

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

*HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA
EVALUACIÓN DE PROCESOS EMPRESARIALES A
TRAVÉS DE TÉCNICAS DE SOFT-COMPUTING*

**Tesis en opción al título de Máster en
Matemática Aplicada e Informática para la
Administración**

Autor: Ing. Elio Armando Cables Fernández

Tutores: Dr.C. Elio H. Cables Pérez
Dr.C. Ana de Lourdes Torralbas

DEDICATORIA

A: mi hijo, Elio Thomás, que constituye el regalo más hermoso que me ha dado Dios y es el motor impulsor para seguir superándome.

A: mi esposa, por su comprensión y ayuda al asumir noches y madrugadas al cuidado de nuestro hijo, en aras de que terminara la escritura de la tesis.

A: mis padres porque siempre he contado con su amor, apoyo, entrega, guía y me han conducido para seguir alcanzando metas profesionales y personales, a ellos que me formaron para ser lo que soy.

A: mis hermanos porque siempre están ahí, para lo que los necesite.

A: mis abuelos por su eterno amor.

A: mis tías, tíos y primos porque sé que cuento con ellos.

AGRADECIMIENTOS

A: mi padre, por su apoyo, sabios consejos, comprensión y entrega en mi formación, por ser mi tutor y guía en la conducción de los resultados que se muestran en la tesis.

A: mi tutora Ana de Lourdes Torralbas, que siempre tuvo la disposición y sabias orientaciones en la dirección de esta tesis, a pesar de estar ocupada con su doctorado. Para ella mi respeto y admiración.

A: Dra. Rosa Urquiza, mi eterno agradecimiento por su apoyo incondicional para que defendiera mi tesis.

A: colectivo de profesores de la maestría por transmitirme su experiencia y su incidencia en mi formación como profesional.

A todos los que, de una u otra forma recibí un consejo, una palabra de aliento, comprensión, ayuda, impulso, aunque su nombre no aparezca:

GRACIAS

RESUMEN

En el entorno empresarial es de vital importancia la identificación de los procesos como base para garantizar el progreso continuo en las empresas. De ahí, la importancia de incidir positivamente en todas las mejoras que faciliten, agilicen y garanticen un mejor control de los procesos.

En atención a ello, es necesario evaluar de forma sistemática dichos procesos, por lo que este trabajo se centra en resolver la problemática referente a favorecer la evaluación de los procesos en las empresas a través de técnicas de Soft-Computing. Para abordar la solución, primeramente, se valoran los fundamentos teóricos relacionados con el problema y luego se propone:

- Una métrica para la evaluación de procesos empresariales sobre la base de técnicas de Soft-Computing.
- Una variante para el trabajo con términos lingüísticos dirigidos a evaluar los criterios.
- Un prototipo de software para implementar la métrica propuesta.

Además, a través de una consulta realizada a especialistas se analiza la pertinencia de la propuesta realizada.

ABSTRACT

In the business environment it is great importance to identify the processes as a basis to guarantee continuous improvement in companies. Hence, the importance of having a positive impact on all the improvements that facilitate, speed up and guarantee a better control of the processes.

In the control of the processes, it is necessary to systematically evaluate the processes, so this work focuses on solving the problem of favoring the evaluation of processes in companies through Soft-Computing techniques. To solve the problem solution, firstly, the theoretical foundations related to the subject are valued and it is proposed:

- A metric for the evaluation of processes in companies based on Soft-Computing techniques.
- A variant for working with linguistic terms to evaluate the criteria.
- A software prototype to implement the proposed metric.

In addition, through a consultation made to specialists, the relevance of the proposal made is analyzed.

Tabla de contenido

Pág.

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	10
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROCESOS EMPRESARIALES CON TÉCNICAS DE SOFTCOMPUTING.....	10
1.1 Introducción	10
1.2 Los procesos empresariales en las organizaciones	10
1.3 Fundamentos de Soft-Computing	14
1.3.1 Métodos de Decisión Multicriterio	14
1.3.2 Métodos de agregación de información	16
1.3.3 Vectores de Pesos	16
1.3.4 Descripción del método RIM	19
1.3.4.1 Normalización RIM	19
1.3.4.2 Descripción del algoritmo RIM	20
1.4 Tecnologías y herramientas para el desarrollo de aplicaciones informática	22
1.5 Metodologías de desarrollo de software	22
1.6 Metodología ICONIX.	24
1.7 Lenguajes de programación	25
1.8 Entorno de desarrollo integrado Netbeans	25
1.8.1 Lenguajes de programación empleados en aplicaciones Web	26
1.8.2 Java Server Pages (JSP)	26
1.8.3 Arquitectura Cliente-Servidor	27
1.8.4 Gestores de bases de datos	27
1.9 Conclusiones del capítulo	28
CAPÍTULO 2	29
DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE PROCESOS EMPRESARIALES CON TÉCNICAS DE SOFT-COMPUTING	29
2 Introducción	29
2.1 Propuesta para la evaluación de procesos empresariales sobre la base del Ideal de Referencia.	29
2.1.1 Tratamiento de criterios ordinales	30
2.1.2 Descripción de la métrica propuesta para la evaluación de procesos	32
2.1.3 Estructura organizativa de los criterios para aplicar la métrica propuesta	34
2.1.4 Transformación de la estructura jerárquica de criterios de varios niveles a un solo nivel	35

2.2	Ejemplo ilustrativo	37
2.3	Proceso de ingeniería de software	40
2.3.1	Requerimientos funcionales	40
2.3.2	Requerimientos no funcionales	42
2.3.3	Actores para interactuar con la herramienta	42
2.3.4	Arquitectura de la herramienta	43
2.3.5	Modelo de datos	45
2.3.6	Requerimientos de hardware y software	45
3	Valoración de la pertinencia de la propuesta realizada	45
4	Conclusiones del capítulo	47
CONCLUSIONES		48
RECOMENDACIONES		50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA		51
ANEXOS		56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de los procesos empresariales.....	2
Figura 2. Principales áreas del Soft-Computing.....	5
Figura 3. Conjunto de pasos del ciclo PDCA.	11
Figura 4. Principales direcciones de información del CMI.	12
Figura 5. Proceso de desarrollo de software.....	22
Figura 6. Ciclo de vida de un software.	23
Figura 7. Flujos de trabajo de ICONIX.....	24
Figura 8. Arquitectura Cliente-Servidor.	27
Figura 9. Representación en un rayo numérico las etiquetas, grados de densidad y valor asociado.....	32
Figura 10. Organización del proceso de agregación de la métrica propuesta.....	34
Figura 11. Organización de los criterios para el proceso de agregación.....	35
Figura 12. Pesos asociados a los criterios hijo de un nodo dado (suma de los pesos es igual a 1).....	35
Figura 13. Rama del árbol asociada al criterio c_k (hoja del árbol) y el peso resultante w_k^*	36
Figura 14. Actores de la herramienta.....	43
Figura 15. Arquitectura de clases de la herramienta propuesta.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios e indicadores asociados al proceso de actividad “Comercial” .	13
Tabla 2. Valores numéricos asociados a las etiquetas lingüísticas.	31
Tabla 3. Procesos, criterios e indicadores asociados a una empresa dada.	37
Tabla 4. Definición del contexto de trabajo.	38
Tabla 5. Variación e índice relativo al ideal de referencia.	39
Tabla 6. Actores y nivel de acceso.	43
Tabla 7. Formación académica y actividad de los especialistas.	45
Tabla 8. Frecuencia absoluta	X
Tabla 9. Frecuencia absoluta acumulada	X
Tabla 10. Frecuencia absoluta acumulada entre la frecuencia total	XII
Tabla 11. Determinación de los puntos de cortes de cada categoría y valores de abscisas de los indicadores.	XIII

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ámbito empresarial requiere de una constante actualización y cambios para garantizar su buen desempeño y alcanzar su respectiva misión. Por ello debe incidirse de forma positiva en diferentes aristas, tales como: el buen desempeño de los recursos humanos como recurso fundamental de la actividad productiva (Castellano Palomo, 2006), (Méndez Juan C, 2006), el estado financiero, la estructura organizativa en correspondencia con su misión, entre otros aspectos.

Por otra parte, es importante destacar que una empresa debe garantizar una interacción coherente y efectiva entre cada una de sus estructura y actividades que desarrolla para cumplimentar su misión, pues todos estos elementos están estrechamente interconectados y el desempeño de cada uno inciden en los demás (Burlton, 2010). Por ello, es de vital importancia que las organizaciones articulen de forma armónica toda su estructura para lograr las diferentes actividades a desarrollar durante la generación de su cadena de valor.

Para lograr una adecuada articulación entre las diferentes partes de la estructura organizacional y las funciones a realizar, se deben identificar de forma clara los diferentes procesos que integran la cadena productiva, pues según Tabares y Lochmuller, los procesos en las empresas contribuyen a la sinergia entre los elementos básicos que interactúan en este entorno: recursos humanos, procedimientos y métodos y herramientas y equipos (Tabares y Lochmuller, 2013); de ahí la importancia de conducir la dirección empresarial sobre la base de la gestión por procesos.

En este orden de ideas, se hace necesario analizar las definiciones dadas por diferentes autores, los cuales plantean que los procesos empresariales son:

- *“Conjunto estructurado y medido de actividades que mantienen un orden específico a lo largo del tiempo y el espacio, con un comienzo y un final y unas entradas y salidas claramente identificadas: una estructura para la acción”.* (Davenport y Short, 1990).

- *“Cualquier actividad o grupo de actividades que toma una entrada, le agrega valor y provee una salida a un cliente interno o externo. Los procesos utilizan los recursos de la organización para proveer un resultado final”, (Harrington, 1991).*
- *“Un acercamiento para convertir elementos de entrada en elementos de salida, este es el camino en donde todos los recursos de la organización son utilizados de manera confiable, repetible y consistente (estadísticamente) para asegurar las metas de la empresa”, (Zairi, 1997)*
- *“Conjunto de actividades que reciben uno o más clases de inputs, crean un producto para dar valor para el cliente”, (Hammer y Champy, 2003).*
- *“Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”, (International Organization for Standardization, ISO 9000:2005).*

Al valorar las diferentes definiciones planteadas, se pueden identificar como rasgos fundamentales de los procesos: entradas y salidas, conjunto de actividades para alcanzar los resultados deseados y la utilización de recursos, lo cual se resume en la Figura 1.

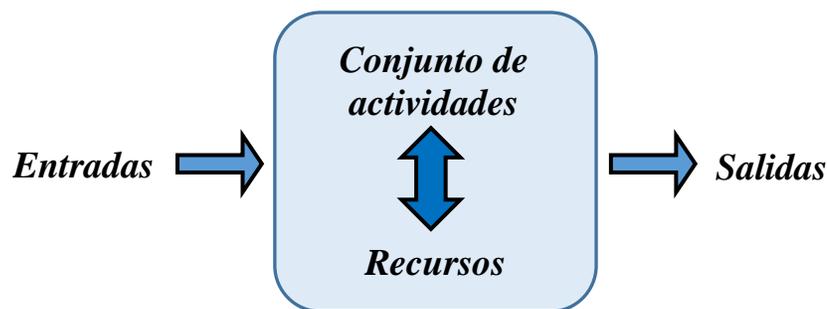


Figura 1. Estructura de los procesos empresariales.

Por otra parte, al conducir la actividad empresarial enfocada en los procesos y teniendo en cuenta la estructura de los mismos (Figura 1), se puede afirmar que los procesos empresariales constituyen un poderoso recurso para organizar y gestionar las diferentes actividades, lo cual permite crear valor tanto para el cliente externo como para el cliente interno (Serrano y Ortiz, 2012). Además, este enfoque de trabajo permite eliminar las barreras que se pueden manifestar entre las diferentes unidades funcionales de las organizaciones, favoreciendo la satisfacción de los clientes finales por el resultado de los procesos.

Sin embargo, también es importante destacar el trabajo sistemático en el mejoramiento de los procesos, pues constituye una forma efectiva para conducir la gestión de las organizaciones en sus diferentes niveles (Gardner, 2001) y por ende repercutir de forma positiva en el logro de los objetivos trazados. Esta forma de trabajo permite la identificación de las fortalezas y debilidades de los diferentes procesos y sobre la base de estos, incidir en el cambio y mejoramiento de los mismos, lo cual favorece el aumento gradual de la productividad empresarial (Harrington, 1993).

Para lograr, la identificación de las fortalezas y debilidades que se manifiestan en los procesos, es necesario garantizar su seguimiento y medición, para de esta forma constatar los elementos esenciales que deben ser modificados y mejorados, lo cual permitirá elevar el desempeño de la organización.

Para conducir el seguimiento y medición de los procesos puede ser utilizado el Cuadro de Mando Integral (CMI), el cual fue desarrollado por Kaplan y Norton (Kaplan y Norton, 1992), los cuales lo definen como:

“Una metodología de gestión, que traduce la estrategia en objetivos coherentes, relacionados, medidos a través de indicadores y ligados a unos planes de acción que permiten alinear el comportamiento de los miembros de la organización con dicha estrategia”

El CMI se estructuró como una herramienta de gestión estratégica, ampliando las posibilidades respecto a los sistemas de gestión utilizados hasta ese momento (Santos y Fidalgo, 2004). En esta dirección este se orienta esencialmente en: apoyar la toma de decisiones, un diseño sencillo y eficaz, utiliza indicadores financieros y no financieros, flexible a los cambios y procesos del entorno, además de generar motivación en los diferentes niveles de responsabilidad.

Al respecto Escobar (Escobar Rodríguez, 1999) expresa sobre el CMI:

“como herramienta de gestión, se configura como un mecanismo ideal para canalizar gran parte de la información contable que demandan los directivos, adoptando el concepto de información necesaria y suficiente presentada en un formato de fácil lectura y rápido uso como la piedra angular sobre la que se ha de cimentar el desarrollo del sistema de información contable”

Esta herramienta (CMI) se ha establecido como un instrumento de información, control y de gestión dirigido a la implementación de las estrategias definidas por las organizaciones, lo cual ha motivado a su utilización en muchas empresas desde hace varias décadas. Para ejecutar la etapa de control se hace necesario la identificación del conjunto de indicadores alineados a la estrategia de la organización (Cárdenas, 2009), los cuales constituyen la base para realizar la evaluación de los diferentes procesos identificados.

La evaluación de los diferentes procesos sobre la base de los indicadores definidos, se realiza de forma individual por cada indicador y el usuario debe inferir la evaluación integradora de cada proceso inherente a la organización. Sin embargo, esto puede provocar imprecisión en el resultado evaluativo, por la no utilización de métodos de agregación de información que faciliten esta actividad.

Son diversas las disciplinas que contribuyen positivamente para obtener un resultado evaluativo de cualquier proceso, lo más fielmente posible; en este caso se hará referencia al Soft-Computing.

Soft-Computing es un término expresado por primera vez en 1994 por el padre de la Lógica Difusa L.A. Zadeh (Verdegay, et. al, 2008), donde plantea que Soft-Computing constituye una familia de métodos que cooperan entre sí, con la finalidad de resolver problemas del entorno social. Entre las principales áreas que la integran se encuentran el Razonamiento Aproximado y los Métodos de Aproximación Funcional y de Optimización, incluyendo los de búsqueda, como se muestran en la Figura 2.

Soft-Computing

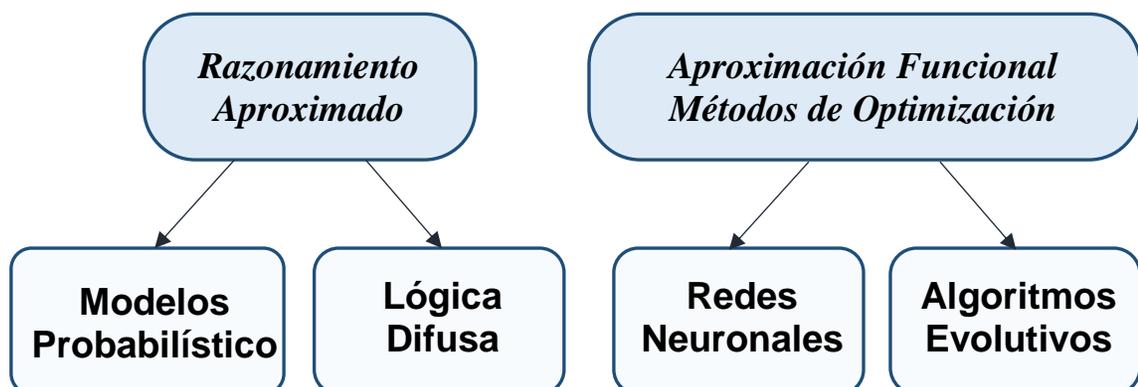


Figura 2. Principales áreas del Soft-Computing.

Cada una de estas áreas utilizan paradigmas diferentes para dar solución a problemas prácticos, donde:

- *Modelos probabilísticos*

Son modelos que permiten obtener una representación matemática que se deduce de conjuntos de datos con la finalidad de estudiar los resultados obtenidos de experimentos aleatorios y de esta forma predecir el comportamiento posterior.

- *La Lógica difusa*

El modelo empleado por la lógica difusa (Zadeh, 1965) permite resolver problemas donde la información a utilizar tiene un elevado grado de imprecisión o vaguedad. Este modelo realiza una extensión de los principios de los conjuntos tradicionales, donde los elementos pueden pertenecer o no a estos, y en su lugar, se asigna un determinado grado de pertenencia a los elementos del conjunto. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto.

Además, la teoría de la lógica difusa sienta las bases para el trabajo con términos lingüísticos, lo cual es de gran utilidad cuando se necesita describir el estado de un objeto, proceso o fenómeno para realizar un estudio en particular y de esta forma lograr una mejor comprensión semántica del estado de un problema dado (Zadeh, 1972), (Zadeh, 1975), (Yager, 1981), (Zadeh, 1983), (Zadeh, 1994), (Türksen, 2002), (Xu, 2006), (Dongrui y Mendel, 2007), (Mendel, 2007), (Martinez, Ruan, y Herrera, 2010).

- *Las Redes neuronales*

Las redes neuronales se fundamentan en la representación de modelos matemáticos que tienen como referente el comportamiento biológico de las neuronas del sistema nervioso de los animales y cómo se organizan para formar la estructura del cerebro (Haykin, 2008).

Las redes neuronales incorporan la capacidad de aprender a partir del entrenamiento con conjuntos de datos asociados a una problemática dada, lo cual da la posibilidad de realizar procesos de clasificación, detección y categorización para datos que no fueron utilizados durante el entrenamiento. El empleo de esta concepción de trabajo

ha permitido resolver una amplia variedad de tareas en diferentes contextos, por ejemplo, problemas de visión por computadora, reconocimiento de patrones, entre otras.

- *La computación evolutiva*

La computación evolutiva o algoritmos evolutivos utilizan un grupo de técnicas que se basan en los principios de la evolución natural de la teoría Neo-Darwiniana para resolver problemas computacionales (Friedberg, ,1958), (Goldberg, ,1989), (Duffy y Engle-Warnick, 2002).

Esta disciplina agrupa de forma general tres paradigmas principales, tales como:

- Programación Evolutiva.
- Estrategias Evolutivas.
- Algoritmos Genéticos.

Aunque es necesario destacar que los diferentes paradigmas tienen aspectos en común y otros que los diferencian.

Como se puede observar, son diversas las áreas que colaboran para abordar la solución de un problema mediante los fundamentos del Soft-Computing, sin embargo, se pueden incorporar otras áreas, por ejemplo, métodos de agregación de información, modelos para la toma de decisiones, entre otros.

Teniendo en cuenta las potencialidades que manifiesta el Soft-Computing y sus aplicaciones prácticas en diferentes áreas del contexto social, es factible valorar su aplicación en la evaluación de procesos empresariales.

Sobre la base de los elementos analizados anteriormente se puede identificar el siguiente **problema de la investigación**: ¿Cómo favorecer la evaluación de procesos empresariales a través de técnicas de Soft-Computing?

El problema planteado tiene como **objeto de estudio**: La evaluación de procesos empresariales.

Con la finalidad de encontrar una solución al problema identificado, se establece el siguiente **objetivo**: Desarrollar una herramienta informática que favorezca la evaluación de procesos empresariales a través de técnicas de Soft-Computing.

El objetivo planteado, se ubica en el siguiente **campo de acción**: Informatización de la evaluación de procesos empresariales con técnicas de Soft-Computing.

Para conducir la actividad de investigación se proponen las siguientes **preguntas científicas**:

- ¿Cuáles son los fundamentos teóricos que caracterizan los procesos empresariales?
- ¿Cuáles métodos, técnicas y/o herramientas que pueden ser utilizados en la evaluación de los procesos empresariales?
- ¿Qué técnicas de Soft-Computing pueden ser utilizadas en la evaluación de procesos?
- ¿Cómo organizar la evaluación de procesos empresariales mediante técnicas de Soft-Computing?
- ¿Cómo desarrollar una herramienta informática para la evaluación de procesos empresariales con técnicas de Soft-Computing?
- ¿Qué grado de pertinencia manifiesta la herramienta informática propuesta para la evaluación de procesos empresariales con técnicas de Soft-Computing?

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo de investigación propuesto, y de esta forma responder las diferentes interrogantes, se plantearon las siguientes **tareas científicas**:

1. Caracterizar los fundamentos teóricos de los procesos empresariales.
2. Identificar los métodos, técnicas y/o herramientas utilizados en la evaluación de procesos empresariales.
3. Caracterizar las técnicas de Soft-Computing que pueden ser utilizadas en la evaluación de procesos empresariales.

4. Identificar un método de la disciplina Soft-Computing que favorezca la evaluación de procesos empresariales.
5. Utilizar una metodología de desarrollo de software que facilite el diseño e implementación de la herramienta informática para la evaluación de procesos empresariales con técnicas de Soft-Computing.
6. Diseñar e implementar una herramienta informática para la evaluación de procesos empresariales con técnicas de Soft-Computing.
7. Valorar la pertinencia de la herramienta informática propuesta para la evaluación de procesos empresariales a través de la consulta a expertos.

Para apoyar el cumplimiento de las diferentes tareas de investigación planteadas se utilizaron varios **métodos de investigación**, tanto del nivel teórico, como empírico y estadístico:

Métodos teóricos:

Análisis y síntesis: se utiliza para el estudio de los fundamentos teóricos relacionados con los procesos empresariales y las técnicas para la evaluación de los mismos. Además, de su uso durante el proceso de diseño e implementación de la herramienta propuesta, para de esta forma descomponer en parte los diferentes elementos que lo forman y posteriormente lograr una integración coherente.

Histórico-lógico: posibilita una mejor comprensión de los elementos que caracterizan la estructura de los procesos empresariales y de esta forma identificar su posible forma de evaluación.

Modelación: se usa durante todo el proceso de desarrollo de la herramienta informática propuesta, desde la identificación de los diferentes requerimientos hasta su concreción en la implementación de la misma.

Inducción-Deducción: se emplea durante el proceso de análisis, diseño, y pruebas unitarias y de integración de la herramienta propuesta, para de esta forma lograr una implementación más eficiente de la misma.

Métodos empíricos:

Revisión de documentos: se utiliza para profundizar en los fundamentos sobre los procesos empresariales, su forma de evaluación y los posibles métodos de la disciplina Soft-Computing que pueden ser aplicados a procesos evaluativos, a través de la consulta de artículos y libros especializados.

Encuesta: se utiliza esencialmente durante el proceso de consulta a los expertos para que evalúen el grado de pertinencia de la herramienta informática propuesta.

Métodos estadísticos:

Se utilizan elementos de la estadística descriptiva y cálculos probabilísticos para procesar la información emitida por los expertos y de esta forma valorar el grado de pertinencia de la herramienta propuesta para la evaluación de procesos empresariales, a través de técnicas de Soft-Computing.

El documento estará estructurado de la forma siguiente:

En el Capítulo 1, se presentan los fundamentos teóricos relacionados con la evaluación de procesos empresariales, los cuadros de mando integral como herramientas de valoración de los resultados obtenidos en un entorno empresarial, los fundamentos relacionados con Soft-Computing, así como las tecnologías y herramientas para el desarrollo de aplicaciones informáticas.

En el Capítulo 2, se presentan los aspectos relacionados con la herramienta informática para la evaluación de procesos empresariales y la valoración de su pertinencia a partir de la consulta a especialistas.

Finalmente se presentan las conclusiones generales, recomendación y la bibliografía referenciada.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROCESOS EMPRESARIALES CON TÉCNICAS DE SOFTCOMPUTING

1.1 Introducción

En el presente capítulo se presentan los principales fundamentos teóricos relacionados con: los procesos empresariales, los cuadros de mando integral como herramientas de valoración y control de los resultados obtenidos en un entorno empresarial, los fundamentos relacionados con Soft-Computing como herramienta de aplicación práctica a problemas del entorno empresarial. Finalmente, se exponen algunas de las tecnologías y herramientas utilizadas en el desarrollo de aplicaciones informática.

1.2 Los procesos empresariales en las organizaciones

Para lograr la eficiencia en el entorno empresarial, primeramente, se requiere que las diferentes entidades identifiquen sus procesos, para incidir de forma positiva en los mismos, ya que en la medida que aumente la eficiencia de los procesos inherentes a las entidades, aumentará la eficiencia de ellas y podrán lograr sus metas con mayor calidad (Beltrán, J., et. Al., 2002).

Con la finalidad de lograr un buen desempeño de los procesos empresariales es necesario la aplicación de un conjunto de pasos para garantizar la mejora continua de los mismos. Este conjunto de pasos está presente en el ciclo de mejora continua de Deming o ciclo PDCA (del inglés Plan-Do-Check-Act) conformados por: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (ver Figura 3) (Beltrán, J., et. Al., 2002).

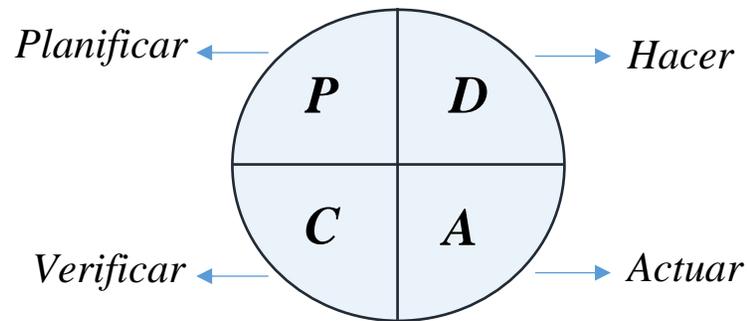


Figura 3. Conjunto de pasos del ciclo PDCA.

Como se puede observar, este ciclo (ver Figura 3), está orientado a garantizar la mejora continua de los procesos a través de cuatro pasos fundamentales, los que se describen a continuación (Beltrán, J., et. Al., 2002):

- Planificar: primeramente, se define el alcance u objetivo, y sobre la base de este, se planifican las diferentes acciones a realizar, las cuales se pueden descomponer en subetapas con el fin de comprender con mayor claridad el cómo lograr la meta propuesta.
- Hacer: se implementan o ejecutan las diferentes acciones planificadas.
- Verificar: se comprueba y/o evalúa el grado de cumplimiento de la implementación de las acciones definidas.
- Actuar: a partir de los resultados obtenidos en el paso de verificación, se establecen las diferentes correcciones y ajustes en función de estabilizar la ejecución del proceso, por lo que favorece la estandarización del mismo.

A partir de la sistematización de estos pasos, se puede lograr la mejora continua de los procesos, en esencia, se establece de una forma estructurada el control del proceso. También se debe resaltar que cada paso tiene funciones específicas, sin embargo, el paso de “Verificación” es el que establece las pautas para indicar qué se mantiene y qué debe ser modificado a partir de la evaluación que se realice del mismo.

Como se ha referido anteriormente, la verificación y/o control es de vital importancia para garantizar el mejoramiento continuo de los procesos, pues a partir del conocimiento sobre el estado que manifiestan, permite orientar a los directivos respecto a los posibles ajustes de la actividad productiva para alcanzar sus metas de forma exitosa.

Una de las herramientas muy utilizada para verificar el avance y cumplimiento de las metas en el entorno empresarial es el CMI, introducido por Kaplan y Norton (Kaplan y Norton, 1992), el cual se establece como una metodología de gestión sobre la base de la medición alineada con los objetivos de la estrategia definida por la organización.

El CMI como herramienta, ofrece todo un sistema de información dirigido a los miembros de la organización, que en correspondencia con sus responsabilidades pueden visualizar los resultados alcanzados en las diferentes áreas. Este sistema de información está conformado por 4 direcciones (Kaplan y Norton, 2001), como se observa en la siguiente figura (ver Figura 4).

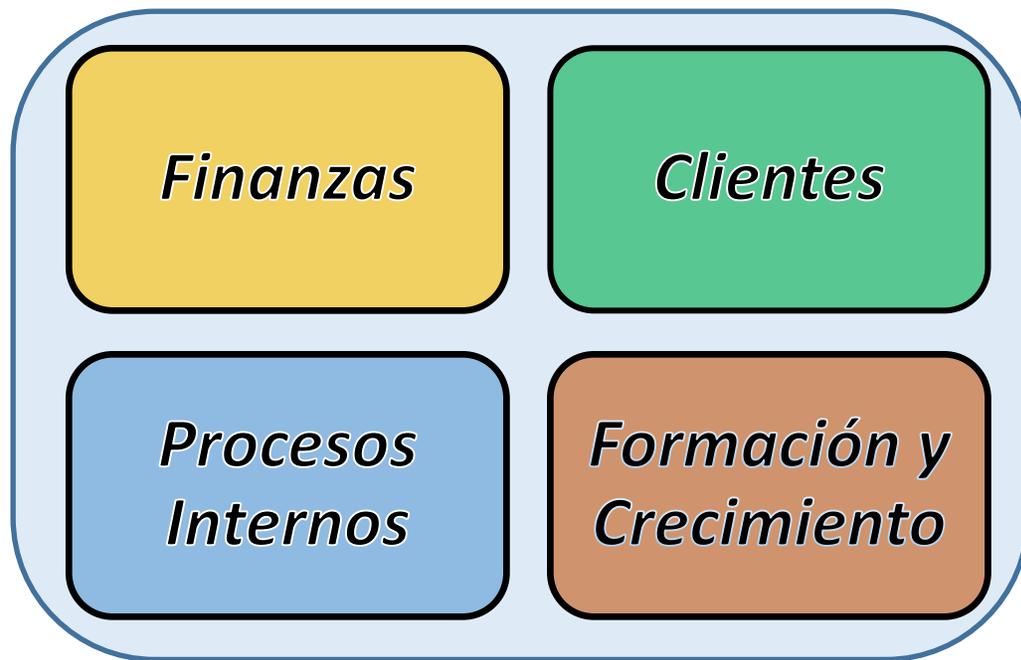


Figura 4. Principales direcciones de información del CMI.

Cada una de estas direcciones están referidas a:

- *Finanzas*: está referido a los indicadores financieros, por ejemplo, flujo de caja, ingresos por concepto de ventas, la rentabilidad de la actividad productiva, entre otros.

- *Clientes*: establece el nivel de relación de los clientes con la organización, donde se tiene en cuenta el grado de satisfacción, la permanencia y adquisición de clientes.
- *Procesos internos*: se refiere al conjunto de procesos que se deben identificar e implementar para lograr los objetivos estratégicos de la organización.
- *Formación y crecimiento*: se orienta al recurso fundamental, el capital humano, lo cual incluye desde sus competencias hasta el nivel de satisfacción y retención.

Esta herramienta (CMI) traza determinadas pautas para orientar la actividad evaluativa de los procesos; sin embargo, se hace necesario tener en cuenta los diferentes aspectos que lo forman, por lo que se requiere identificar los criterios con su correspondiente indicador para cada proceso, donde:

- El criterio, es el aspecto que se debe evaluar de un determinado proceso.
- El indicador, es la variable medible referente a un criterio.

Para ilustrar el trabajo con los criterios e indicadores, considérese el proceso relacionado con la actividad “Comercial”, entonces, entre los posibles criterios que lo deben formar para su medición, pueden ser, “Divulgación de los productos de la entidad a clientes potenciales” y “Establecer contratos de ventas”, (ver Tabla 1).

Tabla 1. Criterios e indicadores asociados al proceso de actividad “Comercial”.

Criterios	Indicadores
Divulgación de los productos de la entidad a clientes potenciales	Presentar los diferentes productos a más de 6 clientes potenciales durante el mes.
Establecer contratos de ventas	Obtener una contratación superior a un tercio de presentaciones de productos realizada a clientes potenciales durante el mes.

Por otra parte, es significativo destacar, que todo proceso de evaluación encierra en sí mismo un elevado grado de subjetividad, por ello es de vital importancia profundizar en las técnicas y métodos que faciliten esta actividad, por tanto, el ciclo PDCA y el CMI, se pueden fortalecer al incluir técnicas que faciliten el proceso evaluativo.

1.3 Fundamentos de Soft-Computing

Como ya se ha referido, Soft-Computing se ha convertido como una disciplina que integra diferentes áreas del saber para resolver problemas del entorno social. Entre estas áreas se pueden referir (Verdegay, et. al, 2008):

- Razonamiento Aproximado (Modelos Probabilísticos, Lógica Difusa).
- Aproximación Funcional / Métodos de Optimización (Redes Neuronales, Algoritmos, Evolutivos).

Sin embargo, el Soft-Computing no solo se enmarca en estas áreas, pues gradualmente ha incorporado otras temáticas con la finalidad de dar un mejor tratamiento a los problemas que intentan resolver, en este caso se pueden mencionar los métodos de agregación de información y los modelos para la toma de decisiones.

1.3.1 Métodos de Decisión Multicriterio

Los modelos para la toma de decisiones están dirigidos a resolver problemas donde se debe elegir la mejor opción de un conjunto dado, los cuales utilizan diferentes concepciones para seleccionar la mejor alternativa $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ a partir de la evaluación de cada una de ellas sobre la base de un conjunto de criterios $C_j, j = 1, 2, \dots, n$ previamente identificados, lo cual permite obtener una matriz de valoración o juicios M ; además se incorpora un vector de pesos w_j para indicar la importancia relativa de los criterios C_j . De forma general un modelo de decisión se organiza de la forma siguiente:

$$M = \begin{matrix} & & w_1 & w_2 & & w_n \\ & & C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ A_1 & \left(\begin{matrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \end{matrix} \right) \\ A_2 & \left(\begin{matrix} x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \end{matrix} \right) \\ \vdots & \left(\begin{matrix} \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{matrix} \right) \\ A_m & \left(\begin{matrix} x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

Luego, se hace necesario la aplicación de algún método que permita agregar la información obtenida. Al respecto se han desarrollado diferentes métodos y entre los mismos se pueden mencionar los Métodos de Decisión Multicriterio (del inglés Multi-Criteria Decision methods, MCDM). Los MCDM son herramientas de gran ayuda para los decisores, pues les permiten sintetizar gran cantidad de información expresada en diferentes magnitudes de medida y significados. En este caso, se hará referencia a los métodos que utilizan una concepción compensatoria (Keeney et al., 1976).

Por otra parte, es importante señalar que estos MCDM compensatorios implementan diferentes concepciones para resolver estos problemas de decisión, por ejemplo, utilizan:

- Una función de utilidad para la agregación de información, en este caso se encuentra el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, T.L., 1980), el Proceso Analítico en Red (ANP) (Saaty, 1999), el método SMART (Edwards y Barron, 1994), entre otros.
- Una relación de sobre-clasificación entre alternativas, por ejemplo: los métodos ELECTRE (ELimination and Choice Expressing REality) (Roy, B., 1968) y PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) (Brans, Vincke, y Mareschal, 1986).
- La determinación de la solución ideal para conducir la agregación de información, por ejemplo: el método TOPSIS (the Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), desarrollado por K. Yoon (Yoon, K., 1980), el método VIKOR (vlsekriterijumska optimizacija i kompromisno resenje in serbian), desarrollado por S. Opricovic (Opricovic, S., 1998), y el método RIM (the Reference Ideal Method), desarrollado por Cables, Lamata y Verdegay (Cables, et al., 2016).
- Otras concepciones, por ejemplo: el método ZAPROS (Larichev y Moshkovich, 1991), el método lexicográfico (Fishburn, P.C., 1973), entre otros.

También, por el elevado grado de imprecisión y vaguedad que se manifiesta en la información utilizada en muchos problemas de decisión, diferentes MCDM se han extendido o combinados tal que, operen con información difusa (Abbas Mardani, Ahmad Jusoh, Edmundas Kazimieras Zavadskas, 2015).

1.3.2 Métodos de agregación de información

En principio, los MCDM se fundamentan en los métodos de agregación para obtener un valor numérico que ayudará al proceso de toma de decisiones. Estos métodos de agregación de información no son más que la combinación de procedimientos matemáticos para aunar un grupo de valores obtenidos de diferentes criterios y así obtener un único conjunto resultante (Maurtua Ollaguez, 2006), (Arredondo Vidal, 2007). Por tanto, estos métodos tienen una aplicación directa en cualquier proceso que requiera integrar de forma coherente un conjunto de información.

Estos métodos son muy utilizados en diferentes áreas, tales como:

- En el desarrollo de sistemas inteligentes (Sung-Bae Cho, 1995).
- En el trabajo con redes neuronales artificiales (Yager, R.R., 1992), (Sung-Bae Cho, 1995).
- Los controladores difusos (Yager, R.R., 1991), (Yager R.R., (1992).
- Los sistemas expertos, métodos de análisis multi-criterio, entre otros.

Por otra parte, son diferentes los métodos de agregación de información utilizados para un análisis multicriterio, entre los que se pueden citar, la suma ponderada, la media de pesos ordenados (OWA), distancia absoluta y relativa de Hamming, distancia Euclidiana, etc.

1.3.3 Vectores de Pesos

Como se ha expresado anteriormente los métodos de agregación de información son utilizados en diferentes aplicaciones. Todo ello, ha motivado a varios investigadores a estudiar dichos métodos y realizar nuevas propuestas.

Particularmente, Yager (Yager R.R., 1988) propone una familia de operadores de agregación, la cual fue denominada Operador de Pesos Promedio (OWA, del inglés "Orderd Weigthed Averaging"), basando su principio en el promedio de pesos ordenados, y su variación se encuentra entre el operador máximo y mínimo. Este operador se define de la forma siguiente (Yager R.R., 1988).

Definición: Un operador OWA de dimensión n está dado por una relación $F : R^n \rightarrow R$, que tiene asociado un vector de peso $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, que debe cumplir las propiedades siguientes:

- $\sum_{i=1}^n w_i = 1$
- $w_i \in [0,1]$

$f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot b_i$, donde b_i es el i -ésimo elemento de la colección a_i .

Como se puede observar, este operador incorpora un vector de pesos para indicar la importancia relativa de los elementos de la colección, lo cual es un aspecto de gran importancia para MCDM, pues permite establecer cuán importante es un criterio respecto a otro, incidiendo de forma directa en el proceso de agregación de información.

Además, la teoría relacionada con el operador OWA incorpora algunas propiedades tales como:

- El Orness, $\alpha(W) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((n-i)w_i)$.
- El Andness, $andness(W) = 1 - \alpha(W)$.
- La Entropía o dispersión $Disp(W) = -\sum_{i=1}^n w_i \ln(w_i)$.

Todas estas propiedades están asociadas de forma directa con el vector de pesos W ; y son de gran utilidad para estudiar y/o modelar determinadas características de este vector e indicar la importancia relativa entre los criterios que intervienen en un proceso de toma de decisiones.

Lo anteriormente expresado, ha motivado a varios investigadores para desarrollar diferentes métodos y obtener de esta forma, el vector de pesos asociado al operador OWA; para ello se han utilizado diferentes concepciones, tales como:

- Modelos de programación matemática.

Plantean una función objetivo y establecen determinados requisitos a satisfacer, que están en función de determinadas propiedades del operador OWA, tales como: el Orness, el Andness y la Entropía (O'Hagan, M., 1987 y 1988).

- El uso de cuantificadores.

Sobre la base de los conjuntos difusos, Zadeh (Zadeh, L.A., 1983) propone las clases de cuantificadores lingüísticos absolutos y relativos, lo cual permite el trabajo con términos tales como: por lo menos, algunos, pocos, etc, y los mismos se utilizan como base para la obtención del vector de pesos.

- Fórmulas analíticas.

Esta concepción utiliza fórmulas analíticas para determinar el vector de pesos. Las mismas son muy fáciles de utilizar pues solo se requiere identificar la cantidad de criterios y efectuar el cálculo correspondiente. En este caso existe una gran variedad de fórmula (Yager, R.R. y Filev, D.P., 1994 y 1998), (Xu, Z.S., 2004), (Ahn, B.S., 2006), (Lamata, M.T. y Cables, E., 2009).

- El uso de operadores OWA equidiferente.

Este tipo de operador está referido a los vectores de pesos que cumplen la propiedad de tener una distancia común entre sus respectivos pesos adyacente (Liu, X., 2006).

- La prioridad entre los criterios.

En este caso se parte de una colección de criterios $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ y establecen un orden de prioridad entre los diferentes criterios sin perder la generalidad, donde el criterio c_i tiene una mayor prioridad que el criterio c_k , si se cumple que $i < k$.

Además, para cualquier alternativa x se cumple que $c_i(x) \in [0, 1]$, lo cual permite obtener un vector de pesos para los criterios que depende de la valoración de cada alternativa (Yager, R.R., 2008 y 2009).

Es necesario destacar que existen otras concepciones para la determinación del vector de pesos, y que la gran diversidad de métodos depende de las condiciones establecidas

para enfocar la solución del problema, y de esta forma indicar la importancia relativa de los criterios.

1.3.4 Descripción del método RIM

Al valorar los diferentes MCDM referidos anteriormente, se llegó a la conclusión que el más factible para ser utilizado en la evaluación de procesos empresariales es el método RIM por la concepción utilizada, además de cumplir la propiedad del rango inverso (Cables, et al., 2016). Por lo antes expresado, a continuación, se describe el método RIM.

Igual que otros métodos de análisis multicriterio, en el método RIM (Cables, et al., 2016) los criterios constituyen el punto de referencia para valorar las cualidades de cada alternativa, proceso o actividad en general. Sin embargo, estos criterios no tienen asociados los mismos dominios y en el caso de que sean los mismos dominios, no necesariamente tienen que tener el mismo rango de trabajo. Por tal motivo, se requiere realizar la normalización de las valoraciones emitidas para cada criterio.

La normalización de la matriz de valoración se puede realizar de diferentes formas, sin embargo, en este caso se utiliza la normalización en función del Ideal de Referencia.

1.3.4.1 Normalización RIM

Para realizar el proceso de normalización en función de RIM, primero es necesario tener presente que cada criterio tiene asociado un dominio D perteneciente a un universo de discurso y se requieren identificar conceptos, tales como:

- *Rango*: es cualquier intervalo, conjunto de etiquetas o conjunto de valores simples que pertenecen a un dominio D .
- *Ideal de Referencia*: es un intervalo, un conjunto de etiquetas, etiquetas o valores simples, que representa la máxima importancia o relevancia en un Rango dado.

Sobre la base de los conceptos antes referidos, es posible plantear que el ideal de referencia está contenido en el rango, y puede variar entre los extremos del intervalo. Luego, el ideal de referencia puede ser cualquier conjunto entre el valor mínimo y el valor máximo; o un dato simple.

A partir de las condiciones establecidas, se necesita conocer la distancia al ideal de referencia, en este caso se utiliza la expresión siguiente:

$$d_{\min}(x, [C, D]) = \min(|x - C|, |x - D|) \quad (1)$$

donde, x es la valoración para un criterio dado y el intervalo $[C, D]$ es el ideal de referencia.

Luego, para efectuar la normalización se opera sobre la base del rango y el ideal de referencia, mediante la función siguiente:

$$f : x \oplus [A, B] \oplus [C, D] \rightarrow [0, 1]$$

$$f(x, [A, B], [C, D]) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in [C, D] \\ 1 - \frac{d_{\min}(x, [C, D])}{|A - C|} & \text{si } x \in [A, C] \wedge A \neq C \\ 1 - \frac{d_{\min}(x, [C, D])}{|D - B|} & \text{si } x \in [D, B] \wedge D \neq B \end{cases} \quad (2)$$

Tal que:

- $[A, B]$ es el rango, y pertenece a un universo de discurso.
- $[C, D]$ representa el ideal de referencia.
- Además, se cumple que $x \in [A, B]$ y $[C, D] \subseteq [A, B]$.

La función f permite obtener un valor perteneciente al intervalo unitario, lo cual significa que si el valor obtenido es igual a 1 entonces se corresponde con el ideal de referencia definido y cuanto más distante esté del valor 1 más se aleja de esta solución, independientemente de las variables de entrada.

1.3.4.2 Descripción del algoritmo RIM

El método RIM como herramienta para apoyar la toma de decisiones se organiza de la forma siguiente:

Paso 1. Definición del contexto de trabajo.

A partir de este momento se establecen las condiciones del contexto de trabajo, y para cada criterio C_j se definen los aspectos siguientes:

- El rango t_j , antes definido.
- Ideal de referencia s_j . El ideal de referencia puede ser cualquier conjunto entre el valor mínimo y el valor máximo.
- El peso w_j asociado al criterio, representa la importancia relativa de cada criterio.

Paso 2. Conformar la matriz de valoración X , en correspondencia con los criterios definidos.

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

Paso 3. Normalización de la matriz de valoración X en función del ideal de referencia.

$$Y = \begin{pmatrix} f(x_{11}, t_1, s_1) & f(x_{12}, t_2, s_2) & \cdots & f(x_{1n}, t_n, s_n) \\ f(x_{21}, t_1, s_1) & f(x_{22}, t_2, s_2) & \cdots & f(x_{2n}, t_n, s_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(x_{m1}, t_1, s_1) & f(x_{m2}, t_2, s_2) & \cdots & f(x_{mn}, t_n, s_n) \end{pmatrix}$$

Donde, f es la función antes definida (expresión #2).

Paso 4. Calcular la matriz normalizada ponderada Y' , a través de:

$$Y' = Y \otimes W = \begin{pmatrix} y_{11} \cdot w_1 & y_{12} \cdot w_2 & \cdots & y_{1n} \cdot w_n \\ y_{21} \cdot w_1 & y_{22} \cdot w_2 & \cdots & y_{2n} \cdot w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} \cdot w_1 & y_{m2} \cdot w_2 & \cdots & y_{mn} \cdot w_n \end{pmatrix}$$

Paso 5. Calcular la variación al ideal de referencia de las alternativas.

$$I_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y'_{ij} - w_j)^2}, I_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y'_j)^2}$$

Donde $i=1,2,\dots,m$, $j=1,2,\dots,n$

Paso 6. Calcular el índice relativo al ideal de referencia, a través de la expresión:

$$R_i = \frac{I_i^-}{I_i^- + I_i^+} \text{ donde: } 0 \leq R \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Como se puede observar, este método permite realizar la agregación de información a partir de un ideal de referencia, por tanto, el valor R mientras más próximo al valor 1 se acerca a la solución ideal.

1.4 Tecnologías y herramientas para el desarrollo de aplicaciones informática

En el contexto de la informática se ha sistematizado el uso de un grupo de herramientas y tecnologías para apoyar y facilitar el proceso de desarrollo de software, con la finalidad de agilizar el trabajo de las diferentes etapas con la calidad requerida y de esta forma obtener un producto de calidad en correspondencia con las demandas iniciales.

1.5 Metodologías de desarrollo de software

Las Metodologías de Desarrollo de Software surgen debido a la necesidad de emplear una serie de procedimientos y técnicas a la hora de desarrollar un producto de software (ver Figura 5). Estas han sido creadas con el propósito de brindarle una guía al desarrollador a la hora de crear un nuevo software o modificar uno existente (EcuRed. ICONIX, 4 de enero de 2018).



Figura 5. Proceso de desarrollo de software.

Para la elaboración de un software, la selección de la metodología a utilizar es el cimiento del éxito del producto final, donde cada paso, etapa, proceso o actividad es trascendental. Debido a las necesidades, exigencias y requerimientos de los usuarios el proceso de desarrollo de software se vuelve día a día más complejo (ver Figura 6).

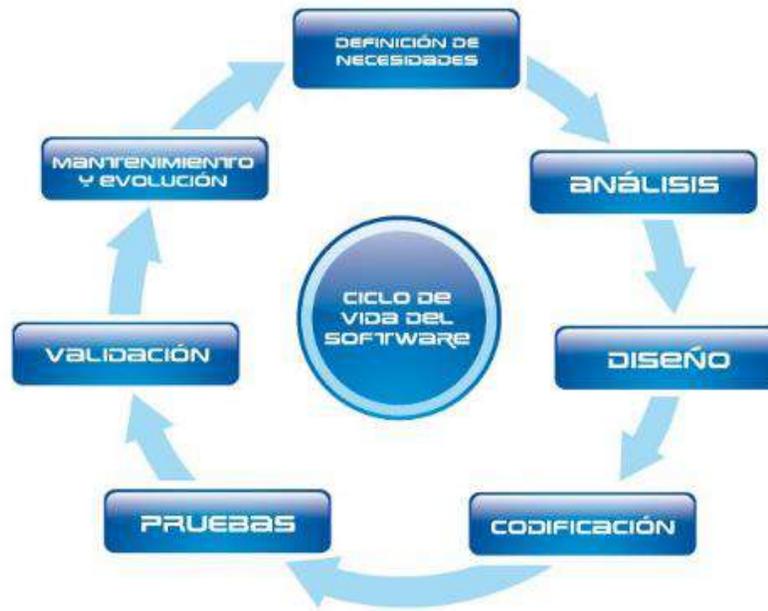


Figura 6. Ciclo de vida de un software.

El no hacer uso de una metodología en el proceso de construcción del software puede traer consigo una planificación irreal, mala calidad del producto, cambios no controlados y entrega de proyectos excesivamente tarde (Jacobson, 2000).

Debido a que no todos los sistemas que se desarrollan tienen la misma complejidad existen una gran variedad de metodologías para la creación de los mismos. Las metodologías de desarrollo de software han evolucionado, desde la forma de "code and fix" (codificar y después arreglar), en la que un equipo de desarrollo tiene la idea general de lo que quiere desarrollar, pasando a metodologías formales (RUP, Proceso Unificado de Desarrollo de Software, Metodología ágil de programación extrema (XP), ICONIX, entre otras) en las que existe una planeación detallada del desarrollo, desde la elicitación, documentación, requerimientos, diseño de alto nivel y la inspección (Vanfosson, 2006).

Luego de haber realizado una revisión de las metodologías de desarrollo de software antes mencionadas, analizar sus características y ventajas que brinda, se seleccionó para el desarrollo de este proyecto la metodología ICONIX, pues es la que más se ajusta a las necesidades de desarrollo y documentación del sistema a elaborar.

1.6 Metodología ICONIX.

ICONIX es una metodología pesada-ligera de Desarrollo del Software que se encuentra entre RUP (Rational Unified Process) y XP (eXtreme Programming), es una metodología simplificada en comparación a otras más tradicionales, la cual unifica un conjunto de métodos de orientación a objetos con el objetivo de tener un control estricto sobre todo el ciclo de vida del producto a realizar, cuenta con una secuencia de pasos que se deben seguir y determina claramente las actividades a desarrollar en cada etapa del ciclo de vida del proyecto que la utilice (EcuRed. ICONIX, 4 de enero de 2018).

ICONIX se divide en dos flujos de trabajo: uno dinámico y otro estático que son altamente iterativos (ver Figura 7).

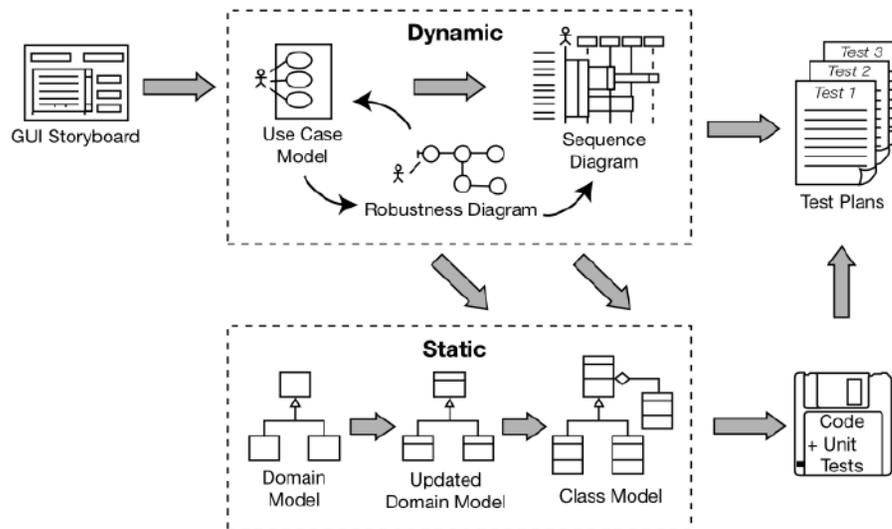


Figura 7. Flujos de trabajo de ICONIX.

Fuente: Libro "Use Case Driven Object Modeling with UML"

Las principales etapas que establece ICONIX para el desarrollo de un software son (Rosenberg, Doug and Stephens, Matt, 2007):

- 1) Análisis de los Requerimientos.
- 2) Análisis y Diseño Preliminar.
- 3) Diseño.
- 4) Implementación.

1.7 Lenguajes de programación

Java es un lenguaje de programación con el que se puede realizar cualquier tipo de programa. En la actualidad es un lenguaje muy extendido y cada vez cobra más importancia tanto en el ámbito de Internet como en la informática en general. Está desarrollado por la compañía Sun Microsystems con gran dedicación y siempre enfocado a cubrir las necesidades tecnológicas de la actualidad.

El lenguaje Java se creó con cinco objetivos principales (Abraham Otero, 2003):

- 1) Usar la metodología de la programación orientada a objetos.
- 2) Permitir la ejecución de un mismo programa en múltiples sistemas operativos.
- 3) Incluir por defecto soporte para trabajo en red.
- 4) Ejecutar códigos en sistemas remotos de forma segura.
- 5) Fácil de usar y tomar lo mejor de otros lenguajes orientados a objetos, como C++.

1.8 Entorno de desarrollo integrado Netbeans

En la actualidad existen varios entornos de desarrollo integrado (del inglés Integrated Development Environment (IDE)) para Java, tales como: JBuilder, NetBeans, Eclipse, Oracle JDeveloper, Visual J++, JavaStudio, entre otros.

Después del estudio realizado y los IDE antes mencionados, se seleccionó para el desarrollo de este proyecto el IDE NetBeans, pues es el que se ajusta a las necesidades de desarrollo del sistema a elaborar.

Netbeans es un IDE de software libre creado para el lenguaje de programación Java, donde es posible realizar todas las tareas asociadas a la programación (Editar el código, compilar, ejecutar, depurar). Las aplicaciones se pueden construir a través de módulos, los cuales pueden ser desarrollados de forma independiente, lo que permite que las aplicaciones sean extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software.

Entre sus principales características se encuentran (EcuRed. Netbeans, 10 de enero de 2018):

- Administración de las interfaces de usuario (menús, barras de herramientas, etc.).

- Administración de las configuraciones del usuario.
- Administración del almacenamiento (guardando y cargando cualquier tipo de dato).
- Administración de ventanas.
- Marcos de trabajos basados en asistentes (diálogos pasos a paso).

1.8.1 Lenguajes de programación empleados en aplicaciones Web.

Los gestores de Bases de Datos por sí solo no resuelven todas las problemáticas de los usuarios, por lo que se requieren de aplicaciones que manipulen y gestionen los datos con interfaces lo más amigables posible con los usuarios. Para lograr este objetivo es necesario el empleo de lenguajes de programación.

El lenguaje del lado servidor es reconocido, interpretado y ejecutado por el propio servidor, se implementa la lógica de negocio del mismo y se encarga del acceso a las Bases de Datos. Al cliente se le envía un formato comprensible para él. Los más importantes por el auge que tienen son, ASP, PHP, Java y JSP.

1.8.2 Java Server Pages (JSP)

Es una tecnología orientada a la creación de páginas Web con lenguaje de programación Java. JSP se conoce como Páginas de Servidor Java y se pueden crear aplicaciones Web que mezclen HTML estático con HTML dinámico.

Una página JSP es un archivo de texto simple que consiste en contenido HTML o XML con elementos JSP. Cuando un cliente pide una página JSP del sitio Web y no se ha ejecutado antes, la página es inicialmente pasada al motor de JSP, el cual compila la página convirtiéndola en Servlet, la ejecuta y devuelve el contenido de los resultados al cliente (García M. A. Tutorial de Java Server Pages. 2017).

Como Java es un lenguaje de programación multiplataforma, JSP lo es también, por tanto, las aplicaciones diseñadas con esta tecnología pueden ser ejecutadas en diferentes servidores Web; por ello, las páginas JSP se pueden crear con un editor HTML/XML estándar (Álvarez, M. Qué es JSP. 2017).

1.8.3 Arquitectura Cliente-Servidor.

La arquitectura cliente-servidor (ver Figura 8) es un modelo de diseño de software en el que las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios, llamados servidores, y los demandantes, llamados clientes. Un cliente realiza peticiones a otro programa, el servidor, quien le da respuesta. Esta idea también se puede aplicar a programas que se ejecutan sobre una sola computadora, aunque es más ventajosa en un sistema operativo multiusuario distribuido a través de una red de computadoras.

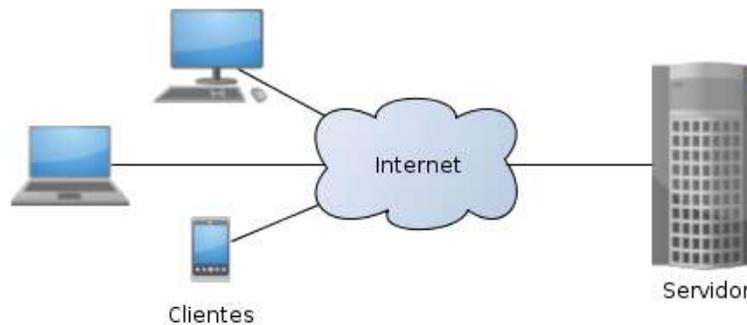


Figura 8. Arquitectura Cliente-Servidor.

IBM define al modelo Cliente/Servidor: como la tecnología que proporciona al usuario final el acceso transparente a las aplicaciones, datos, servicios de cómputo o cualquier otro recurso del grupo de trabajo y/o, a través de la organización, en múltiples plataformas. El modelo soporta un medio ambiente distribuido en el cual los requerimientos de servicio hechos por estaciones de trabajo inteligentes o "clientes", resultan en un trabajo realizado por otros computadores llamados servidores (IBM. Modelo Cliente/Servidor. 2018).

1.8.4 Gestores de bases de datos

Para almacenar grandes volúmenes de información es muy cómodo utilizar gestores de Base de Datos, pues están diseñados para gestionar grandes volúmenes de información. Gracias a las ventajas que brindan se logra un mejor trabajo y una excelente organización, facilitando y simplificando el acceso a los datos, además de reducir el tiempo de respuesta a la hora de realizar una solicitud en específico. Por el auge que han

tenido en la actualidad se encuentran diferentes Gestores de Base de Datos, entre los que se pueden citar: SQL, MySQL, Oracle, Postgre, entre otros.

El gestor de base de datos que se utilizará para el desarrollo de la herramienta propuesta, es el PosgreSQL, por ser uno de los más populares en la actualidad, de código abierto y clasificado como software libre.

PostgreSQL es un sistema de gestión de base de datos relacional orientada a objetos, que entre sus principales características se pueden referir: la alta concurrencia, la amplia variedad de tipos nativos, y multiplataforma, soportado por Windows, Linux, FreeBSD, y MacOS X (Vasudevan, 2001).

1.9 Conclusiones del capítulo

La identificación de los procesos empresariales es de gran importancia para las organizaciones y el uso sistemático del ciclo PDCA, garantiza la mejora continua para la estandarización de los procesos. Sin embargo, existen teorías y recursos asociados al Soft-Computing que pueden facilitar la evaluación de los procesos como son los MCDM y particularmente, el método RIM.

Además, de un conjunto de herramientas de software, que facilitan la implementación de una aplicación de manera rápida, que en este caso se seleccionaron:

- El lenguaje de programación Java.
- El entorno de desarrollo Netbeans.
- El gestor de base de datos Postgres SQL.
- Como metodología de desarrollo de software la ICONIX.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE PROCESOS EMPRESARIALES CON TÉCNICAS DE SOFT-COMPUTING

2 Introducción

En este capítulo se presenta la formulación Matemática para realizar la evaluación de los procesos empresariales. Asimismo, se describen los principales elementos del proceso de desarrollo de la herramienta de software que implementa el modelo matemático. Finalmente, se valora la pertinencia de la propuesta realizada a través de la consulta a especialistas.

2.1 Propuesta para la evaluación de procesos empresariales sobre la base del Ideal de Referencia.

El método RIM tiene como concepción identificar el ideal de referencia (solución ideal u óptima) para cada criterio utilizado en la valoración de las diferentes alternativas, lo cual permite que sea evaluada una o varias alternativas. Teniendo en cuenta esta concepción del referido método (RIM) se propone la reformulación del mismo, tal que pueda ser aplicado a la evaluación de procesos empresariales.

Primeramente, se debe considerar que un proceso empresarial no es más que una alternativa, por lo tanto, en vez de trabajar con una matriz de valoración o juicio, se opera con un vector de valoración. Por otra parte, el método RIM utiliza una función de normalización (expresión #2) para garantizar que la valoración de los diferentes criterios sea transformada a una misma escala.

La función de normalización utilizada (expresión #2), está diseñada para operar con valores numéricos (discretos o continuos); sin embargo, en un entorno empresarial puede suceder que alguno de los criterios requiera ser valorado con términos lingüísticos. Para resolver esta situación se propone utilizar criterios de tipo ordinal tal que, sus valores

asociados sean valores crisp; para este caso, a cada etiqueta lingüística se le asocia un valor numérico, por ejemplo: (Bueno,1), (Regular,2) y (Mal,3).

2.1.1 Tratamiento de criterios ordinales

Los criterios de tipo ordinal pueden tener asociado un conjunto de etiquetas lingüísticas, las cuales tienen un orden entre las mismas, en correspondencia con la cualidad que describen. Para operar con este tipo de criterios, primero se requiere transformar el conjunto de etiquetas lingüísticas en su respectivo valor numérico; para ello, se pueden utilizar diferentes métodos:

- Asociar a cada etiqueta lingüística según su orden en el conjunto, un valor numérico iniciando desde cero (0) y va creciendo gradualmente con valor uno (1) hasta la última etiqueta.
- Transformación de etiquetas lingüísticas a números difusos (Cables, 2011).

En este caso, se considera no utilizar ninguna de las variantes anteriores, pues la primera, es una forma muy básica para el tratamiento de valores crisp y la segunda variante, implicaría transformar la función de normalización utilizada en el método RIM (expresión #2); por tanto, se considera utilizar otra variante.

Para asignar un valor numérico a cada etiqueta lingüística, se propone iniciar con un valor numérico que represente el grado de densidad asociado a cada etiqueta, lo cual permitirá ampliar o disminuir la separación entre cada valor numérico asociado a las etiquetas contiguas. A partir de lo antes expresado, se propone la definición #1.

Definición #1: El grado de densidad de una etiqueta lingüística es la magnitud numérica que refleja el nivel de separación entre etiquetas lingüísticas ordenadas.

Este grado de densidad constituye el valor numérico de partida para determinar el valor asociado a cada etiqueta lingüística y para ello se utilizará la definición #2.

Definición #2: Sea un conjunto ordenado de etiquetas lingüísticas $L = \{l_0, l_1, \dots, l_h\}$ y su correspondiente conjunto de grado de densidad $D = \{d_0, d_1, \dots, d_h\}$, donde $h > 0$ y

$d_k \in \mathfrak{R}^+$, entonces el valor asociado a cada etiqueta lingüística se obtiene a través de la función:

$$\begin{aligned} \theta: L \otimes D &\rightarrow L \otimes \mathfrak{R}^+ \\ \theta(l_k, d_k) &= (l_k, b_k) \end{aligned} \quad (3)$$

Donde:

- $k = 0, 1, \dots, h$
- $b_k = \begin{cases} \frac{d_k}{2} & \text{si } k = 0 \\ \frac{d_k + 2 \sum_{i=0}^{k-1} d_i}{2} & \text{si } k \neq 0 \end{cases}$

Ejemplo #1. Sea el conjunto de etiquetas lingüísticas $L = \{Mal, Regular, Bien, Muy Bien\}$ y su respectivo conjunto de grado de densidad $D = \{5, 10, 20, 5\}$. El valor numérico asociado a cada etiqueta lingüística se obtiene a través de la expresión #3 (ver Tabla 2).

Tabla 2. Valores numéricos asociados a las etiquetas lingüísticas.

Etiquetas lingüísticas	Grado de densidad	Valor numérico de las etiquetas
Mal	5	2.5
Regular	10	10
Bien	20	25
Muy Bien	5	37.5

El conjunto de valores *crisp* obtenido es:

$$\{(Mal, 2.5), (Regular, 10), (Bien, 25), (Muy Bien, 37.5)\}.$$

El objetivo de esta concepción de trabajo es garantizar que el valor asociado a cada etiqueta sea el valor medio en correspondencia de su grado de densidad, ubicándose uno a continuación del otro, pues el conjunto de etiquetas tiene un orden específico.

Al representar en un rayo numérico las etiquetas, los grados de densidades y los valores asociados correspondientes, se puede observar de forma más clara la relación entre los mismos (ver Figura 9).

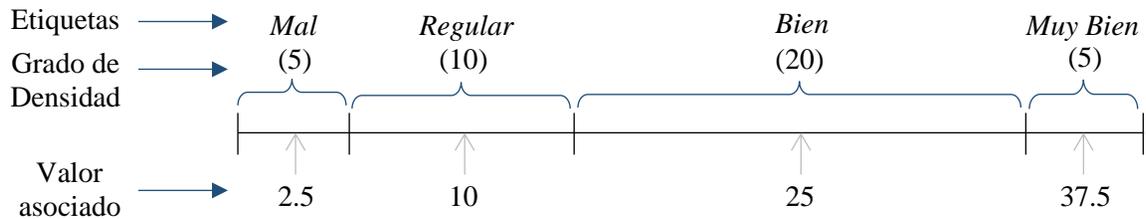


Figura 9. Representación en un rayo numérico las etiquetas, grados de densidad y valor asociado.

Esta forma de asignar un valor numérico a las etiquetas lingüísticas, garantiza que la distancia entre etiquetas contiguas no sea constante, lo cual incide de forma directa en un proceso de agregación de información referente al trabajo con la distancia que existe entre las etiquetas.

Luego, al tener asociado un valor numérico a cada etiqueta lingüística, es posible utilizar la función de normalización planteada en el método RIM (expresión #2) y por ende en la métrica propuesta para la evaluación de procesos.

2.1.2 Descripción de la métrica propuesta para la evaluación de procesos

Después de garantizar las condiciones para que la función de normalización (expresión #2) pueda operar con términos lingüístico, es posible describir la métrica para evaluar los procesos empresariales; algoritmo que se describe a continuación:

Paso 1. Definición del contexto de trabajo.

En este paso se establecen las condiciones del contexto de trabajo, y para cada criterio c_i se definen los aspectos siguientes:

- El rango de trabajo t_i (definido anteriormente).
- El Ideal de referencia s_i . Este puede ser cualquier conjunto entre el valor mínimo y el valor máximo, además de pertenecer a su respectivo rango de trabajo.

- El peso w_i asociado al criterio, representa la importancia relativa de cada criterio y se cumple que la $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Paso 2. Conformar el vector de valoración X , en correspondencia con los criterios definidos.

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Paso 3. Normalización del vector de valoración X en función del ideal de referencia.

$$Y = (f(x_1, t_1, s_1), f(x_2, t_2, s_2), \dots, f(x_n, t_n, s_n))$$

Donde, f es la función antes definida.

Paso 4. Calcular el vector normalizado ponderado Y' , a través de:

$$Y' = Y \otimes W = (y_1 \cdot w_1, y_2 \cdot w_2, \dots, y_n \cdot w_n)$$

Paso 5. Calcular la variación al ideal de referencia.

$$I^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y'_i - w_i)^2}, I^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y'_i)^2}$$

Donde $i = 1, 2, \dots, m$

A partir de las fórmulas expresadas en este paso, el vector que representa el ideal de referencia será el vector $(1, 1, \dots, 1)$ y como se tendría que ponderar resulta que el ideal de referencia se corresponde con el vector de pesos W .

Paso 6. Calcular el índice relativo al ideal de referencia, a través de la expresión:

$$R = \frac{I^-}{I^- + I^+} \text{ donde: } 0 \leq R \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Este método permite realizar la agregación de información a partir de un ideal de referencia, por tanto, cuando el índice relativo R se encuentra próximo al valor 1 entonces se acerca a la solución ideal.

Como se puede observar en el paso # 3, se requiere de una función de normalización, lo cual garantiza que todos los valores del vector de valoración se transformen a una misma

escala. En este caso se utilizará la función de normalización (2) propuesta por Cables, et al (Cables, et. al. 2016).

2.1.3 Estructura organizativa de los criterios para aplicar la métrica propuesta

En el epígrafe anterior (2.1.2), la métrica propuesta obtiene un valor de agregación a partir de la evaluación de los diferentes criterios c_i y su influencia con su importancia relativa (pesos w_i) (ver Figura 10).

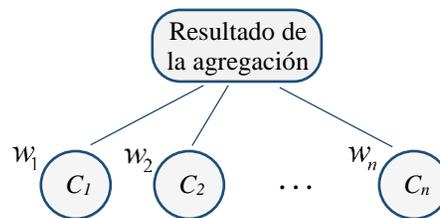


Figura 10. Organización del proceso de agregación de la métrica propuesta.

Sin embargo, en diversas situaciones prácticas puede ser de utilidad que la estructura organizativa de los criterios tenga una forma jerárquica, pues ayudaría a descomponer gradualmente por niveles la forma de agrupar los diferentes criterios a utilizar en la evaluación de procesos empresariales. Teniendo en cuenta esta situación, se propone utilizar la misma, donde el nodo raíz del árbol constituye el “Resultado de la agregación de información”, las hojas del árbol se denominarán “Criterios Evaluados”, los cuales serán evaluados por los usuarios, y los nodos intermedios se nombrarán “Criterios Resumen”, pues agrupan la información de sus nodos hijos (ver Figura 11).

Como se puede observar en la Figura 10, la métrica propuesta utiliza pesos w_i asociados a cada criterio c_i para indicar su importancia relativa; sin embargo, al cambiar la estructura organizativa de los criterios, también se requiere indicar la importancia relativa para todos los criterios que intervienen en el proceso de evaluación, además, se debe cumplir para todos los nodos hijos de un mismo padre, que la suma de los pesos es igual a uno (1) (ver Figura 12).

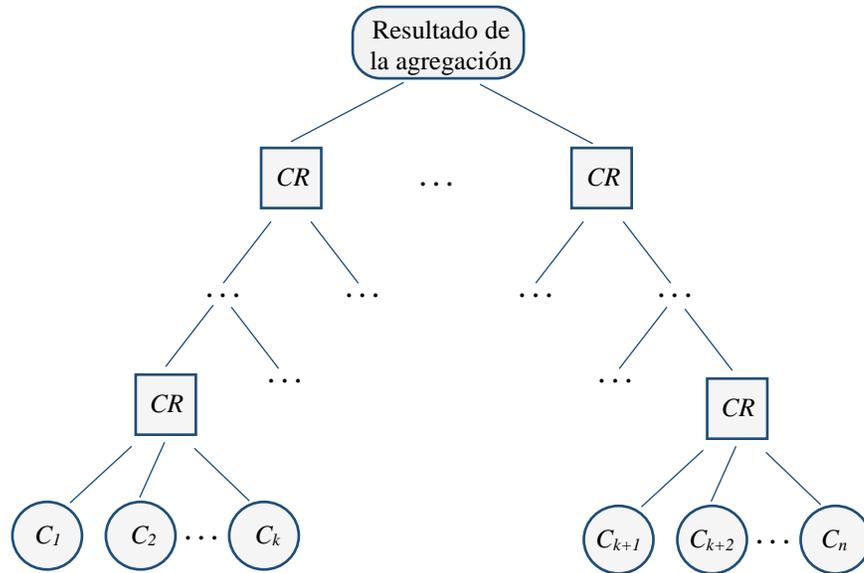


Figura 11. Organización de los criterios para el proceso de agregación.

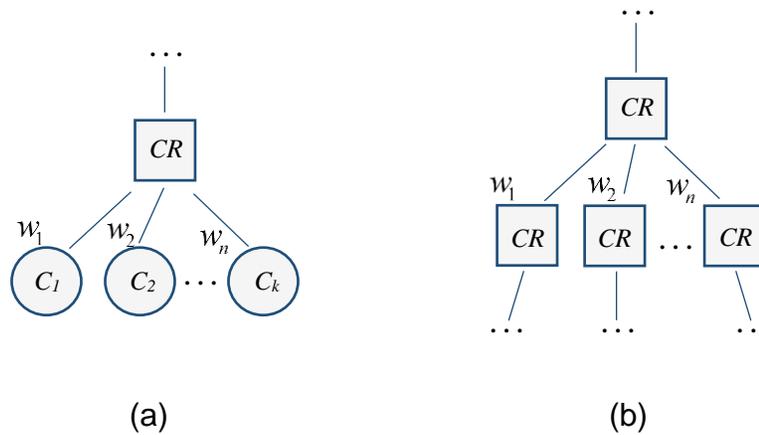


Figura 12. Pesos asociados a los criterios hijo de un nodo dado (suma de los pesos es igual a 1).

2.1.4 Transformación de la estructura jerárquica de criterios de varios niveles a un solo nivel

Como se muestra en la figura #9, la estructura organizativa de los criterios tiene una forma jerárquica, tal que, el nodo raíz representa el resultado de la agregación de información de los diferentes nodos hijos.

Para transformar la estructura jerárquica de varios niveles (Figura 11) a una estructura de un solo nivel (Figura 10) solo es necesario eliminar todos los nodos intermedios entre el

nodo raíz y las hojas, además de asociarle a la respectiva hoja el peso que resulta del producto de todos los pesos asignados a cada nodo de esa rama del árbol (ver Figura 13).

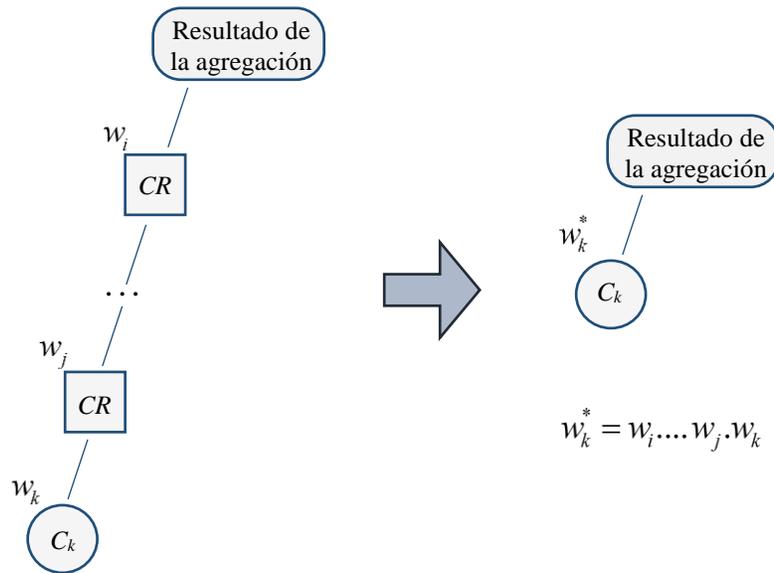


Figura 13. Rama del árbol asociada al criterio c_k (hoja del árbol) y el peso resultante w_k^* .

La forma propuesta para obtener los pesos resultantes asociados a cada criterio c_i está

dada por $w_k^* = \prod_{h=i}^k w_h$, y además, se cumple que $\sum_{k=1}^n w_k^* = 1$, lo cual se fundamenta en el teorema siguiente.

Teorema: Sea un nodo cualquiera perteneciente a un árbol, tal que, tiene asociado un peso w^* y k nodos hijos con sus respectivos pesos w_i , tal que, $\sum_{i=1}^k w_i = 1$, entonces

$$w^* = w^* \cdot w_1 + w^* \cdot w_2 + \dots + w^* \cdot w_k .$$

Demostración.

Sea $w_i, w^* \in [0,1]$, tal que, $i=1, \dots, k$ y $\sum_{i=1}^k w_i = 1$, luego se cumple que $w^* \cdot \sum_{i=1}^k w_i = w^* \cdot 1$, por lo

que resulta $w^* = w^* \cdot w_1 + w^* \cdot w_2 + \dots + w^* \cdot w_k$. l.q.q.d

2.2 Ejemplo ilustrativo

Considérese una empresa de servicios informáticos que identifica los procesos siguientes con sus respectivos criterios e indicadores para su evaluación (ver Tabla 3).

Tabla 3. Procesos, criterios e indicadores asociados a una empresa dada.

Procesos	Criterios	Indicador
Gestión comercial	(C1) Divulgación de los productos de la entidad a clientes potenciales.	Presentar los diferentes productos a más de 10 clientes potenciales durante el mes.
	(C2) Establecer contratos de ventas.	Obtener una contratación superior a un tercio de presentaciones de productos realizada a clientes potenciales durante el mes.
Gestión Financiera	(C3) Ventas realizadas.	Superior a los \$360000.
	(C4) Gastos planificados.	No más de \$115000.
	(C5) Cuentas por cobrar.	Más de \$90000.
	(C6) Cuentas por pagar	El 100% de las cuentas pagadas.
	(C7) Verificación del 10% del inventario.	Verificado el 10 % del inventario.
	(C8) Estado correcto del inventario verificado.	100% del inventario verificado es correcto.
Gestión del capital humano	(C9) Cumplimiento de la jornada laboral.	Todos los empleados cumplieron la jornada laboral de la etapa (100%).
	(C10) Ejecución de las acciones de capacitación.	El 100% de las acciones de capacitación ejecutadas.
	(C11) Participación de los empleados en las acciones de capacitación.	Más del 97 % de los empleados participaron en la capacitación.
Gestión productiva	(C12) Cumplimiento de tareas del desarrollo de software.	Se cumple con el 100% de las tareas planificadas de desarrollo de software.
	(C13) Cumplimiento de los despliegues de software planificados.	Se cumple con el 100% de las tareas planificadas de despliegue de software.
	(C14) Cumplimiento del soporte de productos vendidos.	Se cumplen con el 100% de los soportes de productos vendidos.
Apoyo logístico	(C15) Transportación de los empleados de la entidad.	Se transportó el 100% de los empleados de la entidad.
	(C16) Mantenimiento planificado en la organización.	Se cumplió con el 100% del mantenimiento planificado.

Después de identificados los diferentes procesos con sus respectivos criterios e indicadores se procede a la aplicación de la métrica propuesta, como se describe a continuación.

Paso 1. Definición del contexto de trabajo.

Sobre la base de la información definida en la Tabla 3 se establece los diferentes aspectos del contexto de trabajo (ver Tabla 4).

Tabla 4. Definición del contexto de trabajo.

Procesos	Pesos	Criterios	Pesos	Rango de trabajo	Ideal de referencia
Gestión comercial	0,333	C1	0.667	[0,15]	[10,15]
		C2	0.333	[0,15]	[4,15]
Gestión Financiera	0,267	C3	0.286	[0,370000]	[360000,370000]
		C4	0.238	[0,130000]	[0,115000]
		C5	0.190	[0,300000]	[90000,300000]
		C6	0.143	[0,100]	[100]
		C7	0.095	[0,10]	[10]
		C8	0.048	[0,100]	[100]
Gestión del capital humano	0,200	C9	0.500	[0,100]	[100]
		C10	0.333	[0,100]	[100]
		C11	0.167	[0,100]	[100]
Gestión productiva	0,133	C12	0.500	[0,100]	[100]
		C13	0.333	[0,100]	[100]
		C14	0.167	[0,100]	[100]
Apoyo logístico	0,067	C15	0.667	[0,100]	[100]
		C16	0.333	[0,100]	[100]

Paso 2. Conformar el vector de valoración.

A partir de la concepción de trabajo de la métrica propuesta, se puede obtener un valor de agregación que integre toda la información de los procesos u obtener un valor de agregación para cada proceso en particular. Esto permite evaluar cada proceso en particular o el estado global de la empresa (ver Anexo # 2).

Paso 3. Normalización del vector de valoración.

A través de la expresión #2, se realiza la normalización del vector de valoración asociado a los diferentes procesos y la evaluación global de todos los procesos (Ver Anexo # 3).

Paso 4. Calcular el vector normalizado ponderado.

Cada uno de los criterios asociados a los diferentes procesos tienen asignado pesos para indicar la importancia relativa, por lo que se multiplica cada peso con su correspondiente valor normalizado (ver Anexo # 4).

Para obtener el vector normalizado ponderado de forma global para todos los procesos de la empresa, se requiere aplicar los fundamentos planteados en el epígrafe 2.1.4, con la finalidad de transformar la estructura jerárquica de varios niveles a un solo nivel, lo cual incide de forma directa en los pesos finales (ver Figura 13), (ver Anexo # 4).

Paso 5 y 6. Calcular la variación y el índice relativo al ideal de referencia.

Primeramente, se calcula la variación al ideal de referencia para cada proceso y de forma global (ver Anexo # 5) y finalmente se calcula el índice relativo (ver Tabla 5).

Tabla 5. Variación e índice relativo al ideal de referencia.

Procesos	Variación al ideal de referencia		Índice relativo
	I^*	I	
Gestión comercial	0.1572	0.5890	0.7893
Gestión Financiera	0.0084	0.4484	0.9815
Gestión del capital humano	0.0106	0.6147	0.9831
Gestión productiva	0.0060	0.6187	0.9904
Apoyo logístico	0.0211	0.7245	0.9717
Global para todos los procesos	0.05253	0.27767	0.8409

Sobre la base de los índices relativos obtenidos para cada proceso y el índice relativo global para todos los procesos, se puede plantear que los procesos de Gestión

productiva, Gestión del capital humano, Gestión financiera y Apoyo logístico, tienen resultados muy próximos a los establecidos en los indicadores (ideal de referencia). Sin embargo, la Gestión comercial es la que más se aleja del ideal de referencia, aunque su valor es superior a 0.75, por lo que se podría considerar aceptable. Además, la evaluación global de todos los procesos de la empresa se puede considerar aceptable (0.8409).

Es importante destacar que cada empresa puede establecer, a partir de qué valores se consideran resultados buenos, aceptables, regular o malos.

2.3 Proceso de ingeniería de software

El desarrollo de la herramienta para la evaluación de procesos empresariales partió de identificar los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales, los que se describen a continuación.

2.3.1 Requerimientos funcionales

El comportamiento que debe tener la herramienta para la evaluación de los procesos empresariales, se refleja en los siguientes requerimientos que se agrupan en cinco áreas principales:

1. Los dominios de datos (Rango de trabajo según la métrica propuesta).
 - a) Gestionar Dominios: Gestiona la inserción, actualización y borrado de los dominios de datos que serán utilizados en los criterios de tipo evaluados.
 - b) Mostrar Dominios: Recupera de la base de datos y muestra los dominios definidos, los cuales pueden ser: Discretos, Ordinal o Continuo.
 - c) Gestionar Etiquetas lingüísticas: Gestiona la inserción, actualización y borrado de las etiquetas lingüísticas asociadas a un dominio Ordinal.
 - d) Definir intervalo de trabajo: Gestiona los intervalos de trabajo en correspondencia con el tipo de datos (Discreto, Ordinal o Continuo) y estos se les asocia a un criterio dado de tipo evaluado.
2. Modelo de Evaluación del proceso empresarial.

- a) Gestionar Criterios: Gestiona la inserción, actualización, borrado y visualización de los criterios (tipo Resumen y Evaluados) asociados al modelo de evaluación del proceso.
 - b) Mostrar criterios hijos: Recupera de la base de datos y visualiza los criterios hijos de un criterio seleccionado (tipo Resumen).
 - c) Mostrar modelo de evaluación del macroproceso: Recupera de la base de datos y muestra la estructura jerárquica de todos los criterios que conforman al modelo de evaluación del macroproceso.
 - d) Verificar la integridad del modelo jerárquico de evaluación: Verifica que el conjunto de criterios organizados jerárquicamente se encuentre bien definidos; además, de comprobar que todas las hojas del árbol sean criterios del tipo Evaluados.
 - e) Ajustar pesos y orden de los criterios: Gestiona el orden de los criterios, así como la edición y cálculo de los pesos asociados a los respectivos criterios.
3. Captación de datos asociados a los criterios tipo Evaluados.
- a) Obtener formulario según el modelo de evaluación definido: Obtiene de forma dinámica el formulario de captación de los datos asociados a los criterios de tipo evaluado.
 - b) Gestionar datos de los criterios Evaluados: Gestiona la edición y actualización de los datos asociados a los criterios de tipo Evaluados.
 - c) Mostrar datos de los criterios Evaluados: Recupera de la base de datos y muestra los datos de los criterios Evaluados, en correspondencia con el tipo de datos asociado a cada criterio (Discreto, Ordinal o Continuo).
4. Cálculo y agregación de la información.
- a) Gestionar el cálculo del vector de pesos: Permite calcular el vector de pesos (importancia relativa) asociados a los criterios según los métodos: Clase de funciones lineales (Lamata, M.T. y Cables, E., 2009), la relación de preferencial cuantificada a partir de un comportamiento lineal (Lamata, M.T. y Cables, E., 2012), y la ley de Borda-Kendal (Borda, J.C (1781).

- b) Calcular la agregación de información a través de la métrica propuesta.
5. Política de usuarios: Gestiona (inserción, actualización y borrado) los usuarios del software.

2.3.2 Requerimientos no funcionales

La herramienta de software que se propone debe cumplir los siguientes requerimientos no funcionales.

1. Aplicación software de escritorio (Desktop).
2. Utilización de tecnología de software libre, tales como:
 - Lenguaje de programación Java.
 - Entorno de desarrollo NetBean 8.2.
 - Hibernate, para la gestión de la persistencia de los datos (Bauer, C. y King, G., 2007).
 - Spring 2.5, para la gestión de la lógica del negocio (Johnson, R., et al., 2005), (Walls C., 2011).
 - La biblioteca Openswing, para gestionar la interfaz gráfica de los usuarios.
 - Postgres SQL, como servidor de base de datos para el almacenamiento de la información.
 - Facilitar el posterior mantenimiento del software, asumiendo un estándar de codificación.

2.3.3 Actores para interactuar con la herramienta

Para operar con la herramienta es necesario asignarle a cada usuario un rol en correspondencia con los siguientes actores (ver En la Figura 14, se muestra la relación entre los diferentes actores que intervienen en la herramienta de software.

Tabla 6).

En la Figura 14, se muestra la relación entre los diferentes actores que intervienen en la herramienta de software.

Tabla 6. Actores y nivel de acceso.

Actores	Nivel de acceso
Administrador	Puede definir los usuarios que tendrán acceso a la herramienta de software.
Gestor de Proceso	Puede definir los diferentes elementos relacionado con el modelo de evaluación de los procesos, así como la captación y procesamiento de datos.
Evaluador de Proceso	Accede a la captación y procesamiento de los datos.

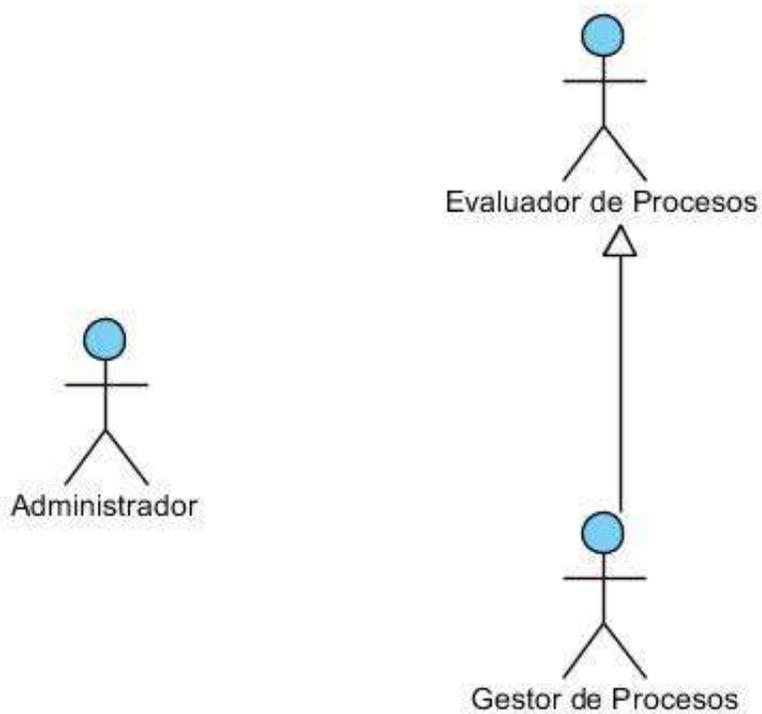


Figura 14. Actores de la herramienta.

2.3.4 Arquitectura de la herramienta

La estructura organizativa de clases utilizada por la herramienta, se puede observar en la Figura 15, donde se describe el flujo interactivo.

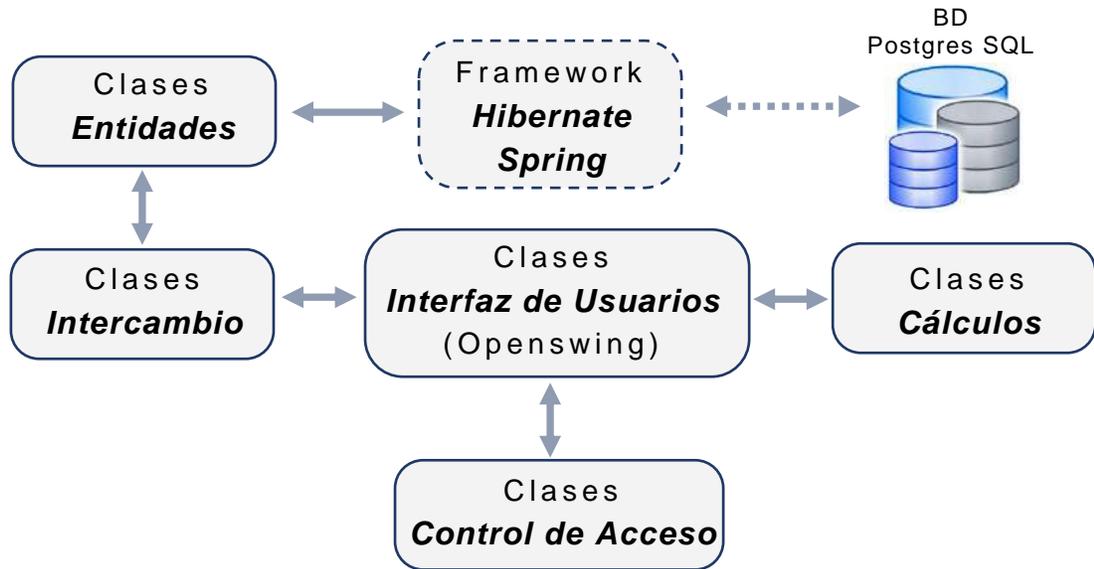


Figura 15. Arquitectura de clases de la herramienta propuesta.

Donde:

- *Clases Entidades*: Agrupa las clases asociadas al diseño de la base de datos, según lo implementado en Postgres SQL.
- *Clases de Intercambio*: Se encarga del intercambio de datos entre las clases Entidades y las de interfaz de usuarios.
- *Clases Interfaz de Usuarios*: Agrupa las clases utilizadas para el intercambio visual de información entre los usuarios, a través de la biblioteca de Openswing.
- *Clases de Cálculos*: Está formada por las clases para el cálculo de los vectores de pesos a través de diferentes métodos (Clase de funciones lineales (Lamata, M.T. y Cables, E., 2009), la relación de preferencial cuantificada a partir de un comportamiento lineal (Lamata, M.T. y Cables, E., 2012), y la ley de Borda-Kendal (Borda, J.C (1781)); además, contiene la métrica propuesta para la evaluación de procesos empresariales.
- *Clases Control de Acceso*: Realiza el control de acceso a las diferentes operaciones de la herramienta según el tipo de usuario.

Para realizar la persistencia de los datos la herramienta utilizará el Framework Hibernate.

2.3.5 Modelo de datos

Para soportar toda la información a utilizar por la herramienta propuesta, se diseñó una base de datos relacional en Postgres SQL, tal que se encuentra formada por un total de 15 tablas con sus respectivas relaciones (ver Anexo # 1).

2.3.6 Requerimientos de hardware y software

Para el trabajo con la herramienta (ProcEval) se requiere de una PC que cuente como requerimiento mínimo con 512 MB de memoria RAM, procesador con velocidad de 1.6 GHz y capacidad de almacenamiento en disco de 1 GB. Además, se debe instalar la máquina virtual de Java (versión 1.8) y facilitar la conexión con la base de dato de Postgres SQL.

3 Valoración de la pertinencia de la propuesta realizada

Con la finalidad de valorar el grado de pertinencia de la herramienta propuesta, se trabajó con un grupo de especialistas pertenecientes a la Universidad Santo Tomás (8), Universidad Autónoma del Caribe (6) (ambas de Colombia) y de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (3), Ecuador, para un total de 17.

Este grupo de especialista se caracteriza a través de la tabla siguiente (ver Tabla 7):

Tabla 7. Formación académica y actividad de los especialistas.

Universidades	Cant.	De ellos				Experiencia en el ámbito empresarial
		Formación		Profesores de		
		PhD	MSc	Ing. en Sistemas	Ing. Empresarial	
Universidad Santo Tomás	8	7	5	4	4	6
Universidad Autónoma del Caribe	6	6	2	2	4	4
Universidad Laica “Eloy Alfaro”	3	1	3	1	2	3
Total	17	14	10	7	10	13

Como se puede observar los especialistas seleccionados tienen una adecuada experiencia para opinar y emitir valoraciones sobre la herramienta informática para la evaluación de procesos empresariales a través de técnicas de soft-computing.

Para conducir la valoración se transitó por las etapas siguientes:

1. Socialización de la propuesta realizada a los especialistas.

En esta etapa se presentaron los fundamentos que caracterizan a la herramienta, tales como:

- Reformulación del método del Ideal de Referencia para evaluar procesos empresariales.
- El uso de vectores de pesos para indicar la importancia relativa de los procesos y subprocesos.
- Calificación del estado de los procesos y subprocesos a través de datos numéricos y etiquetas lingüísticas.
- Representación jerárquica de los procesos.
- Requerimientos funcionales y no funcionales del software.

2. Aplicación de la encuesta a los especialistas.

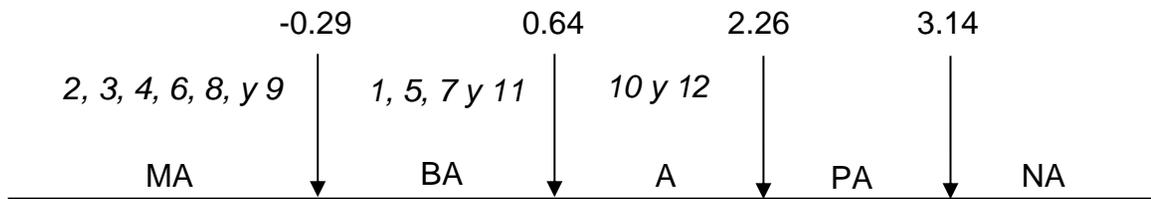
En este caso, se procede a la aplicación de la encuesta (ver Anexo # 6), donde se garantizó que no existiera interacción entre los especialistas, para de esta forma evitar la influencia de un especialista sobre otro.

3. Tabulación y procesamiento de la encuesta.

En esta etapa se tabulan los resultados de la encuesta aplicada (ver Anexo # 7) y sobre la base del cálculo probabilístico se determina el grado de consenso de los especialistas.

4. Valoración final de los resultados.

A partir del procesamiento de los resultados obtenidos con la aplicación de la encuesta a los especialistas, se puede expresar que al representar los puntos de cortes que delimitan cada intervalo de las diferentes categorías, así como los valores de abscisas correspondientes a cada indicador analizado, se obtiene:



Como se puede observar, los indicadores 2, 3, 4, 6, 8 y 9 se ubican en el intervalo de Muy Adecuado, los indicadores 1, 5, 7 y 11, se ubican en el intervalo Bastante Adecuado, y solo los indicadores 10 y 12, en el intervalo Adecuado. Finalmente, se puede expresar que es factible la propuesta realizada para la evaluación de los procesos empresariales.

4 Conclusiones del capítulo

En este apartado se presenta la métrica propuesta para la evaluación de procesos empresariales, donde se tiene como referente el método del Ideal de Referencia (Cables, et al., 2016). Por otra parte, se propone una variante para el tratamiento de etiquetas lingüísticas para aquellos casos donde los criterios requieran ser evaluados o valorados mediante términos lingüísticos.

Además, se describen los principales elementos del proceso de ingeniería de software para la elaboración de la herramienta de software que se propone.

Finalmente, a través de una consulta a especialista y el procesamiento de los criterios emitidos sobre la base del consenso, se puede plantear que es pertinente la herramienta informática para la evaluación de procesos empresariales a través de técnicas de soft-computing.

CONCLUSIONES

La identificación de los procesos empresariales en las diversas entidades, constituye un factor esencial en la organización de las empresas para cumplir sus diferentes metas. Por otra parte, el control estricto del comportamiento de los diferentes procesos garantiza la buena salud empresarial, por tanto, la creación de instrumentos, métodos y herramientas que faciliten la evaluación de los procesos empresariales facilitará el referido control y de esta forma asumir acciones tácticas y estratégicas, en correspondencia con el estado que manifiesten los procesos empresariales en cada momento.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado, se logró:

- La elaboración de una métrica para la evaluación de procesos empresariales sobre la base del Ideal de Referencia.
- Proponer una variante para el trabajo con etiquetas lingüísticas para los casos que requieran evaluar o valorar determinados criterios a través de términos lingüísticos.
- La implementación de una herramienta de software como prototipo para la evaluación de procesos empresariales.

Es importante destacar que los resultados parciales de este proyecto de investigación se socializaron a través de los eventos siguientes:

- VIII Simposio de Matemáticas y Educación Matemática, desarrollado en la Universidad Antonio Nariño de Colombia, con la ponencia “La formulación Matemática para la evaluación de procesos empresariales”.
- I Evento Nacional de TIC y Educación, desarrollado en la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, con la ponencia “Propuesta de software para la evaluación de procesos empresariales”.
- IX Simposio de Matemáticas y Educación Matemática, desarrollado en la Universidad Antonio Nariño de Colombia, con la ponencia “Valoración de una clase

de funciones lineales para asignar la importancia relativa de los criterios utilizados en problemas de toma de decisiones”.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el software, tal que:
 - Utilice otras funciones de normalización para que pueda operar con números difusos triangulares y números pitagóricos.
 - Ampliar la política de usuarios para que los diferentes actores que interactúan con los procesos puedan acceder a la aplicación y visualizar la evaluación de la parte del proceso que les corresponden.
 - Cuente con una versión web para que sea más fácil su implementación en una intranet empresarial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1]. Abbas Mardani, Ahmad Jusoh, Edmundas Kazimieras Zavadskas, (2015). "Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – Two decades review from 1994 to 2014". Expert Systems with Applications, Vol. 42, pp. 4126–4148.
- [2]. Abraham, O. (2003). "Java 2, tutorial de java hispano". Copyright (c).
- [3]. Ahn, B.S. (2006). "On the properties of OWA operator weights functions with constant level of orness". IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 14:511–515.
- [4]. Arredondo Vidal, T. (2007). "Introducción a la Lógica Difusa". <http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/soft-comp/Introduccion%20a%20la%20Logica%20Difusa.pdf>
- [5]. Bauer, C. y King, G. (2007). "Java Persistence with Hibernate". Manning Publications Co.
- [6]. Beltrán, J., et. Al. (2002). "Guía para una gestión basada en proceso". Instituto Andaluz de Tecnología, ISBN:84-923464-7-7, España.
- [7]. Brans, J.P., Vincke, P. y Mareschal, B. (1986) "How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method", European Journal of Operational Research, 24, pp. 228-238.
- [8]. Burlton, R. (2010). Delivering business strategy through process management. In J.Vom Brocke, & M. Rosemann (Eds.), Handbook on Business Process Management (2), Springer, pp. 5-37.
- [9]. Borda, J.C (1781). "Mémoire sur les élections au scrutin". in Historie de l'Academie Royale des Sciences, Paris.
- [10]. Cables, E., Lamata, M.T. and Verdegay, J.L. (2016) "RIM-reference ideal method in multicriteria decision making", Information Sciences, 337, pp. 1-10.
- [11]. Cables, E. (2011). "Selección de personal con técnicas de Softcomputing. Propuesta de desarrollo y de software", Universidad de Granada, España.
- [12]. Cárdenas Saravia, T.I. (2009). "Diseño de un cuadro de mando integral (Parte I)", Revista Perspectivas, No. 23, pp. 101-114.
- [13]. Castellano Palomo, Camilo. (2006). "El factor humano en el contexto empresarial actual". <http://www.monografias.com/trabajos45/factor-humano-empresa/factor-humano-empresa.shtml>
- [14]. Davenport, T., & Short, J. (1990). The new industrial engineering: information technology and business process redesign. Sloan Management Review, 31, 11-27.
- [15]. Dongrui, W. y Mendel, J.M. (2007). "Aggregation using the linguistic weighted average and interval type-2 fuzzy sets", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 15(6), pp. 1145–1161.

- [16]. Duffy, J. and Engle-Warnick, J. (2002). "Using Symbolic Regression to Infer Strategies", in S.-H. Chen, ed., *Evolutionary Computation in Economics and Finance*, Physica-Verlag, New York, pp. 61–84.
- [17]. EcuRed. "Metodologías de Desarrollo de Software ICONIX". Recuperado el 4 de enero de 2018, de <https://www.ecured.cu/ICONIX>
- [18]. EcuRed. "NetBeans". Recuperado el 10 de enero de 2018, de <https://www.ecured.cu/NetBeans>
- [19]. Edwards, W. y Barron, F.H. (1994). "SMARTS and SMARTER: improves simple methods for multiattribute utility measurement", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60, pp. 306-325.
- [20]. Escobar Rodríguez, T. (1999). "El papel del cuadro de mando integral en la gestión estratégica de la empresa", *Revista Española de Finanzas y Contabilidad*, Vol. 28, No. 102.
- [21]. Fishburn, P.C. (1973). "Lexicographic orders, utilities and decision rules: a survey", *Management science*, 20(11), pp.1442–1471.
- [22]. Friedberg, R.M. (1958). "A Learning Machine: Part I", *IBM Journal of Research and Development*, 2, pp. 2 – 13.
- [23]. García M. A. "Tutorial de Java Server Pages". consultado 15/12/2017.
- [24]. Gardner, R. A. (2001). Resolving the process paradox. *Quality Progress*, 34, 51-59.
- [25]. Goldberg, D.E. (1989). "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts.
- [26]. Hammer, M., & Champy, J. (2003). *Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution*. New York: Harper Business.
- [27]. Harrington, H. J (1991). *Business process improvement. The breakthrough strategy for total quality, productivity and competitiveness*. New York: McGraw-Hill.
- [28]. Harrington, H.J. (1993). "Mejoramiento de los procesos de la empresa". Santa Fé de Bogotá: Mc-Graw-Hill.
- [29]. Haykin, S. (2008). "Neural Networks and Learning Machines". 1ed. New York, Prentice-Hall.
- [30]. IBM. "Modelo Cliente/Servidor". Consultado 20/2/2018, de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSAL2T_9.1.0/com.ibm.cics.tx.doc/concepts/c_clnt_sevr_model.html
- [31]. IBM. "Topología Cliente/Servidor". Consultado 20/2/2018, de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSZJPZ_11.5.0/com.ibm.swg.im.iis.productization.iisinfsv.install.doc/topics/wsisinst_pln_topotwocomputer.html
- [32]. IBM. "Conexiones Cliente/Servidor". Consultado 20/2/2018, de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSGU8G_11.50.0/com.ibm.gsg.doc/ids_gsg_232.htm

- [33]. International Organization for Standardization (2005). "Sistema de gestión de la calidad, ISO 9000-2000, Conceptos y vocabulario". Ginebra, Suiza.
- [34]. Jacobson, Ivar. (2000). "El Proceso Unificado de Desarrollo de Software".
- [35]. Johnson, R., et al. (2005). "Professional Java Development with the Spring Framework". Wiley and Sons.
- [36]. Kaplan, R. y Norton, D. (1992). "Balanced Scorecard (BSC)". Harvard Business Review.
- [37]. Kaplan, R. y Norton, D. (2001), "Cómo utilizar el cuadro de mando integral: para implementar y gestionar su estrategia". Barcelona: Gestión 2000.
- [38]. Keeney, R.L. y Raiffa, H. (1976). "Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs", New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [39]. Lamata, M.T. y Cables, E. (2009). "OWA weights determination by means of linear functions". *Mathware & Soft Computing*. Vol. 16, pp. 107-122.
- [40]. Lamata, M.T. y Cables, E. (2012). "Obtaining OWA Operators starting from a linear order and preference quantifiers", *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 27, pp.242–258.
- [41]. Larichev, O. y Moshkovich, H. (1991). "ZAPROS: A method and system for ordering multiattribute alternatives on the basis of a decision-maker's preferences", Moscow: Preprint of All Union Institute for Systems Studies.
- [42]. Liu, X. (2006). "On the properties of equidifferent OWA operator". *International Journal of Approximate Reasoning*, 43:90–107.
- [43]. Martínez, L., Ruan, D. y Herrera, F. (2010). "Computing with words in decision support systems: An overview on models and applications", *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol. 3(4), pp. 382–395.
- [44]. Maurtua Ollaguez, Diego E. (2006). "Criterios de Selección de Personal mediante el uso del proceso de análisis jerárquico. Aplicación en la selección de personal para la Empresa Exotic Foods S.A.C", MONOGRAFÍA Para optar el Título de Licenciado en Investigación Operativa. LIMA – PERÚ.
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtual/monografias/Basic/maurtua_od/contenido.htm
- [45]. Mendel, J.M. (2007). "Computing with words and its relationships with fuzzistics", *Information Sciences*, Vol. 177(4), pp. 988–1006.
- [46]. Méndez, Juan Carlos. (2006) "La importancia del Capital Humano en las Organizaciones", http://www.arearh.com/rrhh/capital_humano.htm
- [47]. O'Hagan, M. (1987). "Fuzzy decision aids". pages 624–628.
- [48]. O'Hagan, M. (1988). "Aggregating template rule antecedents in real-time". *Expert Systems with fuzzy set logic*. pages 681–689.
- [49]. Roy, B. (1968). "Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE)", *Revue Francaise d'Informatique et de Recherche Opérationnelle*, 8, pp. 57-75.

- [50]. Rosenberg, D. and Stephens, Mt. (2007). "Use Case Driven Object Modeling with UML: Theory and Practice". Editorial Board: Steve Anglin.
- [51]. Saaty, T.L. (1980). "The analytic hierarchy process", New York: McGraw-Hill.
- [52]. Saaty, T.L. (1999). "Fundamentals of the analytic network process", Japan: ISAHP, Kobe.
- [53]. Santos Cebrián, M. y Fidalgo Cerviño, E. (2004). "Un análisis de la flexibilidad del Cuadro de Mando Integral (CMI) en su adaptación a la naturaleza de las organizaciones". Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión, No. 4.
- [54]. Serrano Gómez, L. y Ortiz Pimiento, N.R. (2012). "A review of process improvement models with a focus on the redesign". Elsevier, Estudios Gerenciales, 28, pp.13-22.
- [55]. Sung-Bae Cho, (1995). "Fuzzy aggregation of modular neural networks with ordered weighted averaging operators", International Journal of Approximate Reasoning (13), pp. 359–375.
- [56]. Tabares Betancur, M.S., Lochmuller, C. (2013). "Propuesta de un espacio multidimensional para la gestión por procesos, un estudio de caso", Estudios Gerenciales, 29, pp. 222–230.
- [57]. Türksen, I.B. (2002). "Type 2 representation and reasoning for CWW", Fuzzy Sets and Systems, 127, pp. 17–36.
- [58]. Opricovic, S. (1998). "Multi-criteria optimization of civil engineering systems", Faculty of Civil Engineering. Belgrade.
- [59]. Vanfosson, T. (2006). "Plan-driven vs. Agile Software Engineering and Documentation: A Comparison from the Perspectives of both Developer and Consumer Submitted for the PhD Qualifying Examination". CiteSeerX.
- [60]. Walls C. (2011). "Spring in Action". Manning Publications Co., 3ra edición.
- [61]. Verdegay, J. L., Yager, R.R. y Bonissone, P. P. (2008). "On heuristics as a fundamental constituent of soft computing", Fuzzy Sets and Systems.
- [62]. Xu, Z.S. (2004). "Eowa and eowgoperators for aggregating linguistic labels based on linguistic preference relations". International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 12(6):791–810.
- [63]. Xu, Z.S. (2006). "Induced uncertain linguistic owa operators applied to group decision making", Information Fusion, Vol. 7(2), pp. 231–238.
- [64]. Yager, R.R. (1981). "A new methodology for ordinal multiobjective decisions based on fuzzy sets", Decision Sciences, Vol.12, pp. 589–600.
- [65]. Yager, R.R. (1988). "On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making". IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol.18 (1), pp. 183–190.
- [66]. Yager, R.R. (1991). "Connectives and quantifiers in fuzzy sets", Fuzzy Sets and Systems, vol. 40, pp. 39–75.

- [67]. Yager R.R., (1992). "On a semantics for neural networks based on fuzzy quantifiers", International Journal of Intelligent Systems, Vol.7, pp. 765–786.
- [68]. Yager, R.R., Filev, D.P. (1992). "Fuzzy logic controllers with flexible structures", in: Proceedings of the Second International Conference on Fuzzy Sets and Neural Networks, Tizuka, pp. 317–320.
- [69]. Yager, R.R. y Filev, D.P. (1994). "Parameterized andlike and orlike OWA operators". Int J Gen Syst, 22:297–316.
- [70]. Yager R.R y Filev, D.P. (1998). "On the issue of obtaining OWA operator weights". Fuzzy Set Systems, 94:157–169.
- [71]. Yager, R.R. (2008). "Prioritized aggregation operators". International Journal of Approximate Reasoning, 48:263–274.
- [72]. Yager, R.R. (2009). "Prioritized OWA aggregation". Fuzzy Optim Decis Making, 8:245–262.
- [73]. Zadeh, L.A. (1972). "A fuzzy-set-theoretic interpretation of linguistic hedges". J. of Cybernetics, Vol. 2 (2), pp.4–34.
- [74]. Zadeh, L.A. (1975). "The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoing", Information Sciences, Part I, Vol. 8 (3), pp.199–249.
- [75]. Zadeh, L.A. (1983). "A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages", Computing and Mathematics with Applications, Vol. 9(1), pp.149–184.
- [76]. Zadeh, L.A. (1994). "Soft computing and fuzzy logic", IEEE Software, Vol. 11(6), pp. 48–56.
- [77]. Zairi, M. (1997). "Business Process Mangement: A boundaryless approach to modern competitiveness", Business Process Management Journal, 3, pp. 64-80.

ANEXOS

ANEXO # 2

Vectores de valoración de los diferentes procesos

Proceso	Criterios	
	C1	C2
Gestión comercial	8	3

Proceso	Criterios					
	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Gestión Financiera	350000	100000	95000	98	10	100

Proceso	Criterios		
	C9	C10	C11
Gestión del capital humano	98	100	95

Proceso	Criterios		
	C12	C13	C14
Gestión productiva	99	100	98

Proceso	Criterios	
	C15	C16
Apoyo logístico	97	98

Nota: Si se desea la evaluación global de la empresa incluyendo todos los procesos, solo es necesario formar un vector para los 16 criterios, que coinciden con los anteriores.

ANEXO # 3

Vectores de normalización de los diferentes procesos a través de la expresión #2

Proceso	Criterios	
	C1	C2
Gestión comercial	0.800	0.750

Proceso	Criterios					
	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Gestión Financiera	0.9722	1	1	0.98	1	1

Proceso	Criterios		
	C9	C10	C11
Gestión del capital humano	0.98	1	0.9794

Proceso	Criterios		
	C12	C13	C14
Gestión productiva	0.9900	1.0000	0.9800

Proceso	Criterios	
	C15	C16
Apoyo logístico	0.9700	0.9800

Nota: El vector de normalización para la evaluación global de la empresa es el vector para los 16 criterios, que coinciden con los anteriores.

ANEXO # 4

Vectores de normalización ponderados de los diferentes procesos y global de todos los procesos

Proceso	Criterios	
	C1	C2
Gestión comercial	0.5333	0.2500

Proceso	Criterios					
	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Gestión Financiera	0.2778	0.2381	0.1905	0.1400	0.0952	0.0476

Proceso	Criterios		
	C9	C10	C11
Gestión del capital humano	0.4900	0.3333	0.1632

Proceso	Criterios		
	C12	C13	C14
Gestión productiva	0.4950	0.3333	0.1633

Proceso	Criterios	
	C15	C16
Apoyo logístico	0.6467	0.3267

En el caso del vector de normalización ponderado para la evaluación global de la empresa es necesario recalcular el vector de pesos (ver epígrafe 2.1.4) a través del producto de todos los pesos de cada rama del árbol. De esta forma se tiene un nuevo vector de pesos que asocia la importancia relativa a cada uno de los 16 criterios.

Criterios	Pesos	Vector normalizado	Vector normalizado ponderado
C1	0.222	0.800	0.178
C2	0.111	0.750	0.083
C3	0.076	0.972	0.074
C4	0.063	1.000	0.063
C5	0.051	1.000	0.051
C6	0.038	0.980	0.037
C7	0.025	1.000	0.025

C8	0.013	1.000	0.013
C9	0.100	0.980	0.098
C10	0.067	1.000	0.067
C11	0.033	0.979	0.033
C12	0.067	0.990	0.066
C13	0.044	1.000	0.044
C14	0.022	0.980	0.022
C15	0.044	0.970	0.043
C16	0.022	0.980	0.022

ANEXO # 5

Variación al ideal de referencia de los diferentes procesos y global de todos los procesos

Proceso	Variación al ideal de referencia		Criterios	
			C1	C2
Gestión comercial	<i>I</i> ⁺	0.1572	0.0178	0.0069
	<i>I</i> ⁻	0.5890	0.2844	0.0625

Proceso	Variación al ideal de referencia		Criterios					
			C3	C4	C5	C6	C7	C8
Gestión Financiera	<i>I</i> ⁺	0.0084	0.0001	0	0	0.0000082	0	0
	<i>I</i> ⁻	0.4484	0.0772	0.0567	0.0363	0.0196	0.0091	0.0023

Proceso	Variación al ideal de referencia		Criterios		
			C9	C10	C11
Gestión del capital humano	<i>I</i> ⁺	0.0106	0.0001	0	0
	<i>I</i> ⁻	0.6147	0.2401	0.1111	0.0266

Proceso	Variación al ideal de referencia		Criterios		
			C12	C13	C14
Gestión productiva	<i>I</i> ⁺	0.0060	0.000025	0.000000	0.000011
	<i>I</i> ⁻	0.6187	0.2450	0.1111	0.0267

Proceso	Variación al ideal de referencia		Criterios	
			C15	C16
Apoyo logístico	<i>I</i> ⁺	0.0211	0.000400	0.000044
	<i>I</i> ⁻	0.7245	0.4182	0.1067

La variación al ideal de referencia para el caso de la evaluación global de todos los procesos se debe calcular sobre la base de los datos de todos los criterios, como se muestra en la tabla siguiente.

Criterios	Variación al ideal de referencia	
	<i>I</i> ⁺	<i>I</i> ⁻
		0.05252678
C1	0.00197531	0.03160494
C2	0.00077160	0.00694444
C3	0.00000448	0.00548697

C4	0	0.00403124
C5	0	0.00257999
C6	0.00000058	0.00139378
C7	0	0.00064500
C8	0	0.00016125
C9	0.00000400	0.00960400
C10	0	0.00444444
C11	0.00000047	0.00106576
C12	0.00000044	0.00435600
C13	0	0.00197531
C14	0.00000020	0.00047427
C15	0.00000178	0.00185857
C16	0.00000020	0.00047427

ANEXO # 6

Encuesta aplicada a especialistas para valorar la pertinencia de la propuesta realizada

Estimado(a) especialista:

Usted ha sido seleccionado(a) como especialista para valorar la pertinencia de la Herramienta informática para la evaluación de procesos empresariales a través de técnicas de soft-computing.

Por lo anteriormente expresado, es necesario su opinión respecto a la propuesta que se realiza para la evaluación de procesos empresariales, indicando una cruz (x) en uno de los cinco niveles que se ofrecen: MA (muy adecuado), BA (bastante adecuado), A (adecuado), PA (poco adecuado) y NA (nada adecuado).

Si está de acuerdo en ofrecer su valiosa ayuda, se le solicita responder el siguiente cuestionario:

Indicadores	MA	BA	A	PA	NA
(1) Permite descomponer de forma gradual los procesos y subprocesos para su evaluación.					
(2) Factibilidad para operar con datos numéricos y etiquetas lingüísticas en la calificación del estado de los procesos y subprocesos empresariales.					
(3) El uso de vectores de pesos permite indicar cuán importante es un subproceso respecto a otro.					
(4) Es factible la utilización del método del ideal de referencia para realizar la agregación de información asociada a los procesos.					
(5) A partir del valor de agregación final de la información asociada a los procesos y subprocesos es factible la evaluación de los procesos empresariales.					
(6) Definición dinámica del árbol de proceso en correspondencia con las necesidades de los usuarios.					
(7) Grado en que la herramienta gestiona la importancia relativa (pesos) asociados a los subprocesos.					
(8) Grado en que la herramienta gestiona los dominios de datos (Ordinal, Discretos y Continuos) para su posterior asociación a los respectivos subprocesos.					
(9) Grado en que la herramienta gestiona la información asociada a los procesos y subprocesos para su evaluación.					
(10) Facilidades de interacción de la herramienta para los usuarios finales.					

(11) Grado en que se gestiona la política de usuarios.					
(12) Características visuales de la herramienta de software (colores, imágenes, etc).					

¿Qué otra opinión puede ofrecer con la finalidad de perfeccionar la herramienta informática para evaluar procesos empresariales?

ANEXO # 7

Procesamientos de las encuestas aplicadas a especialistas

Tabla 8. Frecuencia absoluta

Indicadores	MA	BA	A	PA	NA	TOTAL
(1) Permite descomponer de forma gradual los procesos y subprocesos para su evaluación.	5	6	4	2	0	17
(2) Factibilidad para operar con datos numéricos y etiquetas lingüísticas en la calificación del estado de los procesos y subprocesos empresariales.	8	6	3	0	0	17
(3) El uso de vectores de pesos permite indicar cuán importante es un subproceso respecto a otro.	10	5	2	0	0	17
(4) Es factible la utilización del método del ideal de referencia para realizar la agregación de información asociada a los procesos.	9	4	4	0	0	17
(5) A partir del valor de agregación final de la información asociada a los procesos y subprocesos es factible la evaluación de los procesos empresariales.	6	8	2	1	0	17
(6) Definición dinámica del árbol de proceso en correspondencia con las necesidades de los usuarios.	11	3	3	0	0	17
(7) Grado en que la herramienta gestiona la importancia relativa (pesos) asociados a los subprocesos.	4	5	5	3	0	17
(8) Grado en que la herramienta gestiona los dominios de datos (Ordinal, Discretos y Continuos) para su posterior asociación a los respectivos subprocesos.	8	7	2	0	0	17
(9) Grado en que la herramienta gestiona la información asociada a los procesos y subprocesos para su evaluación.	10	6	1	0	0	17
(10) Facilidades de interacción de la herramienta para los usuarios finales.	3	4	5	3	2	17
(11) Grado en que se gestiona la política de usuarios.	8	5	3	1	0	17
(12) Características visuales de la herramienta de software (colores, imágenes, etc).	1	3	7	5	1	17

Tabla 9. Frecuencia absoluta acumulada

Indicadores	MR	BR	R	PR	NR
(1) Permite descomponer de forma gradual los procesos y subprocesos para su evaluación.	5	11	15	17	17
(2) Factibilidad para operar con datos numéricos y etiquetas lingüísticas en la calificación del estado de los procesos y subprocesos empresariales.	8	14	17	17	17
(3) El uso de vectores de pesos permite indicar cuán importante es un subproceso respecto a otro.	10	15	17	17	17
(4) Es factible la utilización del método del ideal de referencia para realizar la agregación de información asociada a los procesos.	9	13	17	17	17
(5) A partir del valor de agregación final de la información asociada a los procesos y subprocesos es factible la evaluación de los procesos empresariales.	6	14	16	17	17
(6) Definición dinámica del árbol de proceso en correspondencia con las necesidades de los usuarios.	11	14	17	17	17
(7) Grado en que la herramienta gestiona la importancia relativa (pesos) asociados a los subprocesos.	4	9	14	17	17
(8) Grado en que la herramienta gestiona los dominios de datos (Ordinal, Discretos y Continuos) para su posterior asociación a los respectivos subprocesos.	8	15	17	17	17
(9) Grado en que la herramienta gestiona la información asociada a los procesos y subprocesos para su evaluación.	10	16	17	17	17
(10) Facilidades de interacción de la herramienta para los usuarios finales.	3	7	12	15	17
(11) Grado en que se gestiona la política de usuarios.	8	13	16	17	17
(12) Características visuales de la herramienta de software (colores, imágenes, etc).	1	4	11	16	17

Tabla 10. Frecuencia absoluta acumulada entre la frecuencia total

Indicadores	MA	BA	A	PA
(1) Permite descomponer de forma gradual los procesos y subprocesos para su evaluación.	0,2941	0,6471	0,8824	1
(2) Factibilidad para operar con datos numéricos y etiquetas lingüísticas en la calificación del estado de los procesos y subprocesos empresariales.	0,4706	0,8235	1	1
(3) El uso de vectores de pesos permite indicar cuán importante es un subproceso respecto a otro.	0,5882	0,8824	1	1
(4) Es factible la utilización del método del ideal de referencia para realizar la agregación de información asociada a los procesos.	0,5294	0,7647	1	1
(5) A partir del valor de agregación final de la información asociada a los procesos y subprocesos es factible la evaluación de los procesos empresariales.	0,3529	0,8235	0,9412	1
(6) Definición dinámica del árbol de proceso en correspondencia con las necesidades de los usuarios.	0,6471	0,8235	1	1
(7) Grado en que la herramienta gestiona la importancia relativa (pesos) asociados a los subprocesos.	0,2353	0,5294	0,8235	1
(8) Grado en que la herramienta gestiona los dominios de datos (Ordinal, Discretos y Continuos) para su posterior asociación a los respectivos subprocesos.	0,4706	0,8824	1	1
(9) Grado en que la herramienta gestiona la información asociada a los procesos y subprocesos para su evaluación.	0,5882	0,9412	1	1
(10) Facilidades de interacción de la herramienta para los usuarios finales.	0,1765	0,4118	0,7059	0,8824
(11) Grado en que se gestiona la política de usuarios.	0,4706	0,7647	0,9412	1
(12) Características visuales de la herramienta de software (colores, imágenes, etc).	0,0588	0,2353	0,6471	0,9412

Tabla 11. Determinación de los puntos de cortes de cada categoría y valores de abscisas de los indicadores.

Indicadores	MA	BA	A	PA	Suma	Promedio	valores de abscisas
(1) Permite descomponer de forma gradual los procesos y subprocesos para su evaluación.	-0,54	0,38	1,19	3,49	4,52	1,13	0,31
(2) Factibilidad para operar con datos numéricos y etiquetas lingüísticas en la calificación del estado de los procesos y subprocesos empresariales.	-0,07	0,93	3,49	3,49	7,84	1,96	-0,52
(3) El uso de vectores de pesos permite indicar cuán importante es un subproceso respecto a otro.	0,22	1,19	3,49	3,49	8,39	2,1	-0,66
(4) Es factible la utilización del método del ideal de referencia para realizar la agregación de información asociada a los procesos.	0,07	0,72	3,49	3,49	7,77	1,94	-0,5
(5) A partir del valor de agregación final de la información asociada a los procesos y subprocesos es factible la evaluación de los procesos empresariales.	-0,38	0,93	1,56	3,49	5,6	1,4	0,04
(6) Definición dinámica del árbol de proceso en correspondencia con las necesidades de los usuarios.	0,38	0,93	3,49	3,49	8,29	2,07	-0,63
(7) Grado en que la herramienta gestiona la importancia relativa (pesos) asociados a los subprocesos.	-0,72	0,07	0,93	3,49	3,77	0,94	0,5
(8) Grado en que la herramienta gestiona los dominios de datos (Ordinal, Discretos y Continuos) para su posterior asociación a los respectivos subprocesos.	-0,07	1,19	3,49	3,49	8,1	2,03	-0,59
(9) Grado en que la herramienta gestiona la información asociada a los procesos y subprocesos para su evaluación.	0,22	1,56	3,49	3,49	8,76	2,19	-0,75
(10) Facilidades de interacción de la herramienta para los usuarios finales.	-0,93	-0,22	0,54	1,19	0,58	0,15	1,29
(11) Grado en que se gestiona la política de usuarios.	-0,07	0,72	1,56	3,49	5,7	1,43	0,01
(12) Características visuales de la herramienta de software (colores, imágenes, etc).	-1,56	-0,72	0,38	1,56	-0,34	-0,09	1,53
Suma	-3,45	7,68	27,1	37,65	68,98		
Puntos de corte (Promedio)	-0,29	0,64	2,26	3,14	5,75	1,44	