

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: Inteligencia artificial

Recibido: 25/05/2018 | Aceptado: 16/01/2019 | Publicado: 09/07/2019

## **Evaluación de Indicadores Claves de Rendimiento usando un método de inferencia borroso.**

### *Evaluation of Key Performance Indicators using a fuzzy inference method.*

**Francisco J. Peña Veitía<sup>1\*</sup>, Elieser E. Bello<sup>2</sup>, Rafael E. Bello Pérez<sup>3</sup>, Gheisa L. Ferreira Lorenzo<sup>4</sup> & Ana M. García Pérez<sup>5</sup>**

1 DESOFT. Ave. Calixto Garcia No. 401, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. [fjpena35226@gmail.com](mailto:fjpena35226@gmail.com)

2 DESOFT. Ave. Calixto Garcia No. 401, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. [elieser.bello@desoft.cu](mailto:elieser.bello@desoft.cu)

3 Centro de Investigación en Informática, Universidad “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km. 5 y 1/2 Santa Clara, Villa Clara, Cuba. [rbellop@uclv.edu.cu](mailto:rbellop@uclv.edu.cu)

4 Centro de Investigación en Informática, Universidad “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km. 5 y 1/2 Santa Clara, Villa Clara, Cuba. [gheisa@uclv.edu.cu](mailto:gheisa@uclv.edu.cu)

5 DESOFT. Ave. Calixto Garcia No. 401, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. [anamaria.garcia@desoft.cu](mailto:anamaria.garcia@desoft.cu)

\* Autor para correspondencia: [fjpena35226@gmail.com](mailto:fjpena35226@gmail.com)

#### **Resumen**

BIMAS es una solución informática para la gestión del desempeño e inteligencia empresarial, desarrollada y comercializada por la empresa cubana DESOFT donde los indicadores claves de rendimiento son evaluados de manera rígida a través de rangos definidos por los usuarios. En este trabajo se diseñó e implementó un sistema de inferencia borroso para la evaluación de los indicadores claves de rendimiento con el objetivo de tomar en cuenta aspectos subjetivos y objetivos que caracterizan el desempeño de los procesos en las organizaciones. Se tomaron como términos el porcentaje de cumplimiento y el período de evaluación de cada indicador debido a que se encuentran estrechamente relacionados. Los resultados obtenidos demuestran que con este sistema de inferencia borroso se obtienen evaluaciones más flexibles y cercanas a la realidad, brindando a los decisores información más confiable respecto a sus organizaciones. Este modelo será incorporado al producto de software BIMAS.

**Palabras clave:** lógica difusa, indicadores claves de rendimiento, sistema de inferencia borroso

### **Abstract**

*BIMAS is a computer solution for performance management and businesses intelligence, developed and marketed by the DESOFT Cuban company, where key performance indicators are evaluated in a rigid way through ranges defined by users. In this work, a fuzzy inference system for evaluation of key performance indicators, with the aim of taking into account subjective and objective aspects that characterize the performance of processes in organizations, was designed and implemented. It was taken as terms, the execution percent and the evaluation period of each indicator because they are closely related. The obtained results demonstrate that with this fuzzy inference system, more flexible and nearer to reality evaluations are obtained, giving to decision makers more reliable information regarding their organizations. This model will be incorporated to BIMAS software product.*

**Keywords:** *Fuzzy logic, Key performance indicators, fuzzy inference system*

---

## **Introducción**

La constante transformación y evolución en el mundo de los negocios en los últimos años ha hecho necesario mejorar la presentación de los resultados obtenidos de los diferentes procesos en una empresa para hacer un mejor uso de esa información. En la actualidad, la dinámica de los negocios está avanzando rápidamente en la misma medida que va evolucionando su necesidad técnica de adaptarse a las exigencias de un mercado complejo y en constante cambio, requiriendo así de metodologías y herramientas que aseguren el éxito inmediato, a mediano y largo plazo. El Cuadro de Mando Integral (CMI) o Balance Scorecard desarrollado por (Kaplan and Norton, 1992) es una herramienta utilizada en la Inteligencia de Negocios (Rud, 2009). En este sentido, dentro de los CMI, los Indicadores Claves de Rendimiento (KPI, Key Performance Indicators, por sus siglas en inglés); son un aspecto importante a tener en cuenta en el desarrollo de cualquier modelo de negocio actual. El CMI como herramienta de control de gestión, es un método de medición del rendimiento que integra indicadores financieros y no financieros derivados de la estrategia y ayuda a los directivos en la toma de decisiones a través de los KPI para saber si se alcanzan los objetivos estratégicos y con ello el éxito de la empresa.

Los softwares de Inteligencia de Negocio cada día se vuelven más “inteligentes” usando técnicas y algoritmos de Inteligencia artificial (IA) para entender mejor las decisiones en los negocios y tratar de predecir qué podría pasar en

el futuro. Se hace necesario el empleo de las técnicas de IA teniendo en cuenta que los procesos de toma de decisiones más complejos son típicamente no estructurados, es decir, no existen reglas o procedimientos que determinan qué decisión tomar en el caso de la existencia de diferentes alternativas (Espin, 2014). Como parte de la Inteligencia Artificial y las Matemáticas, y buscando una mayor flexibilidad y naturalidad para manejar la incertidumbre inherente a los dominios de aplicación, la Lógica Difusa (Zadeh, 1965) es utilizada para construir modelos para la toma de decisiones, entre ellos los Sistemas de Inferencia Borrosa (SIB) (Kosko, 1995)(Lai and Hwang, 1994). Tal es el caso que se menciona en (Mohamed, 2013) donde se toma como eje del modelo las relaciones entre los objetivos estratégicos; otras ideas similares aparecen en (Espinal *et al.*, 2015),(Sofiyabadi, Kolahi and Valmohammadi, 2016),(Afkham, Abdi and Rashidi, 2012) y (Barbosa and Itegam, 1996). Sin embargo, en los casos mencionados anteriormente no se toma en consideración el período en que se está evaluando el indicador. Este es un punto clave a tener en cuenta, ya que un mismo indicador puede tener distintas consideraciones y evaluaciones dependiendo del período en que se debe evaluar; esta evaluación dependerá en gran medida también de la fase de ese período por el que transcurre el indicador. Por ejemplo, un indicador al cuál se le hace una planificación a cumplir en un período de 30 días puede tener distintas evaluaciones en las fases de inicio, medio y fin.

La empresa cubana de software DESOFT desarrolla y comercializa el producto de software BIMAS (Cárdenas Tandrón and Sánchez Alba, 2015), formado por tres sistemas: BIMAS SMIFOR, BIMAS BION y BIMAS SERVER. Esta investigación se centró solamente en BIMAS SERVER que es una herramienta de configuración, planificación y ejecución estratégica que permite implementar diferentes CMI en una organización describiendo el comportamiento y desempeño de la misma. En la herramienta, los indicadores claves han sido evaluados de manera rígida a través de escalas definidas por los usuarios. Por ejemplo, un indicador se considera evaluado de MAL si se encuentra en un porcentaje de cumplimiento entre 0% y 70%, REGULAR si se encuentra entre un 71% y un 95% y BIEN si se encuentra entre un 96% y un 100%; obteniéndose resultados en múltiples casos alejados a la realidad, al no considerar el momento en el tiempo al realizarse la evaluación. En lugar de esa evaluación el objetivo es evaluar los KPI utilizando los valores cualitativos BIEN, REGULAR y MAL, modelados como variables lingüísticas en un SIB; tomando como medidas el porcentaje de cumplimiento y el período de evaluación de cada indicador ya que estos se encuentran estrechamente relacionados. Esto facilitará información al decisor con la que podrá evaluar los objetivos estratégicos y perspectivas de su organización.

## Materiales y métodos

### Lógica Difusa

Para la aplicación de la investigación serán analizados algunos conceptos básicos de la lógica difusa. Cotidianamente se utiliza en el lenguaje la idea de las clases de conjuntos que comparadas con los conjuntos matemáticos dejan margen a la incertidumbre. Por ejemplo, cuando se califica a un individuo de joven o adulto ¿Cuáles serían los intervalos de edad a considerar? Es posible que, para algunas personas, el calificativo de joven se encuentre entre ciertos valores mientras que para otras se encuentre acotado en otro intervalo; por tanto, este tipo de calificativos se encuentran sujetos a la opinión subjetiva de cada persona y al contexto donde se desee evaluar la situación. En el mundo físico sucede lo mismo, un vaso de agua lleno no se vacía inmediatamente cuando es volteado boca abajo o un objeto caliente no cambia su temperatura a fría instantáneamente.

Estos ejemplos sirven para ilustrar el hecho de que la transición de un conjunto  $X$  a un conjunto  $X'$  es continua en el mundo físico, en lugar de presentar límites visibles; las fronteras son vagas y subjetivas. En 1965, basado en el concepto fundamental de variación de temperatura o multivalencia, el profesor Lotfi A. Zadeh del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de California en Berkley, mediante la publicación de un artículo (Zadeh, 1965), formalizó la teoría de los conjuntos difusos.

### Sistemas de Inferencia Borrosos (SIB)

La inferencia borrosa, como se muestra en la Figura 1, es el proceso que se realiza desde una entrada dada hasta que se genera la salida usando para ello la lógica difusa, lo que se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Interpretar los valores de entrada rígidos o borrosos a través de las funciones de pertenencia de las variables lingüísticas de entrada, usualmente llamado fusificación.
2. Asignar valores al vector de salida, basado en un conjunto de reglas de control borrosas, a través de un mecanismo de inferencia.
3. Interpretar el vector de salida por las variables lingüísticas de salida con un método de defusificación, dando como resultado valores rígidos.

La formulación, de manera general involucra:

- Diseño de las **variables lingüísticas**, que están dadas según (Zadeh, 1965) por  $\langle N, U, T(N), M \rangle$ ; donde  $N$  es el nombre de la variable lingüística y  $U$  su dominio subyacente;  $T(N)$  es el conjunto de términos o etiquetas

lingüísticas que puede tomar  $N$  y  $M$  es una regla que asocia cada elemento de  $T(N)$  con un conjunto difuso en  $U$  de entre todos los posibles.

Ejemplo:  $\langle \text{ESTATURA\_PERSONA}, [0.3;4], \{ \text{BAJA}, \text{MEDIA}, \text{ALTA} \} \rangle$

- Diseño de las **funciones de pertenencia**, que pueden ser representadas como  $A: X \rightarrow [1,0]$  describiendo un conjunto borroso que mapea entradas rígidas hasta su grado de pertenencia. Estas, en dependencia de la variable que representen pueden ser tipo trapezoidal, singleton, triangular, S, exponencial, entre otras (Nauck, 2000).
- Diseño de las **reglas borrosas**, como formas de representar el conocimiento consciente de uno o varios expertos, escritas del tipo SI-ENTONCES, respecto a algún problema determinado.

Ejemplos:

SI estatura\_persona es BAJA y peso\_persona es ALTO ENTONCES persona es OBESO

SI estatura\_persona es MEDIA y peso\_persona es MEDIO ENTONCES persona es PESO\_IDEAL

SI estatura\_persona es ALTA y peso\_persona es BAJO ENTONCES persona es BAJO\_PESO

- Finalmente, el **método de defusificación** para la obtención de la salida del sistema. Existen varios métodos de defusificación, de ellos, los más utilizados son el centro de gravedad y la duración media máxima. Con el centro de gravedad, la salida es el valor en el universo que separa el área bajo la curva de la función en dos partes iguales.

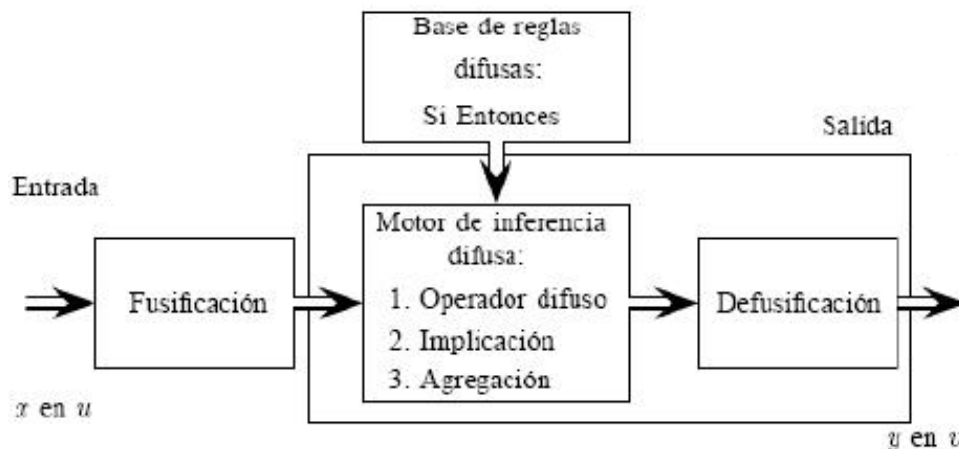


Figura 1. Sistema de Inferencia Borroso. Fuente: Elaboración propia

## Lenguaje de Control Borroso

El Lenguaje de Control Borroso(Fuzzy Control Language, FCL por sus siglas en inglés); es un estándar para la programación de Lógica Borrosa de Control publicado por la International Electrotechnical Commission en la norma 61131-7(IEC, 1997). FCL ofrece una comprensión común de términos básicos de integración de aplicaciones de control borroso en sistemas de control, proporcionando un lenguaje común con el que implementar programas de control difuso portátiles entre diferentes plataformas. Tiene como principales ventajas la fácil migración entre distintas plataformas de hardware-software de diferentes fabricantes y la reutilización de la aplicación desarrollada.

En los últimos años se han desarrollado herramientas para el trabajo con la Lógica Difusa, de estas, solo pocas de código abierto(Cingolani and Bldg, 2013). Para la aplicación de esta investigación se utiliza la biblioteca de código abierto jFuzzyLogic, que permite diseñar e implementar SIB usando el estándar FCL. Dentro de sus ventajas se encuentran: estandarización del código reduciendo la necesidad de los investigadores de tener conocimientos profundos en lógica borrosa de control, el enfoque orientado a objetos sobre la que se encuentra desarrollada permite una fácil extensión de la misma y gracias a su enfoque independiente de las versiones de la plataforma Java permite su uso en cualquier configuración de un sistema que soporte Java. Con el uso de jFuzzyLogic en este trabajo se implementó un controlador en Java para el SIB diseñado que es capaz de evaluar los KPI, siguiendo técnicas de programación que faciliten su extensibilidad y modularidad.

## Propuesta de Sistema de Inferencia Borroso

Para la construcción del SIB en este problema se procede al análisis de las principales variables presentes y sus relaciones. En la evaluación de los KPI existen dos variables que son importantes en el momento de emitir una evaluación respecto a este. Estas variables son, el **porciento de cumplimiento**, que describe, respecto a un plan de cumplimiento, qué porciento de ese indicador se ha logrado en **MUY\_BAJO, BAJO, MEDIO y ALTO**; y el **tiempo de ejecución**, que describe, para un período de evaluación acotado en una fecha de inicio y una fecha de fin, en qué momento de ese período se está evaluando el KPI en **INICIO, MEDIO y FIN**. La relación entre estas dos variables puede dar una evaluación de cómo se encuentra el KPI, formulando la variable **evaluación** para que tome los valores de **BIEN, REGULAR o MAL**.

Entonces, se definen las siguientes variables lingüísticas de entrada:

<PORCIENTO\_CUMPLIMIENTO, [0;1], {MUY\_BAJO, BAJO, MEDIO, ALTO}> (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

<TIEMPO\_EJECUCION, [0;T], {INICIO, MEDIO, FIN}> (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) donde T es la cantidad en días del período.

Luego, se define la variable lingüística de salida:

<EVALUACIÓN, {1, 2, 3}, {BIEN, REGULAR, MAL}>

Para la construcción de las funciones de pertenencia fue beneficiosa la información y opinión subjetiva recopilada de entrevistas con los expertos. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la representación explícita de las funciones de pertenencia y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar su comportamiento gráfico.

| VARIABLES                     | ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS       |                                   |                                   |                             |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| <b>PORCIENTO_CUMPLIMIENTO</b> | MUY_BAJO                     | BAJO                              | MEDIO                             | ALTO                        |
|                               | {(0;0)(0;1)(0.05;1)(0.15;0)} | {{(0.1;0)(0.15;1)(0.25;1)(0.3;0)} | {{(0.25;0)(0.45;1)(0.5;1)(0.8;0)} | {{(0.7;0)(0.9;1)(1;1)(1;0)} |
| <b>TIEMPO_EJECUCION</b>       | INICIO                       | MEDIO                             | FIN                               |                             |
|                               | {(0;0)(0;1)(T/6;1)(T/3;0)}   | {{(T/6;0)(T/3;1)(T/2;1)(T/5/6;0)} | {{(T/3;0)(T/5/6;1)(1;1)(1;0)}     |                             |
| <b>EVALUACIÓN</b>             | BIEN                         | REGULAR                           | MAL                               |                             |
|                               | {{(3;0)}                     | {{(2;0)}                          | {{(1;0)}                          |                             |

Tabla 1. Funciones de pertenencia borrosas

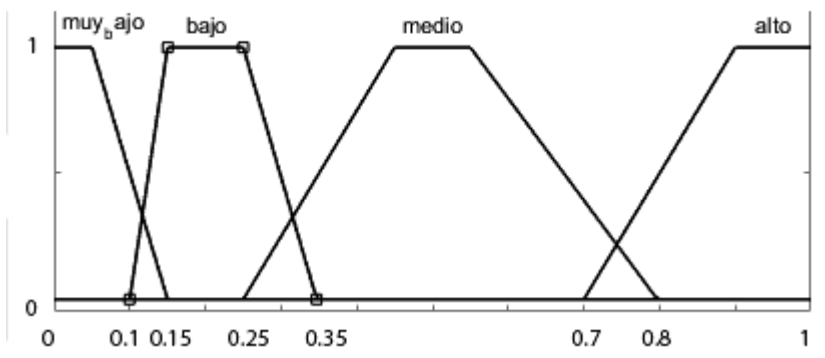


Figura 2. Función de pertenencia variable PORCIENTO\_CUMPLIMIENTO

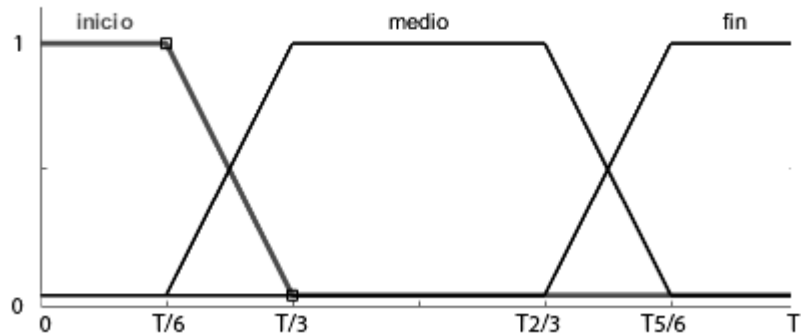


Figura 3. Función de pertenencia variable TIEMPO\_EJECUCIÓN

Partiendo de la suposición de que la planificación realizada para el indicador es aceptable, como mínimo, y de acuerdo a los estudios de comportamiento de dichas variables lingüísticas se logró una generalización parcial para los KPI que cuentan con un plan de cumplimiento, donde se pudo observar que:

1. Mientras más cercanos estén los valores de **porcentaje de cumplimiento** y **tiempo de ejecución**, mejor será la evaluación del KPI.
2. Mientras el valor de **porcentaje de cumplimiento** sea mejor que el del **tiempo de ejecución**, la evaluación del KPI será favorable.
3. Por el contrario, si el valor del **porcentaje de cumplimiento** es peor que el del **tiempo de ejecución**, la evaluación del KPI será desfavorable.
4. Debido a la variada naturaleza del comportamiento de los indicadores al exceder la planificación, o sea al sobrepasar el 100%, se decide acotar en esta fase de la investigación el valor del **porcentaje de cumplimiento** al 100%, de modo que si algún indicador sobrepasa el 100% será evaluado como si tuviera un 100% de cumplimiento.

Siguiendo la descripción y el comportamiento anterior se definen las siguientes reglas borrosas en la forma SI-ENTONCES:

1. SI porcentaje\_cumplimiento es BAJO y tiempo\_ejecucion es INICIO ENTONCES evaluación es BIEN
2. SI porcentaje\_cumplimiento es BAJO y tiempo\_ejecucion es MEDIO ENTONCES evaluación es MAL
3. SI porcentaje\_cumplimiento es BAJO y tiempo\_ejecucion es FIN ENTONCES evaluación es MAL



4. SI porcentaje\_cumplimiento es MEDIO y tiempo\_ejecucion es INICIO ENTONCES evaluación es BIEN
5. SI porcentaje\_cumplimiento es MEDIO y tiempo\_ejecucion es MEDIO ENTONCES evaluación es REGULAR
6. SI porcentaje\_cumplimiento es MEDIO y tiempo\_ejecucion es FIN ENTONCES evaluación es MAL
7. SI porcentaje\_cumplimiento es ALTO y tiempo\_ejecucion es INICIO ENTONCES evaluación es BIEN
8. SI porcentaje\_cumplimiento es ALTO y tiempo\_ejecucion es MEDIO ENTONCES evaluación es BIEN
9. SI porcentaje\_cumplimiento es ALTO y tiempo\_ejecucion es FIN ENTONCES evaluación es BIEN
10. SI porcentaje\_cumplimiento es MUY\_BAJO y tiempo\_ejecucion es INICIO ENTONCES evaluación es BIEN
11. SI porcentaje\_cumplimiento es MUY\_BAJO y tiempo\_ejecucion es MEDIO ENTONCES evaluación es MAL
12. SI porcentaje\_cumplimiento es MUY\_BAJO y tiempo\_ejecucion es FIN ENTONCES evaluación es MAL

## Resultados y discusión

### Implementación en Java

Finalmente, después de implementado el SIB en FCL, se pasa a la implementación de la parte controladora en Java utilizando la biblioteca jFuzzyLogic como se puede apreciar en un fragmento de código en la Figura 4. Se diseña un experimento para demostrar la efectividad del modelo donde se puede apreciar que, para escalas rígidas definidas por el usuario, los resultados de la evaluación de los KPI tienden a ser más estrictos afectando el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, por la evaluación del SIB los resultados son mejores dando al decisor una perspectiva más cercana a la realidad como se puede apreciar en la Figura 5, lo que mejora el proceso de toma de decisiones. **Figura 4**

```
//Pasar información al SIB
sib.setVariable("porcentaje_cumplimiento", porcentajeCumplimiento/100);
sib.setVariable("tiempo_ejecucion", tiempo_duracion_dias);
//Evaluar el SIB
sib.evaluate();

return sib.getVariable("evaluacion").getValue();
```

Figura 4. Implementación del controlador en Java

| Nombre indicador         | Fecha      | % Cumplimiento | Evaluación x escala | Evaluación x SIB |
|--------------------------|------------|----------------|---------------------|------------------|
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-15 | 58,83          | MAL                 | REGULAR          |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-16 | 61,77          | MAL                 | REGULAR          |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-17 | 61,77          | MAL                 | REGULAR          |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-18 | 61,77          | MAL                 | REGULAR          |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-19 | 61,77          | MAL                 | REGULAR          |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-20 | 70,35          | MAL                 | REGULAR          |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-21 | 88,56          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-23 | 91,03          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-24 | 91,03          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-25 | 91,03          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-26 | 91,89          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-27 | 98,19          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos por serv. Ac... | 2018-02-28 | 105,76         | BIEN                | BIEN             |
| Ingresos Total           | 2018-02-22 | 77,94          | MAL                 | REGULAR          |
| Ingresos Total           | 2018-02-23 | 89,32          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos Total           | 2018-02-24 | 90,05          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos Total           | 2018-02-25 | 90,05          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos Total           | 2018-02-26 | 90,44          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos Total           | 2018-02-27 | 92,45          | REGULAR             | BIEN             |
| Ingresos Total           | 2018-02-28 | 97,25          | REGULAR             | BIEN             |

Figura 5. Salida experimento en Java

### Evaluación de los resultados

Para la evaluación de los resultados se recogieron 120 casos de los meses marzo, abril, mayo y junio del año 2017 del registro histórico del indicador “Ingresos por servicios” de la empresa DESOFT en la herramienta BIMAS con sus valores reales. Los casos fueron evaluados por la herramienta BIMAS actual, por un grupo de expertos usuarios avanzados en el uso de la herramienta y finalmente por el sistema de inferencia borroso. Como se puede apreciar en la Figura 6, fragmento de las tablas de casos, se realizó una comparación para analizar el porcentaje de coincidencia entre la evaluación de los expertos, y la evaluación de la herramienta actual obteniendo un promedio de 73% de coincidencias, mientras que la comparación entre los expertos y el SIB obtuvo un 83% de coincidencias, demostrando así una mejora considerable.

| FECHA      | INDICADOR              | % CUMPLIMIENTO | EVAL_BIMAS | EXPERTOS | EVAL_jBIMAS |
|------------|------------------------|----------------|------------|----------|-------------|
| 12/06/2017 | Ingresos por Servicios | 20,25          | MAL        | MAL      | REGULAR     |
| 13/06/2017 | Ingresos por Servicios | 24,04          | MAL        | MAL      | REGULAR     |
| 14/06/2017 | Ingresos por Servicios | 29,93          | MAL        | MAL      | REGULAR     |
| 15/06/2017 | Ingresos por Servicios | 51,91          | MAL        | REGULAR  | REGULAR     |
| 16/06/2017 | Ingresos por Servicios | 52,75          | MAL        | REGULAR  | REGULAR     |
| 17/06/2017 | Ingresos por Servicios | 52,79          | MAL        | REGULAR  | REGULAR     |
| 18/06/2017 | Ingresos por Servicios | 55,22          | MAL        | REGULAR  | REGULAR     |
| 19/06/2017 | Ingresos por Servicios | 83,10          | REGULAR    | REGULAR  | BIEN        |
| 20/06/2017 | Ingresos por Servicios | 83,27          | REGULAR    | REGULAR  | BIEN        |
| 21/06/2017 | Ingresos por Servicios | 91,36          | REGULAR    | BIEN     | BIEN        |
| 22/06/2017 | Ingresos por Servicios | 95,15          | REGULAR    | BIEN     | BIEN        |
| 23/06/2017 | Ingresos por Servicios | 97,18          | REGULAR    | BIEN     | BIEN        |
| 24/06/2017 | Ingresos por Servicios | 100,03         | BIEN       | BIEN     | BIEN        |
| 25/06/2017 | Ingresos por Servicios | 100,05         | BIEN       | BIEN     | BIEN        |
| 26/06/2017 | Ingresos por Servicios | 100,07         | BIEN       | BIEN     | BIEN        |

Figura 6. Fragmento de tabla de casos.

## Conclusiones

La introducción de técnicas de inteligencia artificial en la evaluación de los indicadores claves de rendimiento (KPI) permitió incrementar la eficacia en los resultados alcanzados. En particular, la implementación en el software BIMAS de un módulo de evaluación de indicadores basado en un sistema de inferencia borroso incrementó en alrededor del 10% la eficacia del mismo respecto al método de evaluación existente anteriormente, medida como la coincidencia entre la evaluación dada por los expertos y la obtenida por el sistema, lo que facilita al decisor tomar mejores decisiones en el ambiente empresarial. En este artículo se presenta el problema resuelto, la ingeniería de conocimiento desarrollada y los resultados alcanzados.

El SIB implementado en FCL junto a un controlador en Java podría ser utilizado en cualquier ambiente Java que maneje información respecto a KPIs donde se desee hacer una evaluación de estos, por lo que sería recomendable probar la portabilidad y adaptabilidad del mismo en distintos sistemas informáticos. Complementario a esta investigación se propone buscar una planificación inteligente para la predicción de la evaluación de los KPI y ofrecer una evaluación general de la empresa haciendo uso de métodos de toma de decisiones multicriterios, dando una perspectiva global de la entidad al decisor.

## Referencias

- Afkham, L., Abdi, F. and Rashidi, A. (2012) ‘Evaluation of service quality by using fuzzy MCDM: A case study in Iranian health-care centers’, *Management Science Letters*, 2(1), pp. 291–300. doi: 10.5267/j.msl.2011.08.009.
- Barbosa, D. and Itgam, D. A. (1996) ‘Aplicación de la lógica difusa para la evaluación de rendimiento del desarrollo

de proyectos de dispositivos y equipos para la producción industrial’.

Cárdenas Tandrón, I. and Sánchez Alba, L. (2015) ‘BIMAS, Solución de Gestión del Desempeño e Inteligencia Empresarial’. Desoft Villa Clara, Cuba. doi: 1471-2013.

Cingolani, P. and Bldg, M. E. (2013) ‘jFuzzyLogic : a Java Library to Design Fuzzy Logic Controllers According to the Standard for Fuzzy Control Programming’, 6, pp. 61–75.

Espin, R. (2014) *Soft computing for business intelligence*. Available at: [https://books.google.com/cu/books?id=jGS5BQAAQBAJ&pg=PA263&lpg=PA263&dq=lógica+difusa+%26+KPI&source=bl&ots=H7HUz75vmF&sig=3RmKUW\\_6qg3iTJrtucueop0KzWo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj\\_9rGL4eHYAhVCEawKHSeFD10Q6AEIPjAH#v=onepage&q=lógica+difusa+%26+K](https://books.google.com/cu/books?id=jGS5BQAAQBAJ&pg=PA263&lpg=PA263&dq=lógica+difusa+%26+KPI&source=bl&ots=H7HUz75vmF&sig=3RmKUW_6qg3iTJrtucueop0KzWo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj_9rGL4eHYAhVCEawKHSeFD10Q6AEIPjAH#v=onepage&q=lógica+difusa+%26+K) (Accessed: 5 April 2018).

Espinal, K. *et al.* (2015) ‘Métrica difusa para la evaluación del desempeño en la gestión por procesos’.

IEC (1997) ‘IEC 1131 - PROGRAMMABLE CONTROLLERS’, pp. 1–53.

Kaplan, R. S. and Norton, D. P. (1992) ‘The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance’, *Harvard Business Review*. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/6c5c/54be1af510a0a3b3f977b0a9d6651f3d7663.pdf> (Accessed: 5 April 2018).

Kosko, B. (1995) *Pensamiento borrosola nueva ciencia de la lógica borrosa*. Edited by 1995 Barcelona : Crítica.

Lai, Y.-J. and Hwang, C. L. (Ching-L. (1994) *Fuzzy multiple objective decision making : methods and applications*. Springer-Verlag.

Mohamed, A. (2013) ‘Design of Prediction System for Key Performance Indicators in Balanced Scorecard’, *International Journal of Computer Applications*, 72(8), pp. 10–14.

Nauck, D. D. (2000) ‘Data Analysis with Neuro-Fuzzy Methods’, p. 163.

Rud, O. P. (2009) *Business intelligence success factors : tools for aligning your business in the global economy*. Joh Wiley & Sons. Available at: <https://epdf.tips/business-intelligence-success-factors-tools-for-aligning-your-business-in-the-gl.html> (Accessed: 5 April 2018).

Sofiyabadi, J., Kolahi, B. and Valmohammadi, C. (2016) ‘Key performance indicators measurement in service business: a fuzzy VIKOR approach’, *Total Quality Management and Business Excellence*, 27(9–10), pp. 1028–1042. doi: 10.1080/14783363.2015.1059272.

Zadeh, L. A. (1965) ‘Fuzzy sets’, *Information and Control*. Academic Press, 8(3), pp. 338–353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.