European Journal of Operational Research*, 294(2), 633–650. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.045>
- Psarommatis, F., & May, G. (2023). A Standardized Approach for Measuring the Performance and Flexibility of Digital Twins. *International Journal of Production Research* 61(20):6923–38. doi: 10.1080/00207543.2022.2139005.
- Reiner, G., Gold, S., & Hahn, R. (2015). Wealth and Health at the Base of the Pyramid: Modelling Trade-Offs and Complementarities for Fast Moving Dairy Product Case. *International Journal of Production Economics* 170:413–21. doi: 10.1016/j.ijpe.2015.08.002.
- Roblek, V., Dimovski, V., Jovanov O.K., Meško, M., & Peterlin, J. (2024). Leadership and Managerial Challenges to Ensure Agile Management as a Method to Enable Business Success: A Delphi Study of the Slovenian Health Organisations. *Measuring Business Excellence* 28(1):39–51. doi: 10.1108/MBE-09-2023-0122.
- Slater, D. (2022). A Systems Analysis of the UK COVID 19 Pandemic Response: Part 2 - Work as Imagined vs Work as Done. *Safety Science* 146. doi: 10.1016/j.ssci.2021.105526.
- Sun, C., Rose, T., Colella, C., & Schubert, J. (2016). One Small Change Can Lead to Large Complexity: A First Glimpse at the Master Data Change and Its Impact on the Semiconductor Supply Chain. *IFAC-PapersOnLine* 49(12):710–15. doi: 10.1016/j.ifacol.2016.07.857.
- Taghikhah, F., Voinov, A., Shukla, N., Filatova, T., & Anufriev, M. (2021). Integrated Modeling of Extended Agro-Food Supply Chains: A Systems Approach. *European Journal of Operational Research* 288(3):852–68. doi: 10.1016/j.ejor.2020.06.036.
- Talukder, B., Agnusdei, G.P., Hipel, K.W., & Dubé, L. (2021). Multi-Indicator Supply Chain Management Framework for Food Convergent Innovation in the Dairy Business. *Sustainable Futures* 3. doi: 10.1016/j.sftr.2021.100045.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2020). What Blockchain Could Mean for Your Health Data. *Harvard Business Review*, 12.
- Terry, S., & Chandrasekar, V. (2023). Developing a Model That Supports the Evolution of Legacy Systems into an Enterprise. *Systems Engineering* 26(6):859–73. doi: 10.1002/sys.21700.
- Wied, M., Oehmen, J., & Welo, T. (2020). Conceptualizing Resilience in Engineering Systems: An Analysis of the Literature. *Systems Engineering* 23(1):3–13. doi: 10.1002/sys.21491.
- Xinfeng, W., Tao, W., Xin, Z., & Yanfeng, W. (2023). Research on strategic risk identification method of equipment system development based on system dynamics. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 34(5), 1225–1234. <https://doi.org/10.23919/JSEE.2023.000124>

Xue, J., Olabhele E. M., Zhang,Q., Zhang,W., & Wu, L. (2024). The Impact of Emerging Technologies in the Aviation Manufacturing Industry: A Case Study of the Gradual-Change Factors in Shaanxi, PR China. *IEEE Transactions on Engineering Management* 71:220–32. doi: 10.1109/TEM.2021.3118709.

Zwetsloot, G., Leka, S., Kines, P., & Jain, A. (2020). Vision Zero: Developing Proactive Leading Indicators for Safety, Health and Wellbeing at Work. *Safety Science* 130. doi: 10.1016/j.ssci.2020.104890.

**Comunicación alineada con los  
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

