

# Capítulo 7

## Conclusiones y Líneas Futuras

*“La verdad existe y podemos alcanzarla, aunque sea relativamente.  
Lo que pasa es que la verdad encontrada por nuestros esfuerzos  
nunca es total ni definitiva,  
está en proceso de perfeccionamiento constante,  
y lo que podemos hacer es una búsqueda sin fin,  
acercándonos cada vez más a ella, sin poseerla nunca del todo”.*

Enrique Miret, escritor español en su obra “¿Qué nos falta para ser felices?” (2002)

En este apartado se presentan las conclusiones obtenidas en esta tesis considerando los siguientes aspectos: análisis de la consecución de objetivos, las principales aportaciones de la tesis, contrastación de resultados, y por último, líneas abiertas de investigación.

### 7.1 Análisis de la Consecución de Objetivos

**Con respecto a las tecnologías de información en bases de datos (objetivo 1) se concluye que:** La Teoría de conjuntos difusos (Dubois y Prade, 1988; Yager, 1983; Zadeh, 1965) permite acercar el funcionamiento de los sistemas de información al modo de trabajo de los seres humanos, ya que las personas manejan con gran frecuencia conceptos difusos (como “casi todo”, “la mayoría”, “aproximadamente 8”, etc.) que incluyen cierta imprecisión y que los sistemas informáticos tradicionales no entienden y, por tanto, no pueden utilizar.

Las bases de datos difusas han sido ampliamente estudiadas con el objetivo de permitir el almacenamiento de datos imprecisos, inciertos o difusos, a su vez, permiten consultar de forma imprecisa los datos existentes. Sin embargo, tradicionalmente la aplicación de la lógica difusa a las bases de datos ha prestado escasa atención al problema del modelado conceptual de los datos y restricciones. Pocas investigaciones referencian la posibilidad de representar una notación completa y exhaustiva de: tipos de atributos difusos, significados de distintos grados difusos, entidades difusas, interrelaciones difusas, restricciones difusas, agregación difusa. Todas las

componentes mencionadas anteriormente se plantean en esta tesis de forma integral, en una extensión del modelo conceptual EER.

En la actualidad existen algunos sistemas de gestión de bases de datos difusas que han sido creadas para el tratamiento de datos y consultas imprecisas, como es el caso del lenguaje FSQL (FuzzySQL) creado por el Dr. José Galindo para una plataforma Oracle (Galindo, 1999; Galindo et al., 1998)). En su producto sólo contempla el diseño lógico e implementación, en ningún momento un formalismo de diseño conceptual de datos imprecisos (difusos) o de algún tipo de restricciones difusas. De alguna forma, la propuesta generada en esta tesis de una definición de un modelo conceptual difuso FuzzyEER, es un complemento a la propuesta anteriormente mencionada. Considérese que además proponemos nuevos tipos de atributos difusos y nuevos métodos para flexibilizar las bases de datos que no fueron considerados en el FSQL creado por el Dr. Galindo.

**Con respecto a modelos conceptuales para bases de datos (objetivo 2) se concluye que:** La extensión del modelo ER/EER u otros modelos, en lo concerniente al tratamiento de datos y restricciones difusas, han sido estudiadas en pocas publicaciones, siendo, las más cercanas a nuestra propuesta las investigaciones de: Ma et al. (2001), Chen (1998), Yazici y Merman (1996), Davis y Bonnell (1989). En cada una de ellas se tratan atributos con imprecisión (difusos), generalmente asociados a etiquetas lingüísticas, y poco a relaciones de similitud. Hacemos hincapié, que ninguno de estos trabajos incluye añadir una semántica a los distintos grados difusos de atributos cuya imprecisión se refleja en un grado entre el intervalo  $[0,1]$ . Además, mucho menos hacen referencia a la posibilidad de flexibilizar las restricciones utilizando las herramientas que ofrece la teoría de conjuntos difusos, tampoco consideran todas las potencialidades que hemos incorporado al modelo difuso FuzzyEER. El modelo FuzzyEER abarca en su gran parte estas investigaciones y en una forma más natural dentro de una extensión al modelo ER/EER, manteniendo en lo posible, una notación intuitiva y fácil de aprender y entender.

En general, existen propuestas de modelado conceptual a casos específicos, por ejemplo Vert et al. (2000) y Chaudhry et al. (1994). En su mayor parte las representaciones de estas investigaciones son con respecto a dominios ordenados (etiquetas lingüísticas), rara vez dominios no ordenados (relaciones de semejanza o similitud). Considérese que éstas

representaciones sirven para los casos mencionados o algunos similares, no en representaciones más generalizada.

Es por ello, que esta tesis hace un aporte al modelado conceptual de datos en forma genérica o abstracta, integrando las propuestas de los autores anteriormente mencionados, y relacionando los distintos aspectos del modelo FuzzyEER, como modelo difuso, que lo consideramos compacto y suficientemente exhaustivo. Por supuesto, como se verá en el apartado de líneas futuras, este trabajo puede seguir siendo extendido o estudiado en diversos aspectos, que aunque pueden parecer menores, también resultan interesantes para ciertos modelos de datos particulares.

**Con respecto a la extensión del modelado de incertidumbre (objetivo 3) se concluye que:**

La teoría de conjuntos difusos permite definir atributos con referencial ordenado y no ordenado, normalizados (con máximo valor 1), o no normalizados (otros umbrales), para modelar información imprecisa perteneciente a cuatro tipos de atributos difusos definidos: Tipos 1 (crisp), Tipo 2 (referencial ordenado), Tipo 3 (referencias no ordenado), y Tipo 4 (referencial no ordenado). Además se pueden representar distintos grados de un atributo, o de un conjunto de atributos (a todos sus atributos), estos grados pueden entenderse con distintos significados: de pertenencia  $G^0$ , cumplimiento  $G^1$ , incertidumbre  $G^2$ , posibilidad  $G^3$ , importancia  $G^4$ . Los conceptos anteriormente expuestos permiten extender el modelo ER/EER a un modelo difuso FuzzyEER. Por consiguiente, se puede decir que un modelo de datos que contemple datos difusos, permite representar un tipo de datos de un sistema de información, que los sistemas tradicionales no abarcan y, por tanto, esa información se pierde en tales sistemas. Esto reduce el riesgo de obtener respuestas vacías de consultas efectuadas a la base de datos, ya que permite utilizar una escala de discriminación más fina que considera el intervalo  $[0,1]$  en vez del conjunto  $\{0,1\}$ . Es decir, permite recuperar instancias, que en modo preciso no se obtendrían, por cumplir la condición impuesta sólo de forma parcial. Además, el conjunto de instancias puede ordenarse respecto a su nivel de cumplimiento en dicha condición.

Las restricciones que en la actualidad establece el ER/EER (interrelaciones, jerarquías y categorías, etc.), se refieren al uso de valores enteros aplicados a las instancias de una entidad (o subclase), nunca ni siquiera a un porcentaje de las instancias de una entidad (o subclases). Los cuantificadores difusos (relativos o absolutos) permiten flexibilizar las restricciones definidas en

el FuzzyEER al contemplar restricciones muy flexibles, y como se ha dicho, no han sido tratadas en ninguna de las investigaciones anteriormente recopiladas.

**Con respecto a la validación mediante casos (objetivo 4) se concluye que:** En el capítulo 5 se presentó una aplicación a dos casos del modelo conceptual de datos FuzzyEER. Tanto el caso 1 de *gestión de una agencia inmobiliaria*, como el caso 2 para *control de calidad del papel* el cual ha sido implementado en el FSQL, en sus especificaciones de requerimientos tratan atributos, interrelaciones, restricciones y características difusas del modelo. En especial, se trató de presentar aplicaciones de sistemas de información real. Para estos dos casos se aplican las definiciones y se generan los esquemas, en el modelo difuso FuzzyEER, que da mayor robustez y flexibilidad a un modelo conceptual en la captura de la especificación de requerimientos de un usuario.

Un tercer caso, que es distinto a los anteriores, es el uso de modelos difusos para “museos”, donde incorpora el modelo de datos sobre “Museos Digitales en Internet: Modelo EER Difuso y Recuperación de Imágenes Basada en su Contenido”. Este caso está en estudio inicial presentado en el Apéndice V.

En el sistema de la Agencia Inmobiliaria, el tipo de atributo difuso Tipo 3, como es el caso del T3 barrio (Figura 5.9), permite dar respuestas más amplias a los requerimientos de un cliente de una inmobiliaria, sobre todo en el caso que sus requerimientos sean ambiguos o vagos como el típico “*busco un apartamento no muy grande por la zona céntrica y que tenga aproximadamente 5 habitaciones*”. Pero incluso aunque sus requerimientos sean exactos y precisos, es muy posible que no exista tal inmueble en la base de datos de la inmobiliaria, por lo que resulta muy útil ofrecerle a los clientes aquellos inmuebles que más se aproximen a sus requerimientos.

En el caso del control de calidad del papel, los usuarios de este sistema de información, han apreciado la representación de un tipo de datos y restricciones, que le permitirá manejar de una forma más eficiente el tipo de papel que administran, por ejemplo, “*necesito una cartulina que la capa tenga un gramaje delgado con un poco de preestuco, menos de tripa y un alto porcentaje de cara protección*”. De gran utilidad ha sido para este caso, el representar las similitudes o semejanza entre los datos que cotidianamente manejan, mas aún, cuando se refiere a la clasificación del tipo de cartulina, pila o rollo.

**Con respecto construir un prototipo de una herramienta CASE (objetivo 5) se concluye que:** Se desarrolla un prototipo de una herramienta gráfica llamada FuzzyCASE dejando a disposición un software que permite modelar esquemas que utiliza la nomenclatura para los tipos de datos difusos T1, T2, T3 y T4, distintos grados y restricciones que se ha propuesto en esta tesis, de una forma fácil y gráfica, permitiendo así implementar los casos modelados en el capítulo 5 con la notación de FuzzyEER. Se debe tener en cuenta que la herramienta gráfica FuzzyCASE no cubre todo el modelo FuzzyEER pero sí la mayoría de las notaciones más relevantes.

Por lo tanto, según lo expuesto anteriormente y logrados los objetivos que nos planteamos al inicio de esta tesis, podemos afirmar que se ha demostrado cierta la hipótesis de partida:

*ES POSIBLE LA DEFINICIÓN DE UN MODELO CONCEPTUAL QUE SOPORTE TODAS LAS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DE LAS BASES DE DATOS DIFUSAS.*

## **7.2 Principales Aportaciones**

La contribución de esta tesis, consiste básicamente en la presentación de un modelo, de tal forma que permita reunir, los requerimientos de una base de datos que especifica atributos, restricciones u otras características imprecisas, siendo ésta, la primera fase del diseño de bases de datos. Se ha trabajado en el modelo conceptual ER/EER generado una extensión difusa, a la que se ha llamado FuzzyEER. También hemos construido una herramienta gráfica que utiliza la notación del modelo a la que se ha llamado FuzzyCASE.

Como se ha dicho anteriormente, la teoría de conjuntos difusos permite definir atributos con imprecisión considerando sus dominios y tipo de grado que representa, lo que permite extender el modelo FuzzyEER. La aportación en este caso está en la notación que representa cada tipo de atributo T1, T2, T3 y T4 y grados difusos en los atributos. El Tipo 4 es una aportación novedosa y aunque puede no parecer muy útil, en ciertos casos expresa mejor el dominio necesario, como se mostró en los ejemplos del capítulo 4.

También se ha propuesto una manera para expresar de forma flexible las restricciones que pueden utilizarse en un modelo conceptual basado en el modelo ER/EER utilizando cuantificadores difusos. Las restricciones difusas expuestas tienen un novedoso significado y,

han sido estudiadas en esta tesis son: restricción de participación difusa, restricción de cardinalidad difusa, notación (min,max) difusa, restricción de completitud difusa en la representación de especializaciones. Un aporte significativo han sido las especializaciones difusas definidas como “fo” y “fd” (agregando el grado con que pertenecen a la subclase), sumándose a las ya existente “d” y “o”, un caso especial de especializaciones definidas por atributos difusos (agregando un grado de semejanza entre las subclases). La agregación difusa han sido tratada en dos casos, la “agregación difusa de tipos de entidades” y la “agregación difusa de atributos”, en el mismo sentido, se propone una forma de incluir algún tipo de grado en la especialización y en las subclases de la especialización, pudiéndose entender esta notación a otras jerarquías. Por último, en la especialización se pudo incorporar la notación (min, max) difuso. Cada una de estas propuestas tienen su definición formal y la notación en un modelo FuzzyEER, como lo mostró el resumen de la notación en el apartado 4.7.1.

Por otro lado, se ha mostrado como la notación (min, max) puede sustituir las restricciones de tipo de correspondencia difusa y que una restricción de tipo de correspondencia difusa puede sustituir a la notación (min, max), sólo si ambos cuantificadores son del mismo tipo (absolutos o relativos). A pesar de esa equivalencia en la mayoría de los casos, creemos que es preferible usar la notación (min, max) por su mayor claridad. Además, se establece un estudio que afecta a la notación (min,max), en el uso de la restricción de participación, parcial (una sola línea), total (dos líneas) ó difusa (línea con arco).

Un caso particular, son las restricciones de completitud y disyunción sobre especializaciones. Se ha mostrado en esta tesis que las restricciones difusas se mejoran utilizando cuantificadores difusos, las cuales fueron implementadas en el modelo FuzzyEER. Se tiene claro, que este tipo de restricciones no son consideradas en otros modelos, y se hace un aporte a dichas restricciones, ya que utiliza la potencia y flexibilidad que ofrece la teoría de conjuntos difusos con el uso de cuantificadores difusos.

Otras extensiones que son consideradas por algunos autores al modelo ER/EER, son las categorías (tipos de unión) y subclases compartidas (tipos de intersección). Estas al igual que la especialización han sido introducidas en el modelo FuzzyEER, utilizando como restricción la completitud difusa y disyunción difusa con cuantificadores difusos, así como también, la notación (min,max) ha logrado ser incorporada.

También hemos desarrollado como producto de esta tesis, una herramienta gráfica FuzzyCASE, que permitirá difundir la notación el modelo difuso FuzzyEER propuesto, y apoyar la etapa de diseño de aquellos sistemas de información que contengan datos precisos e imprecisos y restricciones, que no son pocos, requieran representar las características de modelado expuestas en este trabajo de tesis.

El modelo difuso FuzzyEER, ha logrado incentivar al departamento de informática de la empresa de papeles y cartulina CMPC, para probar la propuesta del FuzzyEER en un sistema de *control de calidad del papel*, que tiene como objetivo principal el seleccionar un tipo de papel para su venta, jugando un rol principal la calidad del papel. Los usuarios de este sistema se ven constantemente enfrentados al tratar elementos de decisión del tipo de papel que en ciertas circunstancias es difuso, por ejemplo textura, color, espesor etc.

Finalmente podemos decir que, el aporte de esta tesis al modelado conceptual de datos como una extensión del modelo ER/EER a FuzzyEER, se compone de: 21 definiciones, 18 notaciones, cuatro tipos de atributos difusos, y una herramienta FuzzyCASE que implementa la notación FuzzyEER.

### **7.3 Contrastación de Resultados**

Las propuestas presentadas en esta tesis, han servido de base para la construcción de trabajos presentados en congresos nacionales e internacionales, así como también, conferencias dictadas como profesora invitada organizadas por universidades chilenas. Por otro lado, la doctoranda ha sido invitada dictar un curso de “Modelos de dato difusos” del programa de Magister en Ingeniería Matemática e Informática, mención sistemas flexibles inteligentes, dictado en la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” La Paz Bolivia, en abril del 2003 y un tutorial el la misma temática, en el congreso CISAISI, VII Congreso Internacional Subamericano de Ingeniería de Sistemas Informáticos, en Arequipa, Perú.

A continuación se muestra una recopilación de los resúmenes de dichos trabajos.

### 7.3.1 Conferencias

- Urrutia A. (2003): “*Representación de Datos Imprecisos Usando Lógica Difusa*” Departamento de informática Universidad Federico Santa Maria, Valparaíso Chile.

En esta conferencia se expuso el modelo de datos difusos para el Control de Calidad del Papel, en especial el modelo de datos imprecisos.

- Urrutia A. (2002a): “*Modelado Conceptual y Consultas Flexibles en una Base de Datos Difusa*”. IV versión del seminario InfoUDA 2002, Universidad de Atacama, Copiapó (Chile), junio 2002.

En esta conferencia se expuso algunos ejemplos de modelado conceptual de datos y la importancia de estos datos, en consultas de una base de datos difusa aplicada al FSQL.

- Urrutia A. (2002b): “*Diseño y Consulta Flexible en una Base de Datos Difusa*”: Jornadas de Investigación y Postgrado 2002, Departamento de Ciencias de la Computación DCC Universidad de Chile, Santiago (Chile), diciembre 2002.

En esta conferencia se expusieron los tipos de atributos T1, T2, T3 y T4, un diseño lógico de éstos y posibles consultas utilizando cuantificadores difusos.

- Urrutia A. (2001): “*Restricciones para un Modelo Conceptual FuzzyEER*”. Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación DIICC, Universidad de Concepción, Concepción (Chile), diciembre 2001.

En esta conferencia se expusieron las restricciones de participación y completitud de interrelaciones y algunas especializaciones.

### 7.3.2 Libros

- Galindo J., Urrutia A. y Piattini M. (2003): “*Fuzzy Databases: Modeling, Design and Implementation*”, Idea Group Publishing Hershey, USA.



### 7.3.3 Publicaciones en Revistas

- Urrutia A. (2002): “*Implementación de Bases de Datos Difusas: un Caso de Control de la Calidad del Papel*”. Revista electrónica Gerencia Tecnología Informática AEDO, Noviembre, Volumen 1, número 1. Colombia. <http://cidlisuis.org>.

En este artículo se expone el caso “control de la calidad del papel”, que en su especificación de requerimiento usa atributos difusos y algunas restricciones difusas, las cuales son modeladas utilizando el modelo FuzzyEER.

- Urrutia A., Galindo J., Jiménez L. (2002): “*Extensión del Modelo Conceptual EER para Representar Tipos de Datos Difusos*”. I+D Computación, Noviembre de 2002, Volumen 1, número 2, ISSN:1665-238X. <http://www.sd-cenidet.com.mx/Revista/>, (México).

En este artículo se exponen las distintas notaciones propuestas en el modelo FuzzyEER para atributos, grados en los atributos y restricciones de interrelaciones usando, como ejemplo, el caso de la “Agencia Inmobiliaria”.

- Urrutia A., Galindo J. (2001): “*Notación para Datos con Imprecisión en un Modelo Conceptual Difuso*”. Revista Académica de la Universidad Católica del Maule, diciembre N° 27, (Chile). pp. 39-48. I.S.N.N. 0717-2656.

En este artículo se muestra la primera notación para atributos difusos en el modelo FuzzyEER con algunos ejemplos prácticos.

- Urrutia A., Rodríguez C. (2001): “*Un caso Práctico de la Comparación del Álgebra Relacional Clásico y Difuso*”. Revista electrónica ingeniería informática, número 7, año 2001, <http://www.inf.udec.cl/revista>.

En este artículo se muestra el uso de cuantificadores clásicos y difusos, mediante el álgebra relacional, se establece una comparación de ambos casos con un ejemplo práctico.

### 7.3.4 Publicaciones en Actas de Congresos Internacionales y Latinoamericanos

#### Internacionales

- Galindo J., Urrutia A., (2003): “*Fuzzy Extensions to EER Specializations*”. Eighth CAiSE/IFIP8, International Workshop on Evaluation of Modeling Methods in Systems Analysis and Design (EMMSAD'03), pp. 218-227. Velden, Austria. June 16-17.

En este artículo se expone una representación del modelo FuzzyEER de las jerarquías completitud, utilizando cuantificadores difusos, con algunos ejemplos prácticos.

- Urrutia A., Galindo J., Piattini M. (2002): “*Modeling Data Using Fuzzy Attributes*”. IEEE Computer Society Press, XXII International Conference of the Chilean Computer Science Society. Nov, Chile. ISBN: O-7695-1867-2 ISSN: 1522-4902, pp.117-123.

En este artículo se expone una representación del modelo FuzzyEER depurada de atributos difusos, entidades difusas e interrelaciones difusas, con algunos ejemplos prácticos.

- Galindo J., Urrutia A., Carrasco R., Piattini M. (2001): “*Fuzzy Constraints using the Enhanced Entity-Relationship Model*”. IEEE Computer Society Press. USA. XXI International Conference of the Chilean Computer Science Society, (Chile). ISBN: O-7695-1810-2 ISSN: 1522-4902, pp. 86-94.

En este artículo se exponen las notaciones de restricciones de interrelaciones difusas usando cuantificadores difusos y algunas restricciones de especialización como una extensión del EER.

- Urrutia A., Piattini M., Jiménez L. (2001): “*Proposal for the Extension of MER for Knowledge Management and Fuzzy Consultations*”. WSES/IEEE Press, Advances in Signal Processing and Computer Technologies. Creta (Grecia). ISBN: 960-8052-37-8, pp. 196-199.

En este artículo se expone una propuesta de una base de conocimiento, con incorporación de conceptos difusos y algunas consultas difusas que se pueden efectuar en ésta.

- Urrutia A., Piattini M. (2001): “*Transformation of Imprecise Data to Linguistic Labels for Model E/R*”. Conference SCI/2001. 7<sup>th</sup> International Conference on Information System Analysis and Synthesis (ISAS2001). Orlando (USA). ISBN: 080-07-755-X, pp. 351- 355.

En este artículo se muestran ejemplos de etiquetas lingüísticas y la notación para cada una de ellas en un modelo FuzzyEER, en especial la entidad débil creada por atributos multivaluados generados por las etiquetas.

### **Latinoamericanos**

- Urrutia A., Varas M., Galindo J. (2003): “Diseño de una base de datos difusa modelada con UML”6° Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes Software, IDEAS 2003, Asunción Paraguay, Mayo. pp 145-155.

Este artículo muestra una propuesta de diagrama de clases para representar atributos difusos y sus respectivos métodos en para consultas difusas con cuantificadores difusos.

- Galindo J., Urrutia A., Carrasco R. (2002): “*Cuatro Tipos de Restricciones Difusas en Especializaciones*”. I Workshop de bases de datos, JCC’2002 Copiapó Chile. ISBN: 956-291-506-9, pp. 79-88.

Este artículo presenta el uso de cuantificadores difusos, en particular, los casos mostrados son las restricciones difusas disjuntas o solapadas sobre especializaciones, las especializaciones definidas por un atributo difuso, restricciones difusas en tipos Unión e Intersección (participación y completitud).

- Urrutia A., Varas M. (2002): “*Modelo de Datos Difusos en UML: Un caso de Asesoramiento para Inserción de Publicidad en Programas de Televisión*”. I Workshop de bases de datos, JCC’2002 Copiapó Chile. ISBN: 956-291-506-9, pp. 69-78.

Aquí se presenta un modelo de datos para un caso de asesoramiento para inserción de publicidad en programas de televisión con la notación de UML, permitiendo incorporar atributos difusos, en la definición de un patrón de diseño denominado “Patrón de Atributos Difusos”.

- Varas M., Urrutia A. (2002): “*Bases de Datos Difusas Modeladas con UML*”. VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC, Buenos Aires (Argentina).

En este artículo se presenta un diseño de una base de datos difusa en UML, para la definición de atributos difusos y de los mecanismos que permiten consultar la base de datos difusa una vez creada, esto es mediante el uso de comparadores difusos.

- Urrutia A., Galindo J. (2002): “*Modelo para la Estructuración de una Base de Metaconocimiento Difuso*”. VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC. Buenos Aires (Argentina).

Este trabajo presenta una base de datos relacional difusa que contemple atributos imprecisos, tratados con la teoría de conjuntos difusos. La propuesta abarca el modelo conceptual, un diseño basado en tablas relacionales y la creación de una base de metaconocimiento difuso.

- Jiménez L., Urrutia A. (2002): “*Extensión del Conocimiento del Dominio CommonKADS con Lógica Difusa*”. 5° Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software IDEAS 2002. La Habana (Cuba). pp. 389-391.

En este artículo se presenta el uso de atributos difusos, cuantificadores difusos y comparadores difusos, extendiendo el conocimiento del dominio del modelo del conocimiento de CommonKADS con la teoría de conjuntos difusos.

- Urrutia A., Piattini M. (2001): “*Representación de Datos Imprecisos Utilizando Etiquetas Lingüísticas*”. Congreso. JAIIO-ASSE, 30 Jornada Argentina de Información e Investigación Operativa e Ingeniería de Software. Buenos Aires (Argentina). ISSN: 166-1141, pp. 191-198.

En este artículo se muestran pasos de transformación de entidades con atributos difusos de etiquetas lingüísticas y la forma de incorporarlas a entidades débiles, como tratamiento de imprecisión.

- Urrutia A., Galindo J., Piattini M. (2001): “*Representación de Restricciones de Participación y Tipo de Correspondencia Difusa en un Modelo Conceptual*”. CLEI 2001, XXVII Conferencia Latinoamericana en Informática. Mérida (Venezuela).

En este artículo presentamos los cuantificadores difusos para “flexibilizar” las restricciones en un modelo EER de participación, tipo de correspondencia y notación (min, max) difusa, todas ellas en un contexto difuso.

- Urrutia A., Galindo J., Jiménez L.(2001): “*Representación de Información Imprecisa en un Modelo Conceptual*”. 8th. International Congress on Computer Science Research (CIICC'01). Colima (México). ISBN: 970-18-5410-1, pp. 15-27.

En este artículo se presenta una notación para representaciones difusas de: valores difusos en los atributos, grado en cada valor de un atributo y grado en un conjunto de valores de diversos atributos, así como también, entidades difusas tratadas como grado en toda la instancia de la entidad.

- Urrutia A., Derk C. (2001): “*Comparación del Álgebra Relacional y el Álgebra Difusa*”. IX Encuentro Chileno de Computación, ECC/2001. Punta Arenas, (Chile).

En este artículo utilizamos el álgebra relacional con la teoría de conjuntos difusos, para comparar datos precisos con datos imprecisos, se presenta un ejemplo para ver el funcionamiento de un álgebra relacional difusa que se forma con el álgebra relacional clásica y la teoría de conjuntos difusos.

- Urrutia A., Derk C. (2000): “*Dependencias Funcionales para Datos Precisos e Imprecisos*”. ECC 2000, VIII Encuentro Chileno de Computación. Santiago, (Chile).

Este trabajo muestra las dependencias funcionales y la dificultad de distinguir dependencias en los datos imprecisos. Se usa la lógica difusa. para obtener dependencias funcionales difusas a partir del valor de verdad presente en una entidad.

### 7.3.5 Publicaciones en Actas de Congresos Españoles

- Urrutia A., Galindo J. (2002): “*Algunos Aspectos del Modelo Conceptual EER Difuso: Aplicación al Caso de una Agencia Inmobiliaria*”. XI Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy, ESTYLF 2002, León (España). ISBN: 84-7719-933-7 LE-1250, pp. 359-364.

En este trabajo se presenta un caso de modelo conceptual de datos EER, para el cual se extiende el dominio de algunos de los atributos utilizando la lógica difusa, aplicamos un modelo conceptual de “Gestión de una Agencia Inmobiliaria”.

- Aranda M. C., Galindo J., Urrutia A. (2002): “*Museos Digitales en Internet: Modelo EER Difuso y Recuperación de Imágenes Basada en Contenido*”. Congreso Turismo Tecnología, TuriTec’02, Málaga (España). pp. 130-139.

Este artículo presenta un modelo conceptual de la base de datos de diversos museos es esbozado utilizando el modelo FuzzyEER.

- Urrutia A., Galindo J., Piattini M. (2001): “*Representación de Restricciones de Partición y Tipo de Correspondencia Difusa en un Modelo Conceptual*”. JISBD/2001, VI Jornadas de Ingeniería de Software y Bases de Datos. Almagro (España). ISBN: 84-699-6275-2, pp. 237-251.

En este artículo presentamos un modelo conceptual, aplicando los cuantificadores difusos, para “flexibilizar” las principales restricciones en un esquema conceptual: participación, tipo de correspondencia, cardinalidad, y para especializaciones estudiamos las restricciones de completitud y las de cardinalidad.

### 7.3.6 Trabajos en Revistas en Proceso de Revisión

- Galindo J., Urrutia A., Carrasco R., Piattini M., "Relaxing Constraints in Enhanced Entity-Relationship Models Using Fuzzy Quantifiers". Sometida a IEEE Transactions on Fuzzy Systems.

Trabajo enviado a la revista en noviembre de 2001, actualmente se encuentra en la segunda revisión, siendo enviado con modificaciones en octubre 2003.

## **7.4 Líneas Abiertas de Investigación**

Una vez terminada esta tesis, se han planteado varias líneas de investigación considerando cuatro aspectos: Modelo FuzzyEER, metodología para el desarrollo de bases de datos, UML difuso, y extensión de la herramienta FuzzyCASE. Estas líneas abiertas son explicadas a continuación.

### **7.4.1 Modelo FuzzyEER**

Un interesante estudio para facilitar la tarea de utilizar cuantificadores difusos por parte de los diseñadores, será clasificar los cuantificadores difusos que pueden utilizarse en lenguaje natural y estudiar sus definiciones y las relaciones entre ellos. Como se ha indicado anteriormente, un mismo tipo de restricción puede ser establecida usando varios cuantificadores difusos y, en ese caso, la utilización de ciertos cuantificadores condiciona y limita la posibilidad de usar otros, en la misma restricción, para evitar contradicciones.

Por otro lado, ante la presencia de un sistema de información que en su especificación de requerimientos contemple imprecisión, se propone establecer reglas de modelado conceptual difuso a partir de un universo del discurso específico. Esto permitirá analizar qué características son deseables para que sea fácilmente representable usando FuzzyEER. Más a largo plazo, será posible estudiar el comportamiento de los datos en manipulaciones concretas, tanto en aplicaciones específicas en la que se apliquen nuestras extensiones como proceso genérico de datos.

### **7.4.2 Metodología para el Desarrollo de Bases de Datos Difusas**

Para que un modelo conceptual tenga utilidad hay que proveer también del método para traducir el modelo conceptual a modelo lógico. También, se deben definir las reglas de transformación del modelo conceptual propuesto a un modelo lógico, esto puede ser siguiendo

una de las corrientes de diseño más extendidas actualmente, el Modelo Relacional. Sin embargo, toda la variedad de los atributos difusos que se han definido en este trabajo, no son soportados por la versión actual de FIRST de Medina (1994) y el FSQ de Galindo (1999). Por tanto es necesario estudiar el modo de representar el FuzzyEER en un diseño lógico coherente, integrador y práctico, que sea una extensión de FIRST.

Por otro lado, a parte de las restricciones típicas del ER/EER y las ya incorporadas en el modelo FuzzyEER, existen otros tipos de restricciones que pueden ser estudiadas e incorporadas al modelo FuzzyEER. Además, es interesante estudiar la posibilidad de añadir las ventajas de la teoría de conjuntos difusos a esas restricciones. Por ejemplo, estudiar cómo se comportan características estudiadas en esta tesis con el trabajo de Davis (1989), o bien, considerar diversas definiciones de ER/EER que incluyen algunas características que podrían también estudiarse para incluirlas al modelo FuzzyEER, y posteriormente, en FuzzyCASE.

Considérese que las restricciones difusas propuestas, se podrían implementar creando triggers (disparadores), y habría que estudiar cómo crear dichos triggers automáticamente e implementarlos en la herramienta FuzzyCASE.

Por último, también habría que estudiar como transformar los esquemas conceptuales en FuzzyEER a un modelo Objeto-relacional.

#### **7.4.3 Extensión de UML a Difuso**

Siguiendo los principios y las notaciones propuestas para FuzzyEER, podemos proponer extensiones difusas del lenguaje estándar para el modelado orientado a objeto UML (*Unified Modelling Language*). En el Apéndice II se incluyen algunas propuestas preliminares en este sentido.

#### **7.4.4 Extensión de la Herramienta FuzzyCASE**

Mejorar el prototipo de la herramienta gráfica del modelo FuzzyEER presentada en esta tesis, para añadir nuevas funcionalidades, como los indicados en el apartado 6.3. Por ejemplo: Incorporar todas las representaciones del FuzzyEER, Generar sentencias SQL a partir del modelo FuzzyEER y Mejorar la versión del prototipo FuzzyCASE.