



Debilidad simétrica en los indicadores de gestión: consecuencias e impacto estructural

BOADA, ANTONIO JOSÉ

CEIPA, Business School, Antioquia (Colombia)

Correo electrónico: antonio.boada@ceipa.edu.co

ALZATE, ISABEL CRISTINA

Universidad Nacional de Colombia

Correo electrónico: ialzate@unal.edu.co

RESUMEN

El presente artículo se realiza con la finalidad de exponer al lector las debilidades de índole estadístico-estructural que pueden poseer los indicadores de gestión o indicadores clave de rendimiento -mejor conocido como KPI's-, empleados como medidas para cuantificar el desempeño de una empresa u organización, en especial cuando las variables a contemplar en el diseño del indicador solo logran tener valores positivos, es decir, pertenecer a conjunto de los números reales positivos. Esta debilidad se presenta especialmente en la estructura simétrica del indicador, lo que trae como consecuencia la falta de equidad y justicia en la medición, tanto por exceso como por defecto. En este sentido, se generan en el empleado, incentivos perversos, que repercuten en la toma de decisiones sobre aquellos valores que garantizan un menor valor numérico por encima del valor absoluto y, por ende, aspectos no conformes con la optimización y la organización. Para ello, se procedió a realizar una demostración estadística de los indicadores de gestión relativo (IGT1-IGT2), en función con el comportamiento de la variable aleatoria de insumo, cuyos ingresos son los números reales positivos, lo que determina así las cotas donde aparece esta inestabilidad simétrica que sin darnos cuenta puede generar un impacto importante en el indicador final en perjuicio de la empresa u organización que lo está monitoreando.

Palabras clave: indicadores de gestión, impacto estructural, estimador estadístico, KPI, indicadores clave de rendimiento.

Clasificación JEL: M19; M21; C18; C52.

MSC2010: 62P30; 91B82.

Symmetric weakness in Management Indicators: consequences and structural impact

ABSTRACT

The present article is carried out with the purpose of exposing the reader to the statistical-structural weaknesses that the management indicators or key performance indicators may have -better known as KPIs-, used as measures to quantify the performance of a company or organization, especially when the variables considered in the design of the indicator only manage to have positive values, that is, to belong to a set of positive real numbers. This weakness occurs especially in the symmetric structure of the indicator, which results in a lack of equity and justice in the measurement, both by excess and by default. In this sense, perverse incentives are generated in the employee, which have an impact on the decision-making on those values that guarantee a lower numerical value over the absolute value and, therefore, aspects that are not in harmony with optimization and organization. To do this, we proceeded to perform a statistical demonstration of the relative management indicators (IGT1-IGT2), in function with the behaviour of the input random variable, whose income is the positive real numbers which determines this way, the levels where it appears this symmetric instability that without realizing it can generate a significant impact on the final indicator to the detriment of the company or organization that is monitoring it.

Keywords: management indicators, structural impact, statistical estimator, KPI, key performance indicators.

JEL classification: M19; M21; C18; C52.

MSC2010: 62P30; 91B82.



1. Introducción.

Cuando se habla de productividad y competitividad en una organización, sin lugar a dudas hay indicadores claves, indicadores de desempeño o KPI's (Key Performance Indicator), que se relacionan con estos términos, específicamente, porque aportan información de tipo cualitativa y cuantitativa útil para conocer el estado real y el comportamiento de las áreas o departamentos que impactan de forma directa el desempeño de una empresa u organización. Aunque, actualmente, la presión que ejerce el mercado, la demanda, la competitividad, la hiper-información de los consumidores (gracias a impulsores como la globalización), ha facilitado que la evaluación del impacto y el comportamiento de cada uno de los procesos involucrados en la satisfacción de la demanda, se convierta en una actividad de suma relevancia para alcanzar los objetivos estratégicos empresariales u organizacionales.

Por eso, es importante dentro de cualquier organización, tener claro lo que significa un KPI y las claves para su caracterización, construcción, análisis y evaluación. Los indicadores de desempeño son herramientas de tipo cuantitativo que aportan información acerca de la evolución y logros de una organización, visto desde un proceso, actividad o proyecto, enmarcados siempre en los objetivos estratégicos y la Misión (Ministerio de Economía y Finanzas, 2010). Estos instrumentos establecen una relación entre dos o más variables, facilitan la toma de decisiones, el ajuste a los procesos de acuerdo con los resultados más aún, si se compara periódicamente con productos similares o metas planteadas dentro de la organización. Sin embargo, al diseñar un indicador (independientemente del proceso a evaluar), se deben tomar en cuenta ciertas condiciones o características para su confección (Arango, Ruiz, Ortiz & Zapata, 2017), que se resumen en la metodología SMART (por sus siglas en inglés Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Time-Bound), propuesto por George T. Doran en 1981 (Figura 1).

Figura 1. Metodología SMART.



Fuente: Inboundlead (2016).

Asimismo, se puede decir que más que una metodología es un método razonable para garantizar un alto desempeño organizacional o empresarial y, por ende, evitar tomar decisiones que nos lleven a perdernos en el camino o fracasar, simplemente, por no haber fijado objetivos bien claros, cuantificables, alcanzables y relevantes en un período específico. Todo esto nos obliga de manera inteligente a establecer un marco definido de acciones que no poner en riesgo al equipo de trabajo o la propia organización, por el simple hecho de cumplir con objetivos o establecer metas inalcanzables que terminen por contradecir las políticas de la propia empresa. Desde esta perspectiva, es conveniente clasificar los indicadores de gestión a partir de dos premisas. La primera se conoce como ámbito de control y se refiere a los controles que deben mantenerse sobre ciertas variables en función de los insumos utilizados, los productos generados y los resultados o salidas obtenidos, así como el ámbito de control que se sigue o maneja; y la segunda, va estrechamente ligada a las dimensiones del desempeño

y se asocia al cumplimiento de las metas establecidas por la organización. Se conoce o determina por la forma a través de la cual se logran los objetivos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2010). En este sentido, en la Tabla 1, se exponen los indicadores de gestión, descritos a partir de los dos criterios establecidos para tales fines, considerados de gran importancia para la optimización de los resultados previstos.

Tabla 1. Tipología.

De acuerdo al Ámbito de Control		De acuerdo a las Dimensiones de Desempeño	
Insumo	Mide la cantidad de recursos físicos, financieros y/o humanos utilizados para la producción.	Eficiencia	Describe la relación entre dos magnitudes, la producción de un bien o servicio y los insumos financieros, humanos o bienes, utilizados para su generación.
Producto	Cuantifica los bienes y servicios producidos o entregados por la institución, programa, proyecto o actividad.	Eficacia	Cuantifica el grado de cumplimiento de los objetivos o resultados de la organización, programa o proyecto sin considerar los recursos utilizados.
Resultado Intermedio	Mide los cambios en el comportamiento, estado o actitud sobre el proceso objetivo, una vez que se ha llevado a cabo la intervención.	Calidad	Este indicador se encuentra orientado exclusivamente a medir la capacidad de la organización, para responder ante las necesidades de sus clientes, usuarios o población objetivo.
Resultado Final	Este indicador mide el grado de mejora en las condiciones del proceso, atribuibles a la intervención directa.	Economía	Este indicador se relaciona con la capacidad de una organización, programa o proceso, para administrar sus recursos financieros y, generar ingresos propios para financiar sus actividades, recuperar préstamos, entre otros.

Fuente: Elaboración propia con información tomada de Ministerio de Economía y Finanzas (2010).

En consecuencia, tanto el ámbito de control como las dimensiones de desempeño tienen sus propios indicadores de gestión que de acuerdo con Bonnefoy (2006) son “instrumentos de medición de las principales variables asociadas al cumplimiento de los objetivos, que a su vez constituyen una expresión cualitativa o cuantitativa concreta de lo que se pretende alcanzar con un objetivo específico establecido” (p.5), lo que permite además inferir que no es sólo de uso exclusivo cuantitativo, sino que también de tipo cualitativo, favoreciendo a las organizaciones en la medición de los logros, metas u objetivos trazados y brindándole la oportunidad de tener mayores y mejores desempeño. Por su parte, Arango et al. (2017) manifiestan que el manejo de los KPI’s influye en lo siguiente:

El seguimiento, medición y control de la operación de una empresa, permite identificar las áreas problemáticas y emprender acciones correctivas para mejorar el desempeño general de la compañía. Los indicadores pueden contribuir a la obtención de ventajas competitivas, para ello deben seleccionarse qué clase de indicadores quieren implementarse y con qué fin (p. 2).

De ahí que se siga una demostración matemática para establecer la estructura sobre la base de indicadores de desempeño, dada la estima en la explicación, sistematización y comunicación de los resultados que coadyuvan a apreciar la relevancia del uso de indicadores de gestión, independientemente del tamaño, tipo, área o proceso de la organización u empresa, sirve de soporte para garantizar el desempeño, la eficacia, la eficiencia, la confiabilidad, la economía, la calidad, la productividad, el control, las metas, entre otros, procesos idóneos para medir, cuantificar, analizar y validar el logro de los resultados propuestos; en otras palabras el éxito del trabajo organizacional o empresarial.

2. Los indicadores de gestión y su importancia.

Los KPI's representan un conjunto de medidas centradas en los aspectos de rendimiento de la organización y en ocasiones han sido definidos como “vehículos de comunicación”, puesto que permiten involucrar e integrar a todos los miembros de la empresa u organización en la realización de los objetivos estratégicos de la misma, para asegurar el éxito actual y futuro de ella. Estos indicadores nos reflejan de forma muy sencilla el comportamiento y evolución de la empresa en el porvenir, así como también de ayuda en el análisis de aspectos como: la evolución de las ventas en el tiempo, el nivel de satisfacción del cliente, el compromiso de los empleados, la calidad de la gestión de la empresa, entre otros (Parmenter, 2007), factores que aportan información útil y clasificada para medir las consecuencias e impacto de la gestión administrativa.

En ocasiones, al realizar una investigación sobre los indicadores de desempeño considerados fundamentales en una empresa, los datos e informaciones obtenidas sirven para reorientar el proceso y asegurar un óptimo desempeño en correspondencia con los objetivos valorados por el indicador “como elemento facilitador de la gestión empresarial desde un enfoque sistémico que permita garantizar a la empresa un despliegue efectivo de sus políticas, planes estratégicos y operativos” (Arango, Pérez & Rojas, 2008, p. 20). De ahí que la consistencia y robustez estadística del indicador en el tiempo se consideren fundamentales, a fin de valorar de manera estable y segura, lo que se desea medir dentro del sector empresarial (confiabilidad). Aunque, los problemas surgidos a partir de la medición son tan comunes y pueden llegar a ser similares en todas las empresas (Galar, Berges, Lambán, & Tormos, 2014), por eso se recomienda el mantenimiento y control de los indicadores, puesto que van orientados a la mejora de la eficacia y/o eficiencia, pero los enfocados hacia la primera suelen ser de tipo económicos u organizacionales, presenta mayor dificultad para medir lo que conduce a la subjetividad y, por consiguiente, una interpretación del rendimiento o desempeño durante el proceso.

Para diversas compañías, los KPI's son indicadores de éxito de esos objetivos previamente definidos y que usualmente, se representan en forma de índices o porcentajes. Por esta razón, los indicadores de gestión deben cumplir las características de un Estimador Estadístico Suficiente, en especial, cuando los índices puntuales corresponden a comparaciones relativas de índole porcentual, lo que conlleva a subrayar la importancia y trascendencia de este artículo, dada la debilidad simétrica que estos indicadores clave de rendimiento pueden acarrear en la cuantificación o estimación de los KPI's. Es por ello, que en las secciones subsiguientes se discute la demostración matemática propuesta para evaluar la debilidad simétrica en los indicadores de gestión: consecuencias e impacto estructural, teniendo en cuenta que a partir de ella (como proponen Godino & Recio (2001)), se “pone en juego los recursos expresivos de los lenguajes ordinarios, simbólico y cualquier tipo de dispositivos concretos” (p. 409), que permita darle validez a un razonamiento deductivo para su implementación práctica y, por consiguiente, expone la debilidad simétrica evidenciada en los indicadores estadísticos de gestión porcentuales, específicamente, cuando las variables de análisis (inputs) presentan un dominio dentro del conjunto numérico de los números reales positivos.

Un indicador de gestión ampliamente utilizado, para valorar inclusive la capacidad de modelos predictivos para predecir el futuro es el Mean Absolute Percentage Error (MAPE), que representa un indicador de desempeño del pronóstico de la demanda; y su versión evolucionada del Weight Absolute Percentage Error (WAPE), que son ampliamente utilizados en el ámbito empresarial y académico (Novobilski & Kamangar, 2001; Chockalingam, 2009; Cerquitelli, 2017; Ping-Feng & Chia-Hsin, 2018; Shukla & Pillai, 2016), como indicadores para “validar predicciones”, pero que presentan matemáticamente una debilidad estructural en su simetría (cuando los valores a usar son números reales positivos) y, por consiguiente, una amplia debilidad como Estimador Estadístico Suficiente.

3. Indicador de gestión como estimador estadístico suficiente.

Para Meyer (1999) en cada parámetro desconocido pueden existir varios estimadores puntuales diferentes, empleados para jerarquizar o elevar su potencialidad a partir de las propiedades de un buen

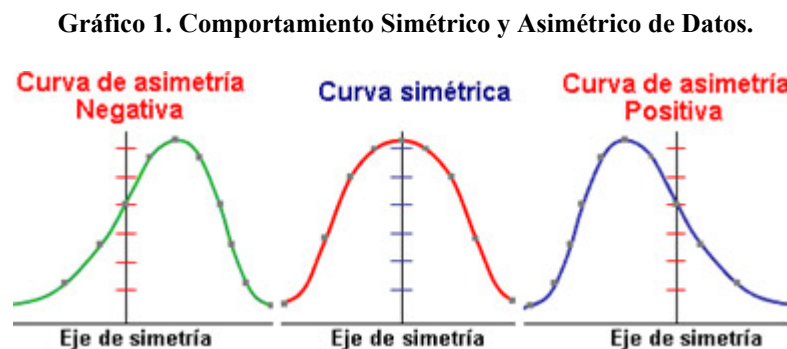
estimador o “Estimador Suficiente”, entre los que tenemos: insesgadez, eficiencia, convergencia y robustez (consistencia).

- Estimador Insesgado. Para que un estimador sea considerado como “suficiente”, es necesario que sea centrado o insesgado, de esta manera, su valor esperado será justo lo que evitará que se incline a un sector u otro. Bajo estas premisas, los niveles positivos del indicador relativo de gestión deben ser iguales a los niveles negativos; sin embargo, este aspecto no se cumple cuando el dominio de la variable de entrada son los valores reales positivos, como empresarialmente se evidencia al momento de trabajar con unidades de productos, personal, entre otras.
- Estimador Eficiente. Se persigue que un estimador sea más eficiente o preciso, cuando la varianza o variabilidad originada por los registros sea la menor posible, aspecto que llega a cumplirse dentro del ámbito empresarial, si los inputs utilizados presentan restricciones según la capacidad y optimización de la compañía para producir y comercializar.
- Estimador Consistente. Independientemente de utilizar indicadores de mínima varianza, es fundamental que cuando el tamaño de la muestra crezca, el estimador tienda a ser el valor del parámetro en estudio. Aspecto que no presenta inconvenientes gracias al auge de la tecnología, ya que los procesos pueden generar indicadores de gestión en tiempo real para contemplar la totalidad de registros, que deriven automáticamente en la minimización de la dispersión utilizada.
- Estimador Suficiente. Finalmente, un estimador es suficiente cuando logra resumir toda la información relevante contenida en la muestra, de forma que ningún otro estimador pueda aportar información adicional sobre el parámetro desconocido de la población.

En consecuencia, aunque no hay parámetros correctos o concretos establecidos para medir el nivel de desempeño de los indicadores, pues estos varían dependiendo de la misión, objetivos y metas, cualquier estimador estadístico generado para valorar el rendimiento, debe tener en cuenta la insesgadez, la eficiencia, la convergencia y la consistencia, para la consolidación como un buen estimador estadístico suficiente, haciendo especial énfasis en el primer aspecto de indicador insesgado, ya que resulta fundamental para valorar acciones y objetivos empresariales, tomando como referencia la equidad y justicia en la medición, tanto por exceso como por defecto.

4. La debilidad simétrica en los indicadores de gestión.

Diversos indicadores de gestión presentan una ausencia de robustez estadística, lo que se considera una gran debilidad de acuerdo con el objetivo principal: valorar continua y objetivamente los procesos empresariales, tal y como se observa en el Gráfico 1.



El problema planteado en el Gráfico 1 está dado por el comportamiento simétrico y asimétrico, considerado como una gran debilidad en cualquier estimador estadístico, ya sea un indicador de gestión, indicador de calidad, indicador de desempeño, indicador de productividad, entre otros muchos, establecidos como puntos claves para estimar el rendimiento empresarial u organizacional. La presencia de sesgos en un indicador de gestión originará una ausencia de robustez en el tiempo, lo que subvierte más incentivos hacia un extremo que a otro (Boada, 2009), favoreciendo un solo punto e indicando un desequilibrio en el desempeño.

Bajo este nivel de comprensión, se realiza una demostración estadística deductiva, a fin de comprobar, matemáticamente, el perjuicio que hace la ausencia de simetría sobre la construcción de cualquier indicador estadístico de gestión relativo al KPI, fundamentado en un comparativo con referencia a una norma o criterio establecido.

1.1. Indicador de Gestión Relativo - Tipo 1 (IGT₁): Esta demostración tiene su génesis en un indicador estadístico de gestión relativo (sin unidades), a partir del cual se compararán simultáneamente los resultados de una variable cualquiera (cuyo dominio son los números reales positivos), que denominaremos: *Valor Esperado VE* (en un tiempo actual “t”) y, su norma o contraposición de gestión que llamaremos: *Valor Observado Posterior VOP* (determinado en un tiempo futuro “t+1”, cuyo dominio, igualmente, pertenece a los números reales positivos).

Por lo tanto, la finalidad de esta demostración (Tabla 2), consiste en valorar la relación relativa (sin unidades), existente entre la norma VOP, que se obtiene en el tiempo futuro “t+1” expuesta como una variable aleatoria, en contraposición con el *Valor Esperado VE*, determinado en el tiempo actual “t” (Determinístico). Ambas expresiones representan valores que tendrán un dominio positivo (conjunto de los números reales positivos), aunque VOP por ser una variable aleatoria en el tiempo “t+1” podrá representar valores entre [0, +∞].

Tabla 2. Caracterización del valor esperado y del valor observado para construir IGT₁.

Nombre de la Variable	Tipo de Variable	Tiempo Ejecución	Dominio
Valor Esperado (VE)	Determinística	Actual: Tiempo “t”	VE (Determinado en “t”)
Valor Observado Posterior (VOP)	Aleatoria	Futuro: Tiempo “t+1”	[0, +∞] (Aleatorio en “t+1”)

Fuente: Boada & Millán (2011).

Posteriormente, tomando en consideración que el valor esperado (VE) es determinístico y el valor observado posterior (VOP) se considera una variable aleatoria con un dominio igual al conjunto de los números reales positivos [0, +∞], por ende, será posible inferir que el indicador de gestión relativo tipo 1 (IGT₁), no tendrá una debida simetría (1), ya que su dominio se hallará:

$$\text{Dominio [Indicador de Gestión Relativo Tipo 1]} = \text{Dominio [IGT}_1\text{]} = \text{Dominio } \left[\frac{VOP-VE}{VE} 100\% \right] \quad (1)$$

Primera Demostración Estadística. El valor esperado es un valor determinístico VE en el tiempo actual “t”, mientras el valor observado posterior VOP se considera una variable aleatoria cuyo dominio se encuentra entre [0, +∞] (Reales positivos).

$$\text{Dominio [IGT}_1\text{]} \in \left[\lim_{VOP \rightarrow 0} \left(\frac{VOP-VE}{VE} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +\infty} \left(\frac{VOP-VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (2)$$

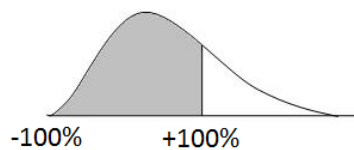
$$\text{Dominio [IGT}_1\text{]} \in \left[\left(\frac{0-VE}{VE} 100\% \right); \left(\frac{+\infty-VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (3)$$

$$\text{Dominio [IGT}_1\text{]} \in [-100\%, +\infty] \quad (4)$$

El Dominio del indicador de gestión relativo tipo 1 IGT_1 (ecuaciones 2, 3 y 4) será $[-100\%]$, sí y solo sí, el valor de la variable aleatoria (VOP) en el tiempo “t+1” sea igual a cero (0); mientras que será $[\infty]$ sí y solo sí, el valor de la variable aleatoria (VOP), tienda a $[\infty]$.

En este sentido, a nivel de estabilidad numérica, los errores por defecto representan un nivel de importancia menor que los resultados por exceso dentro del IGT_1 , lo que evidencia así un comportamiento asimétrico del cálculo del indicador, generando una serie de distorsiones al momento de valorar cualquier gestión. Bajo esta forma, la gestión en tiempo “t” tenderá a tomar decisiones que garanticen resultados alrededor de la cota inferior, puesto que representaría un porcentaje numéricamente menor (en valor absoluto) a cualquiera que supere el 100%.

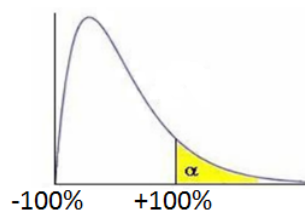
Gráfico 2. Asimetría Estadística del Indicador IGT_1 .



Fuente: Elaboración propia.

A partir del Gráfico 2 se puede decir que este tipo de decisiones minimizaría los errores porcentuales superiores al +100%, sin embargo, maximizaría los errores porcentuales cercanos al -100%, que son igual de dañinos que los anteriormente descritos y conducen a tomar decisiones sesgadas sin considerar las implicaciones asociadas a ello.

Gráfico 3. Errores porcentuales superiores al +100% del IGT_1 (α), para minimizar.



Fuente: Elaboración propia.

Es por ello que, al analizar el patrón de simetría, se evidencia que la única forma de lograr una simetría matemática en el dominio del IGT_1 , es solamente si se limita el valor de la variable aleatoria del valor observado posterior VOP en el tiempo “t+1” a mantener valores entre $[0, +2VE]$.

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\lim_{VOP \rightarrow 0} \left(\frac{VOP - VE}{VE} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +2VE} \left(\frac{VOP - VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (5)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\left(\frac{0 - VE}{VE} 100\% \right); \left(\frac{+2VE - VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (6)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in [-100\%, +100\%] \quad (7)$$

Esta demostración desde el punto de vista estadístico (ecuaciones 5, 6 y 7) indica, entonces, que para indicadores estadísticos relativos de gestión KPI, donde las variables de entrada sean siempre números positivos (dominio del conjunto de los números reales positivos), es necesario identificar que la diferencia entre el valor determinístico en el tiempo “t” y la norma o criterio determinado como una variable aleatoria en el tiempo “t+1”, para que no superen el doble de la cantidad y así, VOP no pueda ser superior a $2 \cdot VE$, ya que en caso de hacerlo se estaría incurriendo en una ausencia de simetría del

KPI y, por ende, incentivando a tomas de decisiones que generan aspectos no en consonancia con la optimización y beneficios de la empresa u organización.

De hecho, muchos pensarían que el problema es el indicador relativo utilizado lo que sugiere su contraposición al calcular el indicador relativo de VE con respecto a la variable aleatoria VOP. Sin embargo, a continuación, veremos una demostración análoga para este caso, donde se expone al lector que -igualmente-, la ausencia de simetría siempre estará presente, por eso, se debe ser muy cauteloso al momento de generar y utilizar dichos indicadores para medir o cuantificar el desempeño organización o empresarial.

1.2. Indicador de Gestión Relativo - Tipo 2 (IGT₂). Esta segunda demostración se fundamentará igualmente en un indicador estadístico de gestión relativo (sin unidades), donde de forma simultánea se compararán los resultados de una variable cualquiera, cuyo dominio son los números reales positivos que denominaremos *Valor Esperado VE* (en un tiempo actual “t”), en contraposición con la norma de gestión que llamaremos *Valor Observado Posterior VOP*, determinado en un tiempo futuro “t+1”, cuyo dominio igualmente pertenecen a los números reales positivos.

Por consiguiente, el propósito de este procedimiento radica en valorar una nueva relación relativa (sin unidades), existente entre el valor esperado VE determinado en tiempo actual “t” (Determinístico), en comparación con la norma VOP, que se obtiene en el tiempo futuro “t+1” expuesta como una variable aleatoria. Ambas expresiones representan valores que tendrán un dominio positivo (conjunto de los números reales positivos), aunque VOP por ser variable aleatoria en el tiempo “t+1” podrá representar valores entre [0, +∞].

Tabla 3. Caracterización del Valor Esperado y del Valor Observado para construir IGT₂.

Nombre de la Variable	Tipo de Variable	Tiempo Ejecución	Dominio
Valor Esperado (VE)	Determinística	Actual: Tiempo “t”	VE (Determinado en “t”)
Valor Observado Posterior (VOP)	Aleatoria	Futuro: Tiempo “t+1”	[0, +∞] (Aleatorio en “t+1”)

Fuente: Boada & Millán (2011).

Posteriormente, tomando en consideración que el Valor Esperado (VE) es determinístico y el Valor Observado Posterior (VOP), es una variable aleatoria con un dominio igual al conjunto de los números reales positivos [0, +∞], se infiere que el indicador de gestión relativo tipo 2 (IGT₂) tampoco tendrá una debida simetría, ya que su dominio será:

$$\text{Dominio [Indicador de Gestión Relativo Tipo 2]} = \text{Dominio [IGT}_2\text{]} = \text{Dominio } \left[\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right] \quad (8)$$

Segunda Demostración Estadística. De la misma forma, el valor esperado es un valor determinístico VE en el tiempo actual “t”, mientras el valor observado posterior VOP es una variable aleatoria cuyo dominio se encuentra entre [0, +∞], reales positivos (ecuaciones 9, 10 y 11):

$$\text{Dominio [IGT}_1\text{]} \in \left[\lim_{VOP \rightarrow 0} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +\infty} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right) \right], \quad (9)$$

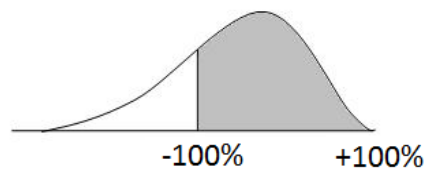
$$\text{Dominio [IGT}_1\text{]} \in \left[\left(\frac{0-VE}{0} 100\% \right); \left(\frac{1-VE/\infty}{1} 100\% \right) \right], \quad (10)$$

$$\text{Dominio [IGT}_1\text{]} \in [-\infty, +100\%] \quad (11)$$

Para este caso, el dominio del indicador de gestión relativo tipo 2 IGT_2 , será $[-\infty]$, sí y solo sí el valor de la variable aleatoria (VOP) en el tiempo “t+1” sea igual a Cero (0); mientras que será $[+100\%]$ sí y solo sí el valor de la variable aleatoria (VOP) tienda a $[\infty]$.

En este sentido, a nivel de estabilidad numérica, los errores por exceso, representan un nivel de importancia menor que los resultados por exceso dentro del IGT_2 (Gráfico 4), lo que denota un comportamiento asimétrico del cálculo del indicador, lo que genera una serie de distorsiones al momento de valorar cualquier gestión. Bajo esta forma, la gestión en tiempo “t”, tenderá a tomar decisiones que garanticen resultados alrededor de la cota superior, ya que representarían un porcentaje numéricamente menor (en valor absoluto) a cualquiera que supere el 100%.

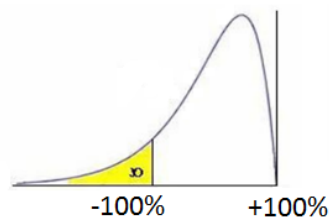
Gráfico 4. Asimetría Estadística del Indicador IGT_2 .



Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de decisiones minimizaría los errores porcentuales inferiores al -100%, no obstante, maximizaría los errores porcentuales cercanos al +100%, que son igual de perjudiciales que los anteriormente descritos.

Gráfico 5. Errores porcentuales superiores al +100% del IGT_2 (α), para minimizar.



Fuente: Elaboración propia.

Es por ello que al analizarse el patrón de simetría (Gráfico 5), se evidencia que análogamente al indicador anterior, la única forma de lograr una simetría matemática en el dominio del IGT_2 es solamente si se limita el valor de la variable aleatoria del valor observado posterior VOP en el tiempo “t+1” al mantener valores entre $[+VE/2, \infty]$.

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\lim_{VOP \rightarrow VE/2} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +\infty} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right) \right], \quad (12)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\left(\frac{VE/2-VE}{VE/2} 100\% \right); \left(\frac{1-VE/\infty}{1} 100\% \right) \right], \quad (13)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in [-100\%, +100\%] \quad (14)$$

Esta demostración estadística (ecuaciones 12, 13 y 14), indica que para indicadores estadísticos relativos de gestión o KPI en donde las variables de entrada sean siempre números positivos (dominio del conjunto de los números reales positivos), es necesario identificar que la diferencia entre el valor determinístico en el tiempo “t” y la norma o criterio determinado como una variable aleatoria en el tiempo “t+1”, no deben ser inferior a la mitad del valor esperado (VOP no puede ser inferior a $VE/2$), pues en el caso de hacerlo estaríamos incurriendo en una ausencia de simetría del KPI y, por ende,

impulsando la toma de decisiones que generan aspectos no en consonancia con la optimización y beneficios de la organización.

Para ejemplificar el impacto de esta debilidad simétrica en los indicadores estadísticos de gestión o KPI, se presentarán dos casos prácticos, fundamentados en el indicador de gestión relativo porcentual de dos cantidades numéricas, cuyo dominio se ubica en los números reales positivos, enfocándonos en la sección de pronósticos de empresas.

5. Ejemplificación del pronóstico de ventas en el ámbito empresarial.

Cada vez que se realiza un pronóstico, se toma en consideración la estimación o predicción, con base en el análisis y en consideraciones a priori que conduzcan a estimar lo que probablemente ocurra en el futuro. A través de las técnicas de pronósticos se disminuye la incertidumbre sobre lo que puede pasar, se estructuran planes y acciones congruente a partir de los objetivos de la organización y adicionalmente, se realizan acciones correctivas apropiadas a tiempo cuando ocurren situaciones fuera de lo pronosticado (Wilson & Keating, 2007).

Las estimaciones se han convertido en elementos claves para cualquier compañía de productos o servicios, ya que mediante ellas es posible estimar las necesidades de planta, materia prima y producción, así como determinar los costos y la inversión a efectuar, de acuerdo con la rentabilidad esperada. Sin embargo, es importante tener en consideración, que toda predicción se efectúa bajo determinados supuestos internos y externos, que no necesariamente se cumplen a cabalidad, generando efectivamente discrepancias entre lo previsto y la realidad. Según Chase y Jacobs (2005):

... en el mundo de los negocios existen muchos factores que no podemos prever con certeza. Por lo tanto, es mucho más importante que, en lugar de pretender un pronóstico perfecto, impongamos la práctica de revisar constantemente los estimados y aprendamos a vivir con ellos (...) debemos tratar de encontrar y emplear el método más conveniente para que los pronósticos sean de lo más razonable que se pueda (p.485).

En consecuencia, la intención de medir la efectividad de los pronósticos (un valor relativamente objetivo) tiene una doble finalidad: por un lado, se persigue la precisión que, a su vez, influye en diversos costos operativos agotados y excesos de inventario y, por otro, en la satisfacción del cliente. En el campo de las predicciones, el indicador relativo es el de mayor demanda, puesto que expone la diferencia (en términos porcentuales) entre el VOP y el valor esperado VE, ampliamente utilizado en el ámbito empresarial, precisamente, por su supuesta consistencia matemática y estabilidad numérica.

A nivel de pronósticos, el valor esperado se predice con antelación en el tiempo “t”, con la finalidad de lograr, anticipadamente, una perspectiva de la realidad, en este caso, demanda del producto, bien o servicio; luego, una vez que el evento sucede, o el tiempo llega en “t+1”, ocurre el “valor observado”, es decir, la demanda real, que evidencia la realidad del suceso y que no necesariamente deberá ser igual o similar al “valor esperado” o estimación. Al respecto, es necesario que toda corporación mida o determine la diferencia existente y generalmente presente entre las estimaciones y los valores reales que ocurren después, los cuales son siempre desconocidos hasta su estimación, entendiendo el concepto de “Error”.

El Indicador de Gestión Relativo IGT. Presenta dos connotaciones anteriormente descritas, que dependerán del nivel comparativo del indicador, a partir de lo siguiente:

- a. Diferencia Relativa del Valor Observado Posterior VOP (Real) en función al Valor Esperado VE (Pronóstico) (15). Esta concepción es utilizada por las áreas responsables de predicciones, donde su intención radica en evaluar el resultado del VOP (Real) en tiempo “t+1” en relación con el pronóstico realizado previamente en tiempo “t”; su representación matemática es la siguiente, a fin de ofrecerle a la gerencia información útil para planificar, tomar decisiones en relación con los

datos pasados y presentes para predecir el futuro y evitar que la empresa u organización se desestabilice, veamos a continuación:

$$\text{Indicador de Gestión Relativo Tipo 1} = \text{IGT}_1 = \frac{\text{VOP}-\text{VE}}{\text{VE}} 100\% \quad (15)$$

- b. Diferencia Relativa del Valor Esperado VE (Pronóstico) en relación con el Valor Observado Posterior VOP (Real) (16). Esta concepción es utilizada por las áreas responsables de compras y control, cuya intención radica en evaluar el resultado del Valor Estimado VE realizado en tiempo “t” (Un Pronóstico), en función con el valor real (data dura), determinada por el VOP en un tiempo “t+1”. Matemáticamente, se representa así:

$$\text{Indicador de Gestión Relativo Tipo 2} = \text{IGT}_2 = \frac{\text{VOP}-\text{VE}}{\text{VOP}} 100\% \quad (16)$$

En efecto, se observa que ambos indicadores de gestión están definidos en porcentajes. En el ejemplo, a continuación, se detalla cómo se trabajan de manera simultánea ambas fórmulas, comprobando además la ausencia de simetría para cualquiera de las dos connotaciones del Indicador de Gestión Relativo.

En el caso de pronósticos de ventas para el ámbito empresarial, si el valor observado y esperado se expone en ambos casos como unidades demandadas, es lógico pensar que el mejor indicador de gestión corresponde al enfoque porcentual (%). Las interpretaciones pueden fluctuar según el tipo de indicador.

El “Indicador de Gestión Relativo Tipo 1” indica el porcentaje de fluctuación del valor observado (Demanda Real), en función al valor esperado (Demanda Estimada), mientras que el “Indicador de Gestión Relativo Tipo 2” indica el porcentaje de fluctuación del valor esperado (Demanda Estimada), en función al valor observado (Demanda Real).

Así mismo, el signo que posee el indicador de gestión relativo presenta un significado importante, como veremos:

- Si el Indicador de gestión relativo en ambos tipos, es positivo indica que el valor observado o real, es superior al valor esperado o pronóstico, lo que indicaría un resultado superior al previsto o planificado. A nivel de “Demanda Real”, la compañía obtuvo mayores ingresos en relación con lo esperado.
- Pero si el Indicador de Gestión Relativo en ambos tipos es negativo, refleja que el valor real fue inferior a la predicción y, por consiguiente, no se lograron los resultados previstos. A nivel de “Demanda Real”, la compañía no logró cumplir con las cantidades esperadas, en términos de productividad como tampoco cumplir con los KPI’s establecidos.

En otras palabras, un individuo podrá tomar sus decisiones a partir de la estimación de los indicadores de gestión y los pronósticos, aunque ambas interpretaciones son válidas, en las dos connotaciones del indicador de gestión relativo. De ahí que, las interpretaciones y cálculos puedan presentar variantes a partir de la forma de medición (IGT_1 & IGT_2). Para ello, enfoquémonos ahora en el siguiente ejemplo:

Para determinar la simetría en los pronósticos de venta, se deben tomar en consideración variables como número de unidades, productos, artículos, divisas, entre otros, indicadores que son esenciales para realizar la estimación. Adicionalmente, se tiene que contemplar que el dominio de estas variables se encuentra usualmente dentro del conjunto de los números reales positivos (\mathbb{R}^+). Asumiendo la posición

del que pronostica o del personal destinado para tales fines, se determina que su labor consiste en analizar y determinar el valor esperado, en el tiempo actual “t”, el que podrá tener valores determinísticos (VE), analizados y expresados por el pronosticador según el historial de las variables (Reales positivas).

Particularmente, para una mayor precisión es pertinente definir variable y especificar que desde el punto de vista estadístico ésta es susceptible de adoptar diferentes valores, por eso, se asume que son unidades demandadas por semanas del producto XXX, pero para una mejor comprensión, reviremos el siguiente enunciado: para la Gerencia de Proyecciones de Ventas, el valor proyectado para el producto XXX, es de 5.000 unidades que estiman demandar por semana (valor esperado en el tiempo t). Asimismo, recordemos que cuando se proyecta en el tiempo, no se tiene conocimiento del valor observado posterior (VOP), lo que sería la Demanda Real del producto XXX por semana. Este resultado solo se obtiene en un tiempo posterior a la estimación (t + 1).

Por lo tanto, luego que se conoce el valor observado posterior en el tiempo t+1, se determinarán diversas consecuencias (Tabla 4), derivadas dependiendo de las unidades demandadas o vendidas por semana y el tipo de indicador de gestión relativo que se considere:

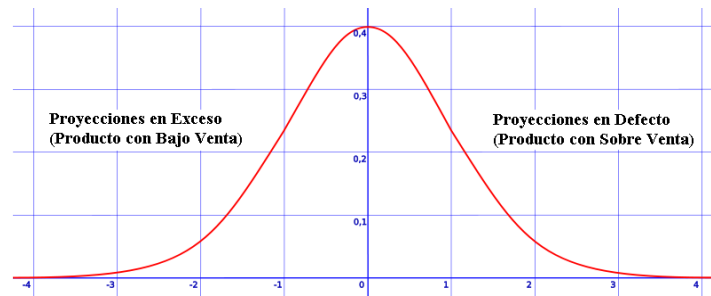
Tabla 4. Comportamiento de los indicadores IGT_1 e IGT_2 cuando $VOP \leq 2VE$.

Resultados del VOP en “t+1” (Demanda Real)	Tipo de Indicador de Gestión Relativo	Resultado del Indicador de Gestión Relativo	Consecuencias
Valor observado posterior VOP = 9.500 unidades demandadas por semana	Indicador de Gestión Relativo Tipo 1	$IGT_1 = \frac{9.500 - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = +90\%$	El producto sobre - demandó 4.500 unidades por semana, esto representa una sobredemanda del 90% sobre el valor pronosticado, lo que indica altas posibilidades de agotar y comprometer el servicio de la compañía.
	Indicador de Gestión Relativo Tipo 2	$IGT_2 = \frac{9.500 - 5.000}{9.500}$ $IGT_2 = +47,4\%$	El producto igualmente sobre - demandó 4.500 unidades por semana, esto significa que el pronóstico representó 47,4% en defecto, según la demanda real registrada, lo que conlleva a altas posibilidades de agotar y comprometer el servicio de la compañía.
Valor observado posterior VOP = 500 unidades vendidas por semana	Indicador de Gestión Relativo Tipo 1	$IGT_1 = \frac{500 - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = -90\%$	El producto bajo - demandó (signo negativo) 4.500 unidades por semana, esto representa una baja venta del 90% sobre el valor pronosticado, lo que trae como consecuencia exceso de inventario para dicho concepto.
	Indicador de Gestión Relativo Tipo 2	$IGT_2 = \frac{500 - 5.000}{500}$ $IGT_2 = -900\%$	El producto igualmente bajo - demandó (signo negativo) 4.500 unidades por semana, esto significa que el pronóstico representó un 900% en exceso según la venta real registrada, lo que implica un exceso de inventario para dicho concepto.

Fuente: Boada & Millán (2011).

Para este ejemplo, se observa como el indicador de gestión relativo 2 IGT_2 presenta auténticos niveles de ausencia de simetría, lo que origina un incentivo al empleado pronosticador de demanda, para estimar preferiblemente por encima, que por debajo: “Es mejor un +47,4% que un -900% de error”.

Gráfico 6. Comportamiento Simétrico Ideal de los Indicadores IGT₁.



Fuente: Boada & Di Alessio (2013).

Bajo esta concepción, aparentemente, el Indicador de Gestión relativo tipo 1 IGT₁ (Gráfico 6), se maneja ágilmente de forma simétrica (para este caso donde $VOP \leq 2VE$), ya que se evidencia que si el valor observado posterior (VOP) es por exceso, generará el mismo impacto que si el VOP es por defecto, únicamente con diferencia de signo. En este sentido, el pronosticador podrá ser evaluado a través de un indicador de gestión sencillo, calculado a través del indicador de gestión relativo de sus proyecciones individuales por cada producto. Sin embargo, el Indicador de Gestión tipo 1 IGT₁ tampoco es consistentemente simétrico en todos los escenarios, lo que se comprueba en la siguiente extensión del ejemplo práctico anterior, bajo el supuesto que la demanda real no fuera 9.500 ni 500 unidades, sino que sobrepasara el 100% del valor originalmente estimado (para casos en donde $VOP > 2VE$).

Para valorar la simetría en pronósticos de venta, establezcamos el supuesto en donde el valor observado posterior VOP, supera el doble de la cantidad previamente estimada VE (Tabla 5).

En este segundo ejemplo (Tabla 5), se observa cómo ambos indicadores de gestión relativo IGT₁ & IGT₂, presentan auténticos niveles de Asimetría (ausencia de simetría), en el caso que la variable aleatoria VOP obtenga valores superiores a 2VE. Esta clara ausencia de simetría origina un incentivo al área medida por estos indicadores. Bajo esta concepción, aparentemente, el indicador de gestión relativo tipo 1 IGT₁ presenta claros problemas de simetría: “Prefiero estimar siempre alto, para que nunca supere el +100% de error, no existirá problema con la contraparte negativa, ya que su cota es de -100%”.

Por otro lado, el indicador de gestión relativo tipo 2 IGT₂ también presenta problemas de simetría, ya que numéricamente no es lo mismo que se demande 8.500 unidades de más (IGT₂ = +62,96%), a que se venda de 1.932 menos que las unidades inicialmente estimadas (IGT₂ = -62,96%), las diferencias son considerables y deben evaluarse a la hora de tomar decisiones que comprometan el desempeño, la eficacia, la eficiencia, la confiabilidad, la economía, la calidad, la productividad, el control, las metas, entre otros, procesos que comprometan que el éxito del trabajo organizacional o empresarial. En definitiva, es posible visualizar y comprobar que, en ambos casos, los indicadores relativos de Gestión IGT₁ & IGT₂ presentan amplias debilidades simétricas, cuando los valores observados pertenecen al conjunto de los números reales positivos.

Tabla 5. Comportamiento de los indicadores IGT₁ e IGT₂ cuando VOP > 2VE.

Resultados del VOP en “t+1” (Demanda Real)	Tipo de Indicador de Gestión relativo	Resultado del Indicador de Gestión relativo	Consecuencias
Valor observado posterior VOP = 13.500 unidades demandadas por semana	Indicador de Gestión Tipo 1	$IGT_1 = \frac{13.500 - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = +170\%$	El producto sobre - demandó 8.500 unidades por semana (más del 100% de unidades estimadas), esto representa una sobredemanda del 170% sobre el valor pronosticado, lo que indica una alta posibilidad de agotar y comprometer el servicio de la compañía.
	Indicador de Gestión Tipo 2	$IGT_2 = \frac{13.500 - 5.000}{13.500}$ $IGT_2 = +62,96\%$	El producto igualmente sobre - demandó 8.500 unidades por semana, lo que implica que el pronóstico representó 62,96% en defecto, según la demanda real registrada, lo que indica una alta posibilidad de agotar y comprometer el servicio que ofrece la compañía.
Valor observado posterior VOP = ¿? unidades vendidas por semana	Indicador de Gestión Tipo 1	$IGT_1 = \frac{¿? - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = ?\%$	Es imposible que el artículo bajo - demande 8.500 unidades, lo que significa que es imposible que este indicador de gestión sea inferior al - 100%. Por ende, existe ausencia de simetría en el Indicador de Gestión relativo: puede dar +170%, Pero no puede dar nunca -170%.
	Indicador de Gestión Tipo 2	$IGT_2 = \frac{3.068,2 - 5.000}{3.068,2}$ $IGT_2 = -62,96\%$	Es imposible que el artículo bajo - demande 8.500 unidades, lo que significa que es imposible que se pueda calcular un indicador con 8.500 unidades por defecto a las 5.000 originalmente estimadas. Sin embargo, es posible que dicho indicador arroje el valor de -62,96%, asumiendo el supuesto de evidenciar una demanda real de 3.068,2 unidades (1.932 unidades menos que las estimadas inicialmente). Por ende, puede existir una simetría matemáticamente calculada (a nivel de indicador), pero no en sinergia con las 8.500 unidades por defecto a la estimación.

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones.

En síntesis, dentro de cualquier organización o empresa, la adopción de los indicadores de desempeño o KPI son claves para su caracterización, construcción, análisis y evaluación, ya que facilitan la toma de decisiones, el ajuste a los procesos de acuerdo con los resultados, más aún si se compara periódicamente con productos similares o metas planteadas dentro de la organización. Por eso, hemos visto que cuando se expresa el KPI en número o se le asigna un valor, una cifra exacta un porcentaje o

por el contrario una calificación (como se ha hecho), se puede medir no solo el porcentaje sobre el estimador, sino el número de unidades vendidas por semanas, el número de unidades demandadas, entre otras, indispensables para valorar el comportamiento simétrico y asimétrico en relación con el pronóstico de ventas.

Gracias a las demostraciones realizadas, es decir, explicación, sistematización y comunicación de los resultados, se corrobora que la concepción de simetría en los indicadores de gestión relativo IGT_1 & IGT_2 , varían cuando estamos dentro del entorno concerniente a las variables aleatorias, particularmente, cuando los dominios de las variables pertenecen al conjunto de los números reales positivos, como por ejemplo: manejo de inventario, rotación de inventario, pedidos a tiempo y completos (OTIF), gestión de pedidos en almacén, entre otros, procesos o tareas inherentes a la actividad comercial que se realiza. De ahí, que el comportamiento simétrico de estos indicadores de gestión relativos, dependerán de la formulación realizada y de los posibles resultados de las variables aleatorias, valor observado posterior (VOP), en relación con el elemento determinístico o valor esperado (VE). En este sentido, se tiene que estar atento sobre el diferente valor que puede manejar el valor real observado, puesto que ante esa diferencia estaremos incurriendo en una inestabilidad simétrica en los errores para casos extremos (que no, necesariamente, se consideran atípicos o fortuitos), que tienden a castigar de forma injusta a la gestión y, por ende, a los involucrados.

Esta demostración matemática puede ser extensible, es decir, sin dificultad a innumerables ecuaciones y leyes donde la aleatoriedad juega un rol preponderante en los dominios manejados con valores positivos, considerando que tanto una demostración, tanto matemática como estadística, es siempre verdadera puesto que se afianza sobre la base de un razonamiento deductivo en contraposición a los argumentos inductivos o empíricos.

La simetría no existe en los diferentes niveles de cálculo de error manejados en el mundo empresarial, específicamente, cuando las variables de origen pertenezcan a los valores reales positivos, lo que favorece el uso de “tendencias psicológicas” que inciden en las decisiones de los usuarios, quienes tienden a minimizar esta variable en búsqueda de mejoras personales, lo que, a su vez, ocasiona problemas mayores y no deseables en cualquier organización.

Por otra parte, esta investigación genera una nueva perspectiva para observar los niveles de error, utilizados frecuentemente en el mundo empresarial con miras a establecer indicadores efectivos de gestión y optimizar los procesos, que presentarán siempre ausencia de simetría cuando las variables utilizadas para el análisis sean siempre valores positivos. De ahí que sea posible enumerar las conclusiones de las repercusiones del indicador estadístico relativo Tipo 1 y Tipo 2: “El Indicador de Gestión Tipo 1 y Tipo 2 presenta ausencia de simetría, cuando los valores observados no pueden tomar expresiones negativas” (Boada & Di Alessio, 2013, p.13), aspectos que pueden presentarse cotidianamente en el caso de la valoración de gestión para proyecciones de ventas, unidades, productos, artículos, entre otros, que deben tomarse en consideración al realizar las estimaciones pertinentes para cualquier empresa u organización.

En este sentido, es posible demostrar estadísticamente que la ausencia de simetría es cotidiana en variables positivas, inclusive aún cuando se establece el siguiente patrón de comportamiento: “El Indicador de Gestión Tipo 1 presenta simetría en valores proyectados, solamente cuando los valores observados no dupliquen cuantitativamente el valor pronosticado en la proyección” (Boada & Millán, 2011, p.10). Asimismo, se establece que “El Indicador de Gestión Tipo 2 presenta simetría en valores proyectados, solamente cuando los valores observados no sean la mitad cuantitativa del valor pronosticado en la proyección” (Boada y Millán, 2011, p.10). De esta forma, se demuestra estadísticamente que la equivalencia simétrica de los indicadores de gestión, cuando la variable original pertenece al dominio de los números reales positivos, se presenta únicamente cuando la relación entre valores observados y esperados no superan la duplicidad (tanto en IGT_1 y IGT_2).

Finalmente, cabe acotar que hoy en día las organizaciones no consiguen los resultados esperados a través de las mediciones, ya que las personas que definen los indicadores a evaluar y las metas

esperadas suelen no ser las mismas que realizan y gestionan mes a mes las proyecciones; además, en ocasiones no son muy expertas y ocasionan desviaciones o análisis incorrecto de las cifras o datos arrojados (Likierman, 2009). Es por esto que se recomienda que el comportamiento simétrico sea valorado en la construcción de cualquier tipo de indicador de gestión, en especial, sobre aquellos derivados de las variables que no puedan presentar valores negativos (como los indicadores de MAPE y WAPE), y que las personas destinadas para tales fines, conozcan de principio a fin toda la gestión y los procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa o gestión, a fin de evitar sesgos y pronósticos que terminan influyendo negativamente en la toma de decisiones y en consecuencia, en la calidad, confiabilidad y transparencia de los resultados.

Referencias

- Arango, M., Pérez, G., & Rojas, M. (2008). Modelización de los indicadores de gestión en la calidad de suministro. Una visión sistémica. *DYNA*, 75(156), 19-28.
- Arango, M., Ruiz, S., Ortiz, L., & Zapata, J. (2017). Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre. *Ingeniare. Revista chilena de Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 707-720.
- Bonnefoy, J. (2006). *Indicadores de desempeño del sector público: CEPAL*. Recuperado de <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/23992/Indicadores%20de%20Desempe%C3%B1o.pdf>
- Boada, A. (2009). Limitaciones de los Errores Absolutos en los Pronósticos. *Memorias Arbitradas en el I Congreso Peruano de Investigación de Operaciones y Sistemas COPIOS'2009*, Ciudad de Lima, Perú.
- Boada, A., & Millán, A. (2011). Limitaciones de los errores relativos en los pronósticos, una nueva propuesta para cuantificar los errores porcentuales en predicciones. *CONHISREMI*, 7(3), 1-18.
- Boada, A., & Di Alessio, M. (2013). Limitación Simétrica de los Errores Relativos en los Pronósticos de Ventas. *XXXIV Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*. Sociedad Española de Estadística e Investigación Operativa (SEIO) y Universitat Jaume I de Castellón (UJI).
- Cerquitelli, T. (2017). *Predicting large-scale fine grain energy consumption*. *Energy Procedia*, 111, 1079-1088. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.271.
- Chase, R. & Jacobs, F. (2005). *Operations Management for Competitive Advantage*. México: McGraw-Hill Companies.
- Chockalingam, M (2009). *Forecast Accuracy and Inventory Strategies*. Demand Planning LLC. Recuperado de: <https://demandplanning.net/documents/dmdaccuracywebVersions.pdf>
- Galar, D., Berges, L., Lámbar, M., & Tormos, B. (2014). La medición de la eficiencia de la función mantenimiento a través de KPI's financieros. *DYNA*, 81(184), 102-109.
- Godino, J., & Recio, A. (2001). Significados institucionales de la demostración. Implicaciones para la educación matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 405-414.
- Inboundlead. (2016). *Los 7 mejores ejemplos de objetivos SMART: Inboundlead*. Recuperado de: <https://blog.inboundlead.com/los-7-mejores-ejemplos-de-objetivos-smart-o-inteligentes-para-empresas>

- Likierman, A. (2009). Las cinco trampas de la medición del desempeño. *Harvard Business Review*, 1, 1-5.
- Meyer, P. (1999). *Probabilidad y Aplicaciones Estadísticas*. Addison - Wesley Iberoamericana.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2010). *Instructivo para la formulación de indicadores de desempeño: Ministerio de Economía y Finanzas*. Recuperado de: https://www.mef.gob.pe/contenidos/presupuesto_publico/normativa/Instructivo_Formulacion_I ndicadores_Desempeno.pdf
- Novobilski, A., & Kamangar, F. (2001). *Absolute Percent Error Based Fitness Functions for Evolving Forecast Models*. FLAIRS-01 Proceedings. Uncertainty 591-595. Recuperado de: <https://www.aaai.org/Papers/FLAIRS/2001/FLAIRS01-113.pdf>
- Parmenter, D. (2007). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and using winning KPI'S*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Ping-Feng, P. & Chia-Hsin, L. (2018). *Predicting Vehicle Sales by Sentiment Analysis of Twitter Data and Stock Market Values*. Volume 6, pp. 57655-57662. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2873730.
- Shukla, K.N. & Pillai, R.G. (2016). Modelling of chloride diffusion coefficient in concrete with supplementary cementitious materials. *Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting IV - Dehn et al.* Taylor & Francis Group, London. Recuperado de: https://books.google.es/books?id=5tCYCgAAQBAJ&dq=mape+wape&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- SPSS FREE. (s.f). Medidas de distribución - asimetría y curtosis: SPSS FREE. Recuperado de: <http://www.spssfree.com/curso-de-spss/analisis-descriptivo/medidas-de-distribucion-curtosis-asimetria.html>
- Wilson, J.H., & Keating, B. (2007). *Business Forecasting with Accompanying Excel - Based ForecastX Software*. Mc Graw Hill Companies.