

# Metodología para la Gestión del Conocimiento y la Toma de Decisiones Basado en Lógica Difusa Compensatoria

Rafael A. Espín-Andrade  
Adrian Chao-Bataller

**Como citar:** ESPÍN-ANDRADE, R. A.; CHAO-BATALLER, A. Metodología para la Gestión del Conocimiento y la Toma de Decisiones Basado en Lógica Difusa Compensatoria. *In*: VALENTIM, M. L. P.; MÁZ-BASNUEVO, A. (org.).

**Inteligência organizacional.** Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2015. p.163-194. DOI: <https://doi.org/10.36311/2015.978-85-7983-678-7.p163-194>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

# CAPÍTULO 7

## METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LA TOMA DE DECISIONES BASADO EN LÓGICA DIFUSA COMPENSATORIA

*Rafael A. Espín-Andrade*

*Adrian Chao-Bataller*

### 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la información es considerada cada vez más como un recurso estratégico, cuya adecuada gestión ha devenido factor clave del éxito de las empresas. Debido a la gran cantidad de información a la que se puede acceder, almacenar y procesar, las empresas necesitan hacer un uso combinado de las tecnologías de la información para lograr ser competitivas en un entorno cada vez más agresivo. La cantidad y calidad de la información que las empresas poseen, cuando se enfrentan al proceso de toma de decisiones, juega un papel fundamental en la disminución del grado de incertidumbre que generalmente caracteriza al entorno empresarial. Es importante destacar que en la actualidad las empresas se diferencian por lo que saben y por cómo utilizan ese conocimiento. Por otra parte, en el campo de la Toma de Decisiones se plantea que la solución de problemas requiere un sistema capaz de imitar el razonamiento y la capacidad de tomar decisiones del ser humano. A pesar de los considerables avances realizados, aún se hace difícil construir sistemas capaces de tomar decisiones sensibles bajo incertidumbre.

Tanto la Gestión del Conocimiento como la Toma de Decisiones forman parte de la Inteligencia Organizacional Semántica (IOS), temática

en la cual se inserta este trabajo. La IOS pretende integrar tres elementos esenciales: la Gestión del Conocimiento (GC), el Descubrimiento del Conocimiento (DC) y la Toma de Decisiones (TD); haciendo énfasis en la necesidad de integrar estas disciplinas en una sola que se llame transdisciplina, con la concepción de que un problema debe ser enfrentado desde diferentes puntos de vista y no a partir de una sola herramienta.

La Tecnología actual no permite la integración del Descubrimiento de Conocimientos, la Gestión del Conocimiento y la Toma de Decisiones. Por lo tanto, se evidencia la conveniencia y la necesidad de crear una metodología, cuya estrategia es nueva e integrada por nuevos elementos como el uso de representaciones ontológicas difusas para la inteligencia organizacional y la utilización de la LDC para el desarrollo de estas. El lema principal es no hacer ontologías por hacerlas, lo que se plantea es crearlas a partir de la solución de un problema concreto en la organización, de forma tal que la experiencia y el conocimiento de todos los implicados en la solución del problema, vayan quedando almacenados en ontologías, las cuales podrán ser utilizadas y enriquecidas posteriormente.

Finalmente se propone una metodología donde se plasman los pasos a seguir desde el surgimiento de un problema hasta la divulgación de su solución, pasando por el diseño del modelo basado en LDC, el cual consiste en transformar en predicados de la LDC lo expresado en la definición del problema a través del lenguaje profesional; luego se procede al procesamiento de los datos con el FTS, explicando detalladamente los pasos que abarcan desde la creación de un proyecto en el software hasta la evaluación del modelo y el análisis de los resultados. La explicación de estas etapas se realiza a través de un caso de estudio.

## **2 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO**

La Gestión del Conocimiento (GC) se ha convertido en un elemento muy importante, tanto en la investigación como en la práctica. La GC es uno de los asuntos más importantes en la gestión de las organizaciones modernas. Aunque no es un tema nuevo, sus alcances, significado e impacto han alcanzado grandes dimensiones, particularmente en el ámbito de los negocios (RIESCO, 2004).

Se define la GC como el proceso mediante el cual las organizaciones generan riquezas a partir del conocimiento o el capital intelectual (ROSU; DRAGOI; GURAN, 2009). Las empresas se diferencian por lo que saben y por cómo utilizan ese conocimiento. Otros autores (HUTCHINSON; QUINTAS, 2008) hacen referencia a la definición de la GC que plantea que esta es el proceso de sistemática y activamente gestionar y apalancar las provisiones de conocimiento en una organización.

Es muy importante tener presente que el conocimiento es una apreciación de detalles interconectados que, por separado, tienen un valor inferior; así como que el conocimiento aumenta su valor cuando es compartido, lo cual contradice la tendencia de ciertas personas de resistirse a compartir el conocimiento (ALIPOUR; AKHAVAN; SALEHI, 2009). Se hace mucho énfasis en este aspecto, planteándose que muchas organizaciones actuales han iniciado los programas de gestión del conocimiento y las actividades relacionadas para permitir compartir e integrar el conocimiento (SMALL; SAGE, 2006).

En este ámbito es necesario tener en cuenta las llamadas comunidades de práctica, las cuales juegan un importante papel en la comunicación, compartición e integración del conocimiento (SAMBAMURTHY; SUBRAMANI, 2005). Otros importantes autores (WENGER; SNYDER, 2000) describen las comunidades de práctica como una nueva forma de organización que está emergiendo y las define como un grupo de personas informalmente unidas por la compartición de experticia y la pasión por un colectivo de ingenieros empresariales comprometidos con la búsqueda profunda.

Estudios recientes sobre esta temática identifican dos tipos de conocimientos fundamentales: tácito y explícito. Se plantea que el conocimiento tácito es altamente personal, es difícil de articular y sus raíces se encuentran principalmente en las experiencias contextuales (SMALL; SAGE, 2006). Por otro lado, (ROSU; DRAGOI; GURAN, 2009) añade que este conocimiento que las personas poseen no está registrado en ningún lugar y que solo reside en la mente de las personas. Sobre el conocimiento explícito se plantea que el mismo puede ser codificado, es más formal y sistemático y generalmente se encuentra en libros, repositorios, bases de

datos y programas (SMALL; SAGE, 2006). Roşu et al. (2009) añade que este conocimiento está disponible para las otras personas.

Es muy importante tener en cuenta que las ventajas de la GC deben ser claras y su implementación fácil, de lo contrario las organizaciones continuarán trabajando de la forma tradicional. Se han identificado tres tendencias esenciales en la nueva sociedad del conocimiento (ROSU et al., 2009): aumento de la oferta de conocimiento, aumento del conocimiento asimilado y el mantenimiento de un nivel casi constante del conocimiento utilizado.

### **3 TOMA DE DECISIONES**

La cantidad y calidad de la información que las empresas poseen cuando se enfrentan al proceso de tomas de decisiones, juega un papel fundamental en la disminución del grado de incertidumbre que generalmente caracteriza el entorno empresarial (MARTÍNEZ-LÓPEZ, 2009).

Con el objetivo de resolver los complejos problemas del mundo real, un sistema necesita combinar el conocimiento con técnicas provenientes de diferentes fuentes. Esta solución de problemas requiere un sistema capaz de imitar el razonamiento y la capacidad de tomar decisiones del ser humano. Un sistema capaz de afrontar los problemas complejos de una forma humana, se define como un sistema inteligente y esta inteligencia se conoce como Inteligencia Artificial. A pesar de los considerables avances realizados, aún se hace difícil construir sistemas capaces de tomar decisiones sensibles bajo incertidumbre (CAMPBELL, 2008).

La tecnología de la IA para modelar el comportamiento inteligente puede ser, en un sentido amplio categorizada en: modelación explícita e implícita. En la primera se utilizan las palabras y los símbolos para crear reglas explícitas para modelar los problemas. Esta técnica tiene la desventaja de no poder lidiar con situaciones poco familiares. La modelación implícita utiliza técnicas numéricas para lograr superar este problema. Las técnicas numéricas tales como Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos, Lógica Difusa y Redes Bayesianas permiten que las computadoras creen sus propios modelos basados en observaciones y la experiencia pasada (Campbell, 2008). A pesar de los grandes avances la IA ha concentrado su esfuerzo principal

en el diagnóstico y en la representación del conocimiento; muchas de sus técnicas no modelan las preferencias humanas y dejan un margen estrecho para la subjetividad. Así, priorizando la modelación de un modo racional de pensamiento, olvidan la importancia del reflejo de la subjetividad.

Las decisiones del mundo real son rara vez tomadas con un 100% de certidumbre. Los humanos tratan con la incertidumbre todo el tiempo, incluso en el transcurso de un simple diálogo. Por lo tanto, al estar presente tanta incertidumbre en la vida cotidiana, esto es algo que debe ser tomado en cuenta por los modelos de toma de decisiones. Algunas investigaciones apuntan a elevar el nivel de la calidad de los datos en las organizaciones para mejorar la calidad de la toma de decisiones, haciendo posible la reducción de la incertidumbre y la producción de decisiones más oportunas y exactas (KERR; NORRIS; STOCKDALE, 2007). Si bien es bueno asegurar la calidad de los datos, también es importante aprender a trabajar con esa incertidumbre en lugar de evitarla.

#### 4 REGISTROS SEMIÓTICOS

En la actualidad el aprendizaje se define como un proceso que depende de muchos factores, entre los que se encuentran los sistemas de representación externa (escritura en lenguaje natural, símbolos y signos matemáticos, representaciones gráficas). García y Palacios (2006) explican que las representaciones externas poseen ciertas características generales: independencia de su creador, permanencia, uso del espacio, organización, naturaleza dual, interacción con otros objetos de representación externa y uso con objetivos cognitivos o sociales (almacenar y transformar la información).

Según uno de los pioneros en este tema (DUVAL, 1999), las representaciones mentales son todo aquel conjunto de imágenes y concepciones que un individuo puede tener sobre un objeto, sobre una situación y sobre aquello que le está asociado. Por otro lado las representaciones semióticas se refieren a las producciones constituidas por el empleo de signos, estas son el medio del cual dispone un individuo para exteriorizar sus representaciones mentales, es decir, para hacerlas visibles o accesibles a los otros. Según Duval existen tres actividades cognitivas

relacionadas con los sistemas de representación externa (semióticos): la formación de representaciones, el tratamiento de las mismas y su conversión. Los registros semióticos constituyen la clave para la interpretación y la comunicación; así como la posibilidad de implementar diferentes métodos heurísticos como métodos de búsqueda.

## 5 INTELIGENCIA ORGANIZACIONAL SEMÁNTICA

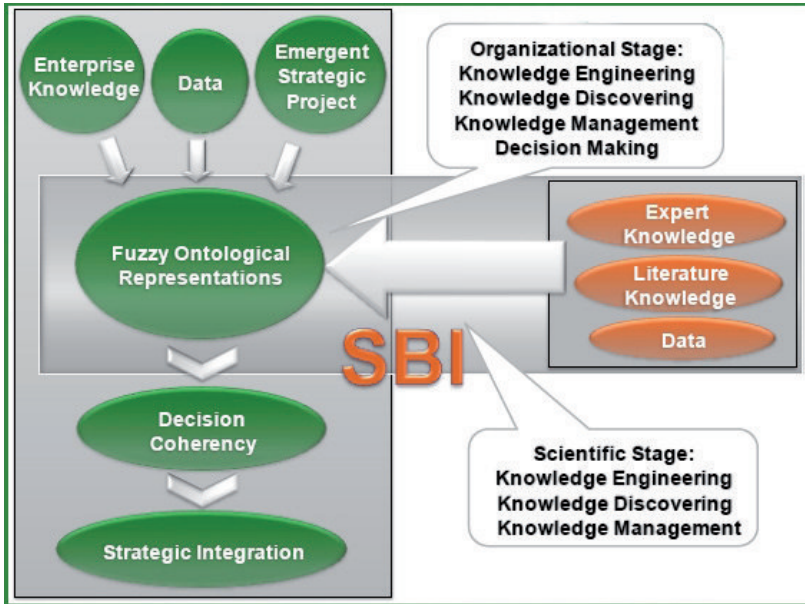
El término “Inteligencia Organizacional (IO)”, está siendo cada vez más utilizado en el mundo empresarial. Según el autor, (ADIREKPULLAP, 2008) este término fue utilizado por primera vez por la empresa *Gartner Group Inc.* para representar el elemento clave que pudiera ayudar a las compañías a prosperar en el creciente mercado competitivo y ubicarse en la vanguardia. Por lo tanto la IO abarca las herramientas de análisis de datos, reporte y búsqueda para cooperar en la síntesis de información útil. Este término también puede hacer referencia a la información y las aplicaciones disponibles para los empleados, clientes, consultantes, proveedores y el público. Los Sistemas de IO combinan los datos operacionales con las herramientas analíticas para presentar información competitiva compleja a los planificadores y los decisores. El objetivo es mejorar la exactitud y la calidad de las entradas del proceso de decisión.

En la actualidad está emergiendo un nuevo concepto que revolucionará el trabajo en las empresas, se refiere a la Inteligencia Organizacional Semántica (IOS), la cual agrupa los conceptos y las técnicas utilizadas en la inteligencia organizacional y la semántica, este último le da al concepto un enfoque relacionado con el trabajo con el lenguaje y la vaguedad implícita en la propia forma de razonar del ser humano.

La estrategia que ha sido trazada a través de la IOS se puede apreciar en la Figura 1. Esta estrategia tiene sus raíces en el Descubrimiento de Conocimiento Transdisciplinario para la Inteligencia de Negocio (DCTIN), definido como la unión de disciplinas y subprocesos relacionados con la Inteligencia de Negocios, a través de un amplio enfoque de DC que interpreta las disciplinas y procesos como casos particulares de su propio campo, empleando Sistemas Híbridos de DC para llevarlo a cabo. Por lo tanto el Enfoque Semántico Difuso del Descubrimiento

de Conocimiento Transdisciplinario para la Inteligencia de Negocios (ESDDCTIN), se refiere al empleo de las Representaciones Ontológicas Difusas para implementar el DCTIN.

Figura 1: La estrategia a través de la IOS.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1 se puede apreciar la interrelación entre dos vertientes: la horizontal que se corresponde con la fase científica y la vertical que hace referencia a la fase organizacional. En la fase científica el objetivo es resolver problemas científicos de tipo general mediante un uso importante e intensivo del lenguaje, teniendo en cuenta la vaguedad implícita en el mismo; el conocimiento en este caso parte de los expertos, la literatura y los datos. Las soluciones a los problemas y el conocimiento adquirido, quedan plasmados en representaciones ontológicas difusas para su reutilización y enriquecimiento posterior.

Por otro lado, en la fase organizacional, el objetivo es resolver los problemas de las empresas a partir del conocimiento que se encuentra en las mismas, los datos y la estrategia emergente; haciendo énfasis en el significado de la palabra emergente es este contexto, la cual se refiere a una



nueva filosofía de trabajo alejada de los esquemas tradicionales, la resistencia al cambio y el temor a los riesgos, los cuales representan oportunidades potenciales, como se sabe existe un costo de oportunidad en cada decisión que se toma. Igualmente el conocimiento adquirido se representa en ontologías difusas que permitirán tomar decisiones más coherentes que contribuyan a una fuerte integración estratégica. En ambas fases se aplica la Ingeniería del Conocimiento, la GC y el DC, agregando la TD en la fase organizacional.

Esta estrategia está basada en un nuevo enfoque para los sistemas multivalentes llamado Lógica Difusa Compensatoria (LDC) (ESPÍN-ANDRADE; FERNÁNDEZ, 2009) el cual, además de contribuir con un sistema formal con notables propiedades lógicas, constituye un puente entre la Lógica y la Toma de Decisiones. La consistencia de esta plataforma lógica dota a este enfoque una capacidad de formalización del razonamiento que va más allá de los enfoques descriptivos de los procesos de decisión. Es una oportunidad para usar el lenguaje como factor clave de comunicación en la construcción de modelos semánticos que faciliten la evaluación, la toma de decisiones y el descubrimiento de conocimiento.

La incorporación de la Semántica en la IO, dotará a este proceso de una aproximación mucho más eficiente a la forma de pensar de los seres humanos, contribuyendo a que se tomen decisiones más exactas y coherentes que realcen el posicionamiento competitivo de la empresa.

## **6 DESARROLLO DE SOFTWARE – FUZZY TREE STUDIO (FTS)**

Primeramente se desarrolló el ICpro (MESHINO, 2008). Este software fue presentado por primera vez en el 2008 por profesores de la Universidad de Mar del Plata, Argentina; dirigidos por el Ing. Gustavo Meschino. Se conceptualiza como un framework de análisis de datos con técnicas de Inteligencia Computacional. Gracias al ICpro se facilitó el cálculo de los valores de verdad asociados a modelos basados en LDC, pues sin este hubiera sido un proceso muy engorroso, casi imposible, sobre todo siendo una tecnología que se quiere llevar a la empresa para que directivos y especialistas puedan utilizarla a diario. Su utilización ha sido muy frecuente tanto a nivel empresarial como docente, obteniéndose

resultados satisfactorios (ESPÍN-ANDRADE; FERNANDEZ, 2009). No obstante, a partir de su frecuente utilización se han encontrado algunas deficiencias en su funcionamiento desde el punto de vista informático:

- Interfaz de usuario poco amigable.
- Muy complicado para usuarios con menor experiencia.
- Errores al cargar los datos de los archivos .TXT para procesarlos.
- Imposibilidad de presentar los predicados en un árbol de decisión.
- Procedimiento muy complicado para insertar los predicados compuestos.

Si bien estas deficiencias no constituían un problema significativo para los usuarios más expertos, sí se limitaba un poco el rápido aprendizaje de nuevos usuarios, los cuales muchas veces tenían que recurrir a los especialistas en el tema.

Considerando la relevancia y pertinencia del diseño de sistemas computacionales de ayuda al proceso de Toma de Decisiones, se analiza la posibilidad de desarrollar una herramienta para la formalización y evaluación de modelos de decisión basados en predicados lógicos complejos, operando bajo el paradigma de la Lógica Difusa. De esta manera surge el FTS, cuyo antecedente directo es el ICpro. Entre otras funcionalidades, este software posee un módulo cuyo objetivo es el de ayudar al usuario a formalizar y calcular el valor de verdad de predicados implementando Lógica Difusa para cuantificar el valor de verdad de predicados parciales y operar adecuadamente con ellos, generalizando los conceptos de la Lógica de Predicados tradicional. Debido a la amplia utilización del ICpro y teniendo en cuentas las posibilidades reales de mejorarlo es que se hace necesario crear un software superior con fuertes mejoras en las capacidades gráficas, en el diseño de funciones de pertenencia de Lógica Difusa y en la visualización de resultados.

Sus realizadores se propusieron diseñar e implementar un nuevo sistema que ampliara el alcance y funcionalidad de la aplicación que lo antecede, enfocado específicamente en proveer una solución integral para la problemática de lógica de predicados basados en la LDC. Se hizo énfasis en la interfaz de usuario, en la búsqueda de lograr un software altamente amigable y fácil de utilizar. El propósito final es el de apoyar a los decisores

en el análisis de datos, la generación de inteligencia y la evaluación y comparación de alternativas (GESUALDO, 2010).

El FTS actualmente está siendo utilizado por expertos en el área de la Inteligencia Computacional. Se ha logrado un producto de software de calidad, que resuelve una necesidad específica en el proceso de ayuda a la toma de decisiones, fuertemente orientada a la interfaz de usuario. A su vez, se obtiene un diseño robusto y escalable que permitirá la inclusión de otras funcionalidades. En un futuro se propone continuar el desarrollo con la incorporación de nuevos conectores lógicos y funciones de pertenencia, como así también de algoritmos de optimización (como algoritmos genéticos) que permitan perfeccionar la definición de los predicados.

Comparado con su antecesor, el ICpro, se puede decir que el FTS es muy superior. La gran mayoría de las características aquí presentadas constituyen grandes avances en el desarrollo de software para la Inteligencia Organizacional. Por lo tanto, se puede afirmar que el FTS sustituye al ICpro y es la herramienta que se utiliza en este trabajo para procesar los modelos basados en LDC. La explicación detallada de cómo utilizarlo es parte de la metodología propuesta en este trabajo.

## 7 NECESIDAD DE UNA METODOLOGÍA

Como se ha podido apreciar a lo largo de este capítulo, ha sido amplio el uso que se le ha dado a la LDC en la solución de problemas, principalmente de índole empresarial. Muchas de estas soluciones han sido publicadas en revistas y libros Espín-Andrade y Fernández (2009), Chao-Bataller (2010), Espín-Andrade et al. (2011) y así como expuestas en eventos nacionales e internacionales. Aun así, la mayoría de estos autores han tenido que recurrir a los expertos para que los guíen desde la definición del problema, la conversión de los registros semióticos para transformar el lenguaje común o profesional en predicados de la LDC, hasta la utilización de un software especializado para procesar los datos de los modelos creados.

Tanto los principios básicos de la LDC como la lógica de predicados y el empleo de herramientas sofisticadas no son de conocimiento común para las personas involucradas. Sin embargo, es un objetivo de este

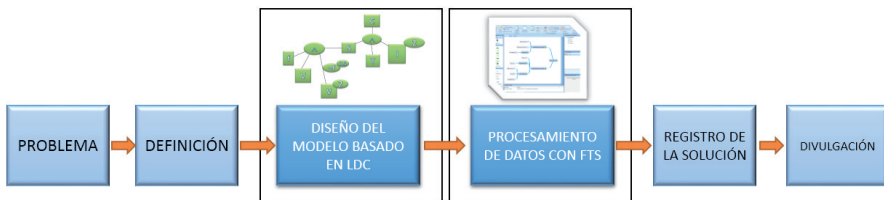
trabajo y, más ampliamente, un objetivo de la red de investigación, llevar estos conocimientos a todas estas personas, haciendo énfasis en aquellas que trabajan en las organizaciones y que harán uso de estos elementos para gestionar el conocimiento y crear representaciones ontológicas que puedan ser utilizadas y enriquecidas posteriormente.

Por lo tanto, en el siguiente epígrafe se propone una metodología cuyo objetivo principal es facilitar el uso de estas potentes herramientas, explicando cada paso con la mayor cantidad de detalles posibles, de forma tal que una persona no necesite ser un experto en la materia para poder utilizarlas. De esta manera, se pretende propagar el uso de estos conocimientos para que puedan ser cada vez más utilizados.

## 8 PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA

Se plantea crear las representaciones ontológicas a partir de la solución de un problema concreto en la organización, de forma tal que la experiencia y el conocimiento de todos los implicados en la solución del problema, vayan quedando almacenados en las mismas, las cuales podrán ser utilizadas y enriquecidas por todo aquel que se enfrente al mismo problema u otro similar. En la Figura 2 se puede observar una representación esquemática de toda la metodología que se propone, la cual forma parte de una tesis de maestría en la que trabajaron ambos autores (CHAO-BATALLER, 2015). La metodología abarca desde el surgimiento del problema hasta la divulgación de la solución, haciendo énfasis en las dos etapas más importantes que son el “Diseño del modelo basado en LDC” y el “Procesamiento de los datos con el FTS”.

Figura 2: Representación esquemática de la metodología.



Fuente: Elaboración propia.

La metodología comienza con el surgimiento de un problema, el cual se define a través de un lenguaje común o profesional que utiliza conjuntos difusos para caracterizar sus predicados. A partir de esta definición se comienza a diseñar el modelo basado en LDC, realizando una transformación de registros semióticos, del lenguaje común o profesional a los predicados de la LDC. Estos predicados se clasifican en simples y compuestos y se determinan las relaciones entre ellos a través de los diferentes operadores. Una vez diseñado el modelo se procede a procesar los datos asociados a los predicados simples con la utilización del FTS. Los resultados obtenidos se analizan y discuten, pero no pueden quedar aislados; estos deben ser registrados y luego divulgados para que puedan ser utilizados y enriquecidos posteriormente.

Hay que lograr que la metodología se comunique con las personas que resuelven los problemas y puedan crear las representaciones ontológicas, y que a su vez estas puedan ser utilizadas por otros, por lo que se puede ser creador y usuario a la vez. En la metodología quedará reflejada la conversión de un registro semiótico a otro y las representaciones semióticas que se utilizan en cada uno de esos registros. Al tener sus bases en el lenguaje común o profesional, esta metodología podrá ser implementada en cualquier empresa a cualquier nivel organizativo.

## **8.1 DISEÑO DEL MODELO BASADO EN LDC**

En este epígrafe se presenta la primera parte de la metodología relacionada con los pasos para modelar un concepto asociado a un conocimiento determinado de la empresa. Para una explicación más detallada se hará uso del caso “Competitividad de Empresas”, modelo creado para determinar la empresa más competitiva (ESPÍN-ANDRADE; FERNÁNDEZ, 2009).

## **8.2 DEFINIR EL CONCEPTO A MODELAR**

Se trata de definir el problema basado en un lenguaje profesional o común, caracterizado por la utilización de palabras que le brindan un matiz difuso, ambiguo y vago, que se denominan conjuntos difusos.

Ejemplos de conjuntos difusos son: bueno, alto, elevado, satisfactorio, adecuado, apropiado, etc. También se utilizan palabras que intensifican o disminuyen el valor del conjunto difuso al que acompañan, estas son llamadas modificadores, en este caso se encuentran las palabras muy y algo.

En el ejemplo:

Una empresa es competitiva en una línea de productos en un mercado dado si (1) su economía es sólida, (2) su posición tecnológica es de avanzada y (3) es fuerte en esa línea de productos en el mercado en cuestión.

1. Una empresa es económicamente sólida si tiene un buen estado financiero y buenas ventas. Si el estado financiero fuera algo malo debe ser compensado con muy buenas ventas.
2. Una empresa tiene una posición tecnológica de avanzada si su tecnología actual es buena y además es dueña de patentes, o tiene productos en investigación desarrollo, o dedica cantidades importantes de dinero a esta actividad. Si su tecnología es algo atrasada, entonces debe tener muchas patentes, o muchos productos en investigación desarrollo, o dedicar cantidades muy importantes de recursos a esta actividad.
3. Una empresa es fuerte en una línea de productos, si tiene fortaleza en el mercado, tiene una línea variada de productos y es independiente del proveedor.

Obsérvese que el primer párrafo es la definición más general de lo que es una empresa competitiva, donde se han marcado en negritas los conjuntos difusos. El concepto a modelar estará formado de predicados compuestos y/o predicados simples. Los predicados simples son los que tienen datos asociados y no tienen una conceptualización. En este ejemplo existen tres predicados compuestos que conforman el predicado a evaluar, que también es compuesto:

1. Si su economía es sólida.
2. Su posición tecnológica es de avanzada.
3. Es fuerte en esa línea de productos en el mercado en cuestión.

### 8.2.1 EXPRESAR EL PREDICADO A EVALUAR Y ASIGNARLE UN SÍMBOLO

Una vez definido el concepto que se va a modelar se debe expresar separadamente el predicado a evaluar, con el objetivo de tener bien preciso a dónde se quiere llegar. Debe asignársele un símbolo, generalmente una o dos letras que, en la medida de lo posible, encierre el significado de dicho predicado.

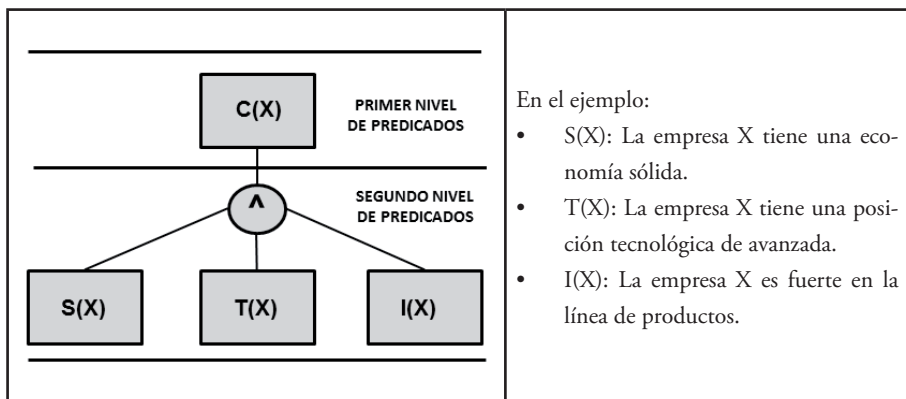
En el ejemplo:  $C(X)$ : La empresa X es competitiva.

Obsérvese que al utilizarse la palabra competitiva se seleccionó la letra C. Además el predicado se expresa en términos de una empresa X debido a que se puede querer evaluar varias empresas al mismo tiempo, por lo que la variable X hace referencia a cada una de esas empresas. Estas características se mantienen para el resto de los predicados, tanto simples como compuestos, que se vayan creando.

### 8.2.2 CONFORMAR EL SEGUNDO NIVEL DE PREDICADOS

El predicado a evaluar puede estar formado tanto por predicados simples como compuestos, los simples tendrán datos asociados y los compuestos a su vez estarán conformados por otros predicados que también pueden ser simples o compuestos. En este paso se expresan los predicados que componen el segundo nivel de predicados, o sea, los predicados que componen el predicado a evaluar (este último es del primer nivel). En la Figura 3 se pueden observar.

Figura 3: Representación esquemática del segundo nivel de predicados.



Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.3 EXPRESAR EL PREDICADO A EVALUAR EN PREDICADOS DE LA LDC

Una vez expresados en lenguaje profesional el predicado a evaluar y cada uno de los que lo componen, es momento de expresar el predicado a evaluar en predicados de la LDC aplicando las transformaciones de los registros semióticos. En este caso a partir de una transformación de r1 (registro semiótico: lenguaje natural o profesional) a r2 (registro semiótico: predicados de la LDC).

En el ejemplo:

Predicado a evaluar:  $C(X) = S(X) \wedge T(X) \wedge I(X)$

### 8.2.4 DESCRIBIR LOS PREDICADOS COMPUESTOS DE ESE NIVEL

“Ese nivel” se refiere a los predicados de segundo nivel en este caso, el cual está compuesto por aquellos que forman parte directamente del predicado a evaluar. En este paso se describen los predicados compuestos, ya que los simples no necesitan describirse, pues ya ellos tienen datos asociados. Si solo existieran predicados simples a este nivel, entonces solo restaría representar los predicados en un árbol de decisión; es por eso que se debe realizar la pregunta de si existen predicados compuestos en ese nivel antes de realizar este paso.

En el ejemplo:

- $S(X)$ : Una empresa es económicamente sólida si tiene un buen estado financiero y buenas ventas; si el estado financiero fuera algo malo, debe ser compensado con muy buenas ventas.

Obsérvense la frase en negritas, las mismas plantean una posibilidad más a tener en cuenta. En muchas ocasiones existen elementos que pueden ser más importantes que otros, existe una prioridad; por lo que si las debilidades en uno pueden ser compensadas con las fortalezas del otro, esto es algo a tener en cuenta. Se puede verificar que la utilización de estos elementos sugiere un enriquecimiento importante del modelo.



### 8.2.5 EXPRESAR LOS PREDICADOS SIMPLES Y COMPUESTOS ASOCIADOS A LOS PREDICADOS COMPUESTOS DE ESE NIVEL

Después de describir todos los predicados compuestos de segundo nivel, es necesario expresar todos los predicados, tanto simples como compuestos, que se encuentran por debajo de los mismos. Obsérvese que los predicados compuestos que forman parte de los predicados de segundo nivel se denominarían predicados de tercer nivel. Para lograr una mejor comprensión y organización del modelo se agrupan los predicados en función del predicado compuesto al que están asociados.

En el ejemplo:

- Predicados asociados a  $S(X)$ :
  - $F(X)$ : La empresa  $X$  tiene un buen estado financiero.
  - $V(X)$ : La empresa  $X$  tiene buenas ventas.

### 8.2.6 EXPRESAR LOS PREDICADOS EN PREDICADOS DE LA LDC

Una vez expresados todos los predicados, tanto simples como compuestos, que se encuentran por debajo de los predicados de segundo nivel, se procede a transformarlos en predicados de la LDC. Obsérvese que es una transformación de  $r1$  (registro semiótico: lenguaje natural o profesional) a  $r2$  (registro semiótico: predicados de la LDC).

En el ejemplo:

- Expresión de  $S(X)$ :  $S(X) = F(X) \wedge V(X) \wedge [\neg F^{0.5}(X) \rightarrow V^2(X)]$

En la expresión de  $S(X)$  se puede observar los elementos adicionales que enriquecen el modelo (explicado en el Paso 5), el cual debe ser representado entre corchetes y se utiliza la implicación (representada por la flecha), ya que, como se explicó, la carencia de un elemento debe implicar la fortaleza en el otro.

Antes de ejecutar el paso siguiente se debe realizar la pregunta: ¿existen predicados compuestos en el siguiente nivel?; o sea, si ya se expresaron los predicados del segundo nivel entonces se debe verificar la

existencia de predicados compuestos en el tercer nivel. De ser positiva la respuesta entonces habría que continuar el diseño del modelo y repetir los Pasos 5, 6 y 7; luego volver a realizar la misma pregunta y así sucesivamente. Si la respuesta es negativa esto significa que todos los predicados de tercer nivel son simples y, por lo tanto, no existe un cuarto nivel de predicados, por lo que, representando el tercer nivel de predicados en el árbol difuso, se obtiene el árbol completo. Este es el paso que a continuación se presenta.

### 8.2.7 REPRESENTAR TODOS LOS PREDICADOS EN UN ÁRBOL DE DECISIÓN

Cuando ya están descritos y expresados todos los predicados se procede a construir el árbol de decisión. De esta forma el conocimiento de los especialistas queda almacenado en ontologías y se puede utilizar para realizar evaluaciones sobre determinado aspecto. Estas ontologías se pueden conectar con otras y estas a otras, de forma tal que las decisiones que se tomen tengan cada vez más componentes, las cuales parten de la integración de varias disciplinas.

Gracias a las ventajas que se han ido incorporando en el desarrollo de software, no resulta imprescindible la construcción del árbol de decisión, ya que su construcción se hace más fácil y didáctica a través de las nuevas herramientas y posibilidades incluidas en el *Fuzzy Tree Studio*. Por lo tanto, la realización de este paso se deja como una decisión de cada especialista según sus requerimientos.

Hasta aquí se ha desarrollado la parte de la metodología relacionada con el Diseño del modelo basado en LDC. En el siguiente epígrafe se explica detalladamente cómo procesar los datos a través del software para obtener los resultados y luego analizarlos.

## 8.3 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS A PARTIR DEL SOFTWARE *FUZZY TREE STUDIO*

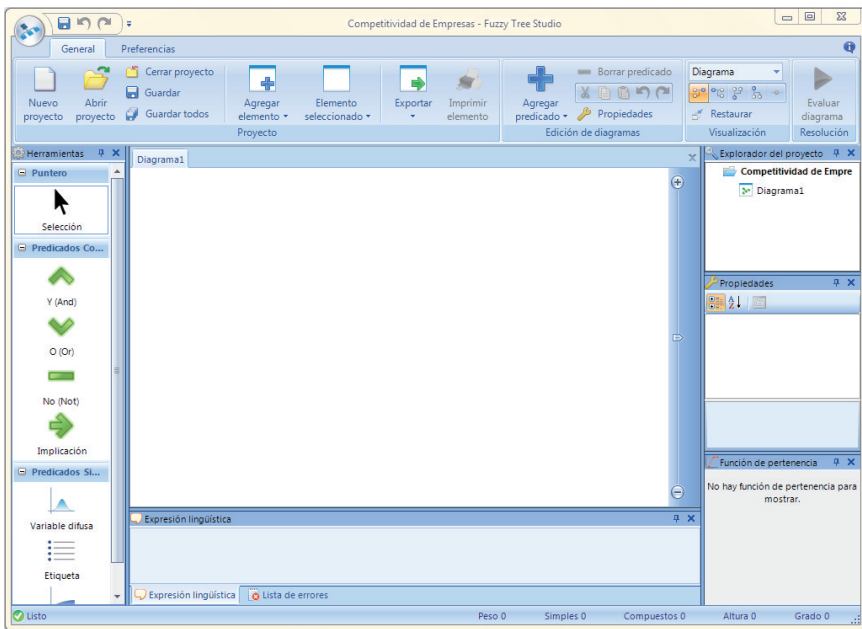
Una vez obtenido el modelo a partir del procedimiento explicado en el epígrafe anterior, se procede a procesar los datos asociados a los predicados simples con el objetivo de determinar cuan cierto es que se cumple lo que se estableció como predicado a evaluar y obtener además un orden de prioridad a partir de los resultados del procesamiento.

Para realizar el procesamiento de los datos se utilizó el *Fuzzy Tree Studio* (FTS), el cual es un Sistema de Soporte a Decisiones Basado en Árboles con Operadores de Lógica Difusa. Como ya se planteó, esta es una versión superior del *software* ICpro (Sistema de Análisis de Datos con Técnicas de Inteligencia Computacional) muy utilizado también en los últimos años, tanto en la investigación como en la academia.

### 8.3.1 CREAR UN NUEVO PROYECTO

Para crear un nuevo proyecto se presiona el ícono que lleva el mismo nombre en el extremo superior izquierdo de la ventana. Una vez pulsado este botón aparece una ventana a partir de la cual se introducen los datos del nombre del proyecto y su ubicación. Ya creado el proyecto se activa toda el área de trabajo, incluyendo algunas opciones relacionadas con el proyecto que permanecían ocultas o inactivas hasta el momento, lo cual se puede apreciar en la Figura 4.

Figura 4: Área de trabajo del FTS.



Fuente: *Fuzzy Tree Studio*.

Como se puede apreciar en las figuras anteriores el nuevo proyecto se titula Competitividad de Empresas. Este es el caso de estudio que se ha estado utilizando en este trabajo y que ahora se empleará para explicar cómo se trabaja con el FTS para el procesamiento de los datos de un modelo basado en LDC. A partir de este momento se comienzan a insertar los predicados mediante la construcción del diagrama (árbol de decisión) con la particularidad de que se comienza desde la raíz hasta las ramas, es decir, desde el predicado a evaluar hasta los predicados simples. Se plantea que es una particularidad porque en la versión anterior (el *software* ICpro) se debía comenzar por los predicados simples y lo último que se construía era el predicado a evaluar.

### 8.3.2 CREAR UN DIAGRAMA

Para crear el diagrama existen varias opciones, entre las que se encuentra hacer clic derecho en la carpeta que lleva el nombre del proyecto (Competitividad de Empresa para este caso de estudio) que aparece en el explorador del proyecto a la derecha y arriba en la ventana del software. Al hacer el clic aparecen varias opciones, ahí se busca Agregar Elemento y luego se selecciona Diagrama.

### 8.3.3 CONSTRUIR EL DIAGRAMA E INSERTAR LOS PREDICADOS

La construcción del diagrama se va realizando a medida que se van insertando los predicados, por lo que ambas acciones se explican de conjunto a continuación. Se puede elegir entre construir el diagrama completo y luego definir las propiedades de cada uno de los predicados o ir definiendo las propiedades a medida que se van insertando los predicados. Este elemento resulta un gran avance con respecto al ICpro debido a que en este se debían insertar manualmente todos los predicados simples primero para luego poder insertar los predicados compuestos.

En el extremo izquierdo se trabaja con la paleta Herramientas para seleccionar los símbolos de los predicados, ya sean simples o compuestos y en el extremo derecho se definen las propiedades de cada uno de los predicados. Según el tipo de predicado que se vaya a insertar se selecciona

el símbolo haciendo clic encima del mismo y luego se hace clic encima del predicado al cual va asociado.

- Predicados compuestos

En el caso de los predicados compuestos se debe seleccionar entre cuatro opciones en dependencia de si el predicado es conjuntivo (conformado por una conjunción de predicados), disyuntivo (conformado por una disyunción de predicados) o constituye una implicación. De esta manera se inserta el primer predicado que es el Predicado a Evaluar que, por supuesto, es un predicado compuesto. En el caso de estudio es el predicado conjuntivo  $C(X)$ , por lo tanto de la paleta Herramientas se selecciona el símbolo de la conjunción, ya que está conformado por la conjunción de tres predicados compuestos y se hace clic en el área del diagrama.

- Predicados simples

La inserción de los predicados simples está en dependencia del tipo de datos que estos tienen asociados. Teniendo en cuenta esto existen tres variantes en el software. Las variantes son las siguientes:

- Variable difusa: predicado simple que utiliza conjuntos difusos para obtener el valor de verdad.
- Etiqueta: predicado simple que utiliza opciones para obtener el valor de verdad.
- Numérico continuo: predicado simple que utiliza valores numéricos como valor de verdad.

Una vez definido el tipo de predicado simple que se va a insertar se hace clic en la selección y luego se hace clic en el predicado compuesto al cual está asociado. A continuación se explican cada una de las variantes mencionadas en el momento de definir las propiedades de los predicados simples.

### **8.3.4 DEFINIR LAS PROPIEDADES DE LOS PREDICADOS**

Ya sea al final o a medida que se van insertando los predicados, se deben ir definiendo las propiedades de cada uno de los mismos, las cuales varían en dependencia de si es simple o compuesto. A continuación

se explican ambos casos. Se debe evitar la utilización de números en la definición del nombre de los predicados

- Predicados compuestos

En el caso de los predicados compuestos es más sencillo ya que estos no tienen datos asociados y por lo tanto solo es necesario introducir el nombre y la descripción del mismo. En todos los casos se utilizan el nombre y la descripción que se definieron en el diseño del modelo.

- Predicados simples

El caso de los predicados simples es un poco más complejo ya que estos tienen datos asociados y la definición de sus propiedades está en dependencia del tipo de predicado simple y, por lo tanto, de la variante seleccionada en el epígrafe anterior. A continuación se explica cómo proceder en cada caso. Para todos los tipos de predicados simples, al igual que los compuestos, lo primero que se define es el nombre y la descripción según el diseño del modelo basado en LDC.

- Variable difusa

Esta variante tiene asociado un grupo de informaciones. Se comienza con la introducción del nombre del predicado y su descripción como ya se explicó anteriormente y se continúa con el resto de los elementos, los cuales se describen a continuación.

- Unidad de medida: recoge cómo se va a medir la variable difusa (unidades monetarias, de peso, de altura, etc.).
- Valor mínimo, valor máximo: rango de valores que puede tomar la variable difusa, generalmente se escoge un rango de valores bastante amplio, de manera tal que pueda recoger todos los valores posibles de la variable.
- Tipo de función: presenta un conjunto de funciones para representar el comportamiento de la variable. Se recomienda utilizar la función sigmoidea (también sigmoidal) ya que es la más apropiada para este tipo de estudio según los especialistas (ESPÍN-ANDRADE; FERNANDEZ, 2009). Esta función tiene asociados dos parámetros, los cuales aparecen a continuación.

Parámetros:

- **Sigma:** se refiere al valor de alfa, el cual se obtiene a partir de gamma y beta mediante la ecuación. Existe un valor de alfa para cada predicado simple.
- **Centro:** se refiere al valor de gamma, expresa el valor aceptable, o sea, el valor a partir del cual se acepta que es más cierto que falso lo expresado como conjunto difuso (Ej.: a partir de 1.8 m se considera que un hombre es alto).

Para calcular alfa es necesario definir el Parámetro Beta. Este es la pre-imagen del 0.1, es decir, expresa el valor casi inadmisibles (ej.: con una altura de 1.6 m es casi inadmisibles pensar que un hombre sea alto). Luego con gamma y beta se puede obtener alfa mediante la fórmula. Para esto se recomienda preparar una Hoja de Cálculo en Excel (Ver Figura 7) donde aparezcan todos los predicados simples y los valores de los parámetros definidos para cada uno, insertando la fórmula de alfa se puede calcular su valor automáticamente para cada predicado sin necesidad de calculadora. En la parte superior de la Figura se aprecia la fórmula de alfa ya insertada, esto tiene la ventaja de calcular el valor rápidamente y poder utilizar la misma hoja de cálculo para todos los proyectos que se hagan.

Figura 5: Cálculo de alfa utilizando una hoja de cálculo de *Excel*.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E
1					
2			IP	VL	M
3	Parámetro #1	Gamma	5	5	25
4		Beta	2	2	5
5	Parámetro #2	Alfa	$\frac{1}{(C3-C4)}$	0.73240819	0.10986123
6					

The formula bar at the top shows the formula:  $\frac{1}{(\text{LOG}(0.9, \text{EXP}(1)) - \text{LOG}(0.1, \text{EXP}(1))) / (C3 - C4)}$

Fuente: Datos Excel.

**Función de pertenencia:** en esta área se visualiza la función de pertenencia a partir de la información que se ha introducido anteriormente. Con esta opción se termina la inserción de toda la información necesaria con respecto a ese tipo de predicado.

## A) ETIQUETA

Se definen las propiedades de la etiqueta al añadir el nombre y la descripción del predicado simple en cuestión. Luego se ejecuta el Editor de Colección de Etiquetas para establecer los valores de cada una. Existen ocasiones en que es conveniente declarar un conjunto de opciones para obtener el valor de verdad. Consiste en asignarle a cada conjunto difuso un valor entre 0 y 1.

Es necesario destacar que a la hora de insertar los datos los valores que se declaran son los conjuntos difusos (en mayúsculas) y no el valor numérico asignado, este último lo reconoce automáticamente el software a la hora de realizar los cálculos. Para insertar las etiquetas y los valores asociados a las mismas se hace clic en Agregar, luego se insertan el nombre de la etiqueta y su valor y se hace clic en agregar para añadir la siguiente etiqueta y así sucesivamente, una vez terminado este proceso se da clic en Aceptar.

Esta variante generalmente se utiliza cuando el predicado simple en cuestión no tiene asociado valores reales o que no sean medibles. Por ejemplo si no se tiene el dato de la estatura de una persona pero sabemos que es bastante alta entonces se pudiera responder como Bastante a la pregunta de cuán cierto es que dicha persona es alta. Para definir la etiqueta correspondiente a cada caso se debe hacer uso de especialistas o expertos que tengan conocimientos y experiencia en cuanto al tema que se trata.

## B) NUMÉRICO CONTINUO

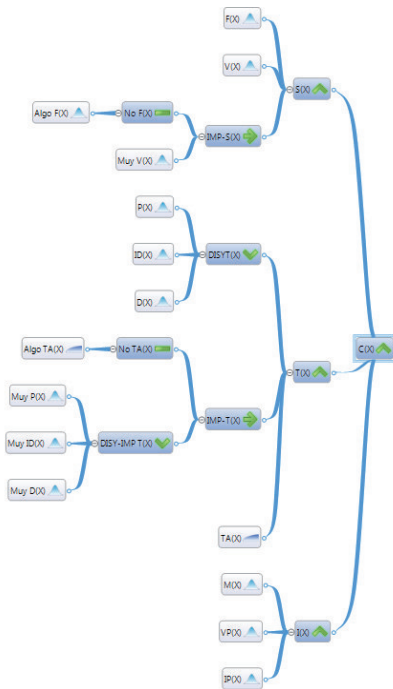
Esta última opción utiliza un valor numérico entre 0 y 1 que tiene una clasificación en la tabla de valores de verdad. Este valor numérico puede ser el valor de verdad obtenido en otro proyecto, destacar que, como el propio conocimiento, estos modelos se pueden conectar unos con otros por lo que el predicado a evaluar en un proyecto puede ser un predicado simple en el otro, cuyo dato asociado es sencillamente el valor de verdad obtenido en el modelo al que pertenece. En esta opción no se introduce ningún dato directamente en el *software*. El dato asociado a este tipo de predicado simple se debe introducir en el archivo que luego el programa carga para procesar los datos. En este caso solo se insertan el nombre y la descripción en las propiedades.



### 8.3.5 OBTENCIÓN DEL DIAGRAMA TERMINADO

En la Figura 6 se muestra el diagrama terminado. Según se puede apreciar, los predicados compuestos se ven más oscuros que los simples para diferenciarlos; además, se aprecian claramente las relaciones entre cada uno de los predicados, señalando también cada uno de los tipos de predicados, ya sean simples o compuestos. Se observa además una excelente organización en los niveles de los predicados, brindando la posibilidad de delimitar cada nivel.

Figura 6: Diagrama completamente terminado.



Fuente: Datos *Fuzzy Tree Studio*.

Como se puede apreciar en la Figura, están representados todos los predicados, simples y compuestos, en el diagrama; el cual constituye un avance muy importante con respecto al *software* anterior al poder visualizar todos los predicados y las relaciones entre los mismos. En Visualización (Menú General) el software brinda un conjunto de opciones adicionales

para visualizar el diagrama en otras posiciones, aunque la más recomendada es la que se muestra en la Figura 6.

Una vez terminado el diagrama se debe verificar que no existan errores, para lo cual se chequea la lista de errores que aparece en la parte baja de la pantalla. Este nuevo elemento resulta de gran importancia para detectar los errores que se pudieron haber cometido durante la inserción de los predicados, ayudando a corregirlos a tiempo antes de comenzar a procesar los datos. También se debe verificar que estén definidas las propiedades de todos los predicados para poder avanzar hacia el siguiente paso que es la creación del conjunto de datos que serán procesados.

### 8.3.6 CREAR UN CONJUNTO DE DATOS

Habiendo terminado de construir todo el diagrama, definido las propiedades de todos los predicados y chequeado que no existan errores, se procede a la creación del conjunto de datos que están asociados a los predicados simples para luego determinar cuán cierto es que se cumple lo definido en el predicado a evaluar. Para esto se hace clic derecho en la carpeta que lleva el nombre del proyecto en el Explorador del Proyecto que se encuentra ubicado en el extremo superior derecho de la ventana. El software brinda dos opciones iniciales para adquirir los datos:

1. Fuente externa: permite obtener los datos a partir de un archivo externo que puede estar en formato Excel o de texto.
2. Manual: permite ingresar los datos manualmente en el software.

Mediante una serie de ventanas el software le permite configurar la forma de obtener los datos. Se recomienda utilizar la fuente de datos externa a partir de un archivo *Excel* previamente creado que contenga todos los datos de forma organizada. Para esto se selecciona *Microsoft Excel* como el tipo de fuente externa, luego se busca el archivo precisando el nombre de la Hoja donde se encuentran los datos. Se recomienda en este paso marcar la opción que permite guardar los datos en el proyecto.

Para el caso de estudio en cuestión se preparó una hoja de cálculo en *Excel* con los datos de cada uno de los predicados como se muestra en la Figura 7.

Figura 7: Hoja de cálculo en Excel con los datos asociados a los PS.

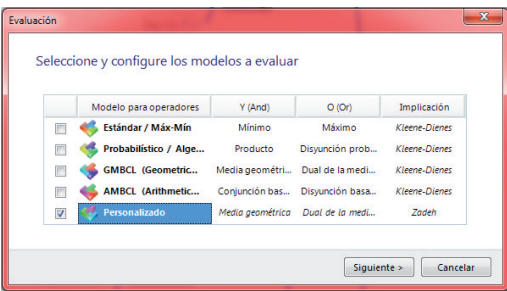
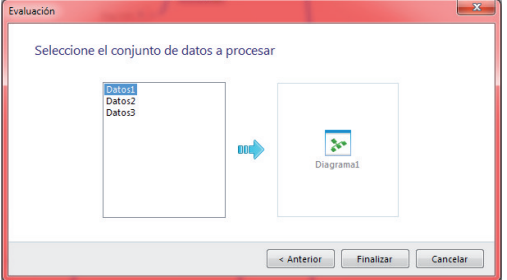
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2	Empresa	IP(X)	VP(X)	M(X)	V(X)	TA(X)	P(X)	ID(X)	D(X)	F(X)	Algo F(X)	Algo TA(X)	Muy V(X)	Muy P(X)	Muy ID(X)	Muy D(X)	
3	A	5	3	5	4,5	0,3	20	10	2,7	1	1	0,55	4,5	20	10	2,7	
4	B	8	8	20	6	0,5	6	15	4	9	9	0,71	6	6	15	4	
5	C	12	10	16	6,5	0,7	14	7	0,16	8	8	0,84	6,5	14	7	0,16	
6	D	5	4	38	8	0,8	15	9	2,9	4	4	0,89	8	15	9	2,9	

Fuente: Datos Excel.

### 8.3.7 EVALUACIÓN DEL DIAGRAMA

Una vez creado el conjunto de datos se procede a ejecutar la actividad final del proyecto que es la evaluación del modelo. Para esto se utiliza el comando que aparece en el extremo derecho del menú del FTS con el nombre “Evaluar Diagrama”. Para que este comando esté visible se debe tener activada la ventana donde aparece el diagrama que se quiere evaluar. Cuando se presiona este botón aparecen las ventanas que se muestran en la Figura 8.

Figura 8: Etapas de la evaluación del diagrama.

Etapa	Características
	<p>Se pueden seleccionar todos los modelos que aparecen en la pantalla o seleccionar alguno entre ellos. Para este caso se seleccionó el Personalizado con la descripción que se muestra en la pantalla. Una vez realizada la selección se da clic en siguiente para que aparezca otra ventana.</p>
	<p>En esta ventana se selecciona el conjunto de datos con el que se va a evaluar el diagrama. Una vez seleccionado el conjunto de datos se hace clic en Finalizar para que se muestren los resultados.</p>

Fuente: Datos Fuzzy Tree Studio.

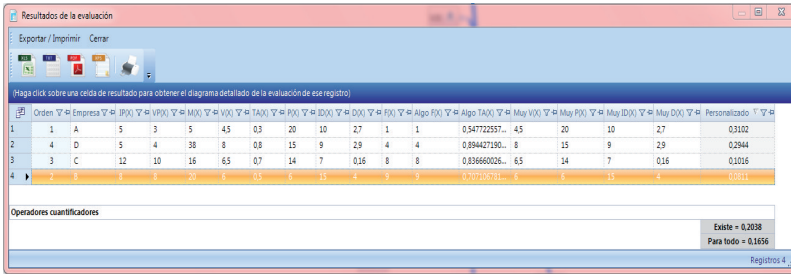
Al seleccionar un conjunto de datos determinado puede aparecer el siguiente error: No se encontró el campo correspondiente al conjunto de datos. Este error puede deberse a diferentes eventos, por lo que se deberán revisar y corregir los datos en dependencia de la fuente que se haya utilizado y luego volverlos a cargar en el software. Los eventos son los siguientes:

- Algunos números aparecen con puntos. Se debe revisar que todos los números decimales aparezcan con comas.
- En el nombre del predicado se utilizó algún número. Es preferible evitar la utilización de números para nombrar los predicados cuando se están definiendo sus propiedades.
- El nombre o símbolo del predicado no coincide con el declarado en los datos. Si esto sucede el software no tiene como asociar los datos cargados al predicado correspondiente y por eso se produce el error.
- Ausencia de algún dato.

Estos son los principales eventos que pudieran presentarse, pero en la práctica pudieran surgir otros. De cualquier manera, lo esencial es definir bien las propiedades de los predicados y tener en cuenta los elementos mencionados a la hora de crear el conjunto de datos. Constituye una limitación del software no especificar el tipo de error al que se hace referencia. Si se produce algún error entonces revisar bien todo lo que se ha hecho y volverlo a intentar.

Si al pulsar el botón Finalizar no aparece ningún error entonces el programa muestra los resultados para el diagrama seleccionado como se muestra en la Figura 9 Como se puede apreciar, en la misma se muestran primeramente los datos para cada una de las empresas y al final se muestran los resultados según el modelo o los modelos seleccionados. En este caso se muestran para el modelo Personalizado.

Figura 9: Resultados de la evaluación.



Fuente: Datos *Fuzzy Tree Studio*.

La ventana de la figura muestra varias opciones para exportar los resultados a otros programas. También aparecen los valores de verdad calculados para los operadores cuantificadores (Existe y Para todo). Para ordenar los valores de verdad de forma ascendente o descendente solo es necesario hacer clic encima de la celda con el nombre del modelo seleccionado, en este caso Personalizado. En la Figura 9 se muestran los resultados de mayor a menor.

El resultado obtenido es el valor de verdad de acuerdo a cuán cierto es que se cumple lo definido como predicado a evaluar, es decir cuán cierto es que una empresa es competitiva. Este valor se compara con las categorías de los valores de verdad que aparecen en la Tabla 1 para poder clasificarlo en una de esas categorías.

Tabla 1: Categoría de los valores de verdad.

Valor de Verdad	Categoría
0	falso
0,1	casi falso
0,2	bastante falso
0,3	algo falso
0,4	más falso que verdadero
0,5	tan verdadero como falso
0,6	más verdadero que falso
0,7	algo verdadero
0,8	bastante verdadero
0,9	casi verdadero
1	verdadero

Fuente: Elaboración propia.

Retomando la Figura 9 se puede apreciar que todos los resultados están por debajo de 0.5, por lo que es más falso que verdadero que alguna de estas empresas sea competitiva. Luego, el valor más alto obtenido se encuentra entre “algo falso” y “más falso que verdadero”, por lo que se puede decir que es prácticamente algo falso que la Empresa A sea competitiva. En ese orden le siguen D, C y B, siendo para esta última prácticamente falsa que sea competitiva.

#### **8.4 REGISTRO DE LA SOLUCIÓN**

Las empresas por lo general padecen una gran enfermedad, la de la fuga del conocimiento. La operatividad arrasadora y la voráGINE característica del trabajo diario hacen que las soluciones a los problemas que se presentan no se registren o se guarden, ya ni hablar de estandarizarlas y divulgarlas a todo el personal para que puedan ser utilizadas cuando se vuelva a presentar el problema.

Al no divulgar las soluciones se corre el riesgo de que cuando se presente el problema en otra área se tenga que pensar en una nueva solución, con lo cual se pierde tiempo y recursos ya que la solución a dicho problema ya existía. También, está presente el fenómeno del conocimiento que se pierde con los trabajadores que se van de la empresa. Toda la experiencia acumulada por ese trabajador, así como los recursos empleados en su desarrollo y capacitación, su inteligencia y sabiduría, de momento dejan un gran vacío en la empresa cuando se va el trabajador sin haber sido capaces de retener todo ese conocimiento para seguirlo utilizando en las empresas.

Las empresas cubanas tienen que apostar cada vez más por la Gestión del Conocimiento, por lo que en la metodología propuesta un paso fundamental es registrar la solución. Para esto la empresa se puede apoyar en los mecanismos creados por el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), principalmente en lo referente a los registros, pero no es imprescindible tener implantado un SGC para registrar la solución.

#### **8.5 DIVULGACIÓN**

El registro de la solución por sí mismo no garantizará que sea de conocimiento de todo el personal. Para lograr ese objetivo es necesario divulgar

el nuevo conocimiento creado para que pueda ser utilizado por todos, lo cual se puede realizar a través de murales, páginas web, boletines, acta de consejos técnicos o de dirección, cursos, fórums, informes técnicos, etc. Se deben utilizar todas las vías posibles para que la solución llegue a todos.

Es necesario destacar que el hecho de divulgar el conocimiento hace que este crezca y se perfeccione. De esta manera los modelos inicialmente creados se pueden ir perfeccionando con nuevas ideas, lo cual conllevará a soluciones más integrales y más objetivas. El aporte de cada cual será muy valioso para ir desarrollando el conocimiento de la empresa.

Esta es la etapa final de la metodología que, como se ha visto, abarca desde el surgimiento del problema hasta la divulgación de la solución. En el próximo capítulo se muestra cómo se aplica esta metodología a casos de estudio de problemas reales que se han presentado en varias empresas.

## 9 CONCLUSIONES

La Inteligencia Organizacional Semántica revolucionará el trabajo en las empresas. La Semántica aporta el trabajo con el lenguaje y la vaguedad implícita en la propia forma de razonar del ser humano. La IOS pretende generar sistemas capaces de unificar la Gestión del Conocimiento, el Descubrimiento de Conocimiento y la Toma de Decisiones en estructuras homogéneas apoyadas por la LDC y las ontologías difusas.

La utilización del ICpro, a pesar de sus limitaciones, impulsó significativamente el empleo de la LDC en la solución de problemas y el procesamiento de los datos. El FTS resolvió las deficiencias del ICpro e incorporó nuevas herramientas que facilitan el procesamiento de los datos de una forma más práctica y eficiente, permitiendo ampliar la gama de usuarios.

Se estableció un procedimiento para diseñar el modelo basado en LDC, desarrollado en ocho pasos, enfocado en realizar ordenadamente dos transformaciones de registros semióticos: del lenguaje profesional a predicados de la LDC y de estos a los árboles de decisión.

Se definieron los pasos para procesar los datos utilizando el Fuzzy Tree Studio, que abarcaron desde la creación del proyecto hasta la evaluación del diagrama diseñado, permitiendo realizar un análisis

detallado de los resultados. Se constató la superioridad del FTS sobre el ICpro, principalmente en la visualización y el fácil manejo.

Las empresas cubanas deben apostar cada vez más por la Gestión del Conocimiento, por lo que un paso fundamental es registrar la solución; para lo cual la empresa puede apoyarse en los mecanismos creados por los sistemas de gestión. No obstante, esto no garantizará que sea de conocimiento de todo el personal, es necesario divulgar el nuevo conocimiento creado para que pueda ser utilizado por todos.

La aplicación de la metodología obtenida a las empresas seleccionadas permitió, con el empleo de los modelos basados en LDC y el software FTS, facilitar la gestión del conocimiento y la toma de decisiones para la solución de las problemáticas presentadas.

## REFERENCIAS

- ADIREKPULLAP, T. *Integration of business intelligence and knowledge management as a strategic intelligence tool*. Nottingham: University of Nottingham, 2008.
- ALIPOUR, M.; AKHAVAN, A. N.; SALEHI, M. An empirical study determinant of successful knowledge management programs: A lesson for Iran. *International Journal of Business and Management*, v.4, n.3, 2009.
- CAMPBELL, G. G. *MediaHub: bayesian decision-making in an intelligent multimodal distributed platform hub*. Coleraine (UK): University of Ulster, 2008.
- CHAO-BATALLER, A. Aplicación de la lógica difusa compensatoria en la selección de ofertas de armaduras ópticas. *Revista Ingeniería Industrial*, v.31, n.2, 2010.
- CHAO-BATALLER, A. *Metodología para la gestión del conocimiento y la toma de decisiones basado en lógica difusa compensatoria*. La Habana: Cujae, 2015.
- DUVAL, R. *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali (Colombia): Universidad del Valle y Peter Lang, 1999.
- ESPÍN-ANDRADE, R. A. et al. Fuzzy semantic transdisciplinary knowledge discovery approach for business intelligence. In: ESPÍN-ANDRADE, R. A.; MARX-GÓMEZ, J.; RACET-VALDÉZ, A. (Ed.). *Towards a trans-disciplinary technology for business intelligence: Gathering Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Making*. Aachen: Shaker, 2011.



ESPÍN-ANDRADE, R. A.; FERNÁNDEZ, E. La lógica difusa compensatoria: Una plataforma para el razonamiento y la representación del conocimiento en un ambiente de decisión multicriterio. In: *ANÁLISIS multicriterio para la toma de decisiones: métodos y aplicaciones*. Cuauhtémoc: Plaza-Valdés, 2009.

GARCÍA, J. J. G.; PALACIOS, F. J. P. ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.5, n.13, 2006.

GESUALDO, S. *Informe final del Sistema Fuzzy Tree Studio*. Mar del Plata: Universidad CAECE, 2010.

HUTCHINSON, V.; QUINTAS, P. Do SMEs do knowledge management?: or simply manage what they know? *International Small Business Journal*, v.26, n.2, p.131-154, 2008.

KERR, K.; NORRIS, T.; STOCKDALE, R. Data quality information and decision making: a healthcare case study. In: AUSTRALASIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 18., 2007. *Proceedings...* Toowoomba: USQ, 2007.

MARTÍNEZ-LÓPEZ, J. C. A. F. J. A knowledge discovery method based on genetic-fuzzy systems for obtaining consumer behaviour patterns: An empirical application to a web-based trust model. *International Journal of Management and Decision Making*, v.10, n.27, 2009.

MESHINO, G. *ICPRO: framework de análisis de datos con técnicas de inteligencia computacional (version 1.0)*. Mar del Plata, 2008.

RIESCO, M. *Gestión del conocimiento en ámbitos empresariales: “Modelo Integrado-Situacional” desde una perspectiva social y tecnológica*. Madrid: UPS, 2004.

ROSU, S. M.; DRAGOI, G.; GURAN, M. A knowledge management scenario to support knowledge applications development in small and medium enterprises. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, v.9, n.1, 2009.

SAMBAMURTHY, V.; SUBRAMANI, I. Special Issue on information technologies and knowledge management. *MIS Quarterly*, v.29, n.1, p.1-7, Mar. 2005.

SMALL, C. T.; SAGE, A. P. Knowledge management and knowledge sharing: a review. *Information Knowledge Systems Management*, n.5, n.3, p.153-169, 2006.

WENGER, E. C.; SNYDER, W. M. Communities of practice: the organizational frontier. *Harvard Business Review*, p.139-145, Jan./Feb. 2000.