

## Tabla de Contenido

CONTENIDO	Página
Resumen	XXI
Abstract	XXIII
1 Introducción	01
1.1 Planteamiento y justificación de la tesis	02
1.2 Objetivo e hipótesis	05
1.3 Marco de la tesis	07
2 Método de trabajo	09
3 Estado del arte	13
3.1 Modelado conceptual de datos	14
3.2 Representaciones difusas	16
3.2.1 Conjuntos difusos	17
3.2.2 Modelos de bases de datos relacionales difusas	20
3.2.3 Representación de los datos difusos	23
3.2.3.1 Datos imprecisos sobre referencial ordenado	24
3.2.3.2 Datos con analogía sobre referencial no ordenado	26
3.2.3.3 Valores especiales: Unknow, Undefined y Null	27
3.2.4 Atributos con tratamiento impreciso	28
3.2.5 Cuantificadores difusos	30
3.2.6 Otros conceptos sobre conjuntos difusos	33
3.3 Investigaciones en modelos difusos	34
3.3.1 Modelado conceptual de incertidumbre	35
3.3.1.1 Propuesta de Yazici y Merdan (1996)	36
3.3.1.2 Propuesta de Chen (1998)	39
3.3.1.3 Propuesta de Ma et al. (2001)	43
3.3.1.4 Propuesta de Chaudhry et al. (1994)	45
3.3.1.5 Propuesta de Vert et al. (2000)	47
3.3.1.6 Propuesta en modelos orientados a objetos	48

3.3.2	Dependencias difusas	49
3.3.2.1	Propuesta de Raju Y Majumdar (1988)	50
3.3.2.2	Propuesta de Cubero et al. (1994 y 1998)	51
3.3.2.3	Propuesta de Carrasco et al. (2000a))	51
3.3.3	Implementación de la incertidumbre	52
3.3.3.1	Propuesta de Medina et al. (1994)	52
3.3.3.2	Propuesta de Galindo (1999)	52
3.4	Discusión del capítulo	53
4	Propuesta de modelo conceptual: FuzzyEER	57
4.1	Atributos difusos en el modelo FuzzyEER	58
4.1.1	Valores difusos en los atributos	58
4.1.2	Grado en cada valor de un atributo	65
4.1.3	Grado en un conjunto de valores de diversos atributos	68
4.1.4	Grado difuso con significado propio	70
4.2	Entidades e interrelaciones difusas en FuzzyEER	70
4.2.1	Grado de toda la instancia de la entidad (entidad difusa)	71
4.2.2	Entidades débiles difusas en FuzzyEER	74
4.2.3	Interrelaciones difusas en FuzzyEER	79
4.3	Restricciones para interrelaciones difusas en FuzzyEER	81
4.3.1	Umbrales de los cuantificadores difusos en la aplicación de restricciones difusas en FuzzyEER	82
4.3.2	Participación difusa de interrelaciones en FuzzyEER	84
4.3.3	Tipo de correspondencia difusa en FuzzyEER	92
4.3.4	Notación (min,max) difusa en FuzzyEER	96
4.3.4.1	Análisis entre restricciones de tipo de correspondencia y notación difusa (min,max) en FuzzyEER	100
4.3.4.2	Análisis entre restricciones de participación y notación difusa (min,max) en FuzzyEER	101
4.4	Jerarquías de generalización o especialización difusas en FuzzyEER	103
4.4.1	Restricción de completitud difusa en la especialización de FuzzyEER	105
4.4.2	Restricción de cardinalidad usando notación difusa (min,max) en especializaciones solapadas en FuzzyEER	108
4.4.3	Restricción difusa disjunta o solapada sobre especializaciones en FuzzyEER	110

4.4.3.1	Método de validación de una restricción de completitud en una especialización disjunta o solapada: Semántica de este caso mixto	114
4.4.3.2	Método de validación con la notación (min,max) difusa en una especialización disjunta o solapada: Semántica de este caso mixto	116
4.4.4	Atributos difusos que definen especializaciones en FuzzyEER	117
4.4.5	Agregación difusa	121
4.4.6	Grado difuso en las especializaciones	123
4.5	Restricciones difusas sobre los tipos de unión o intersección en FuzzyEER	125
4.5.1	Restricciones difusas sobre los tipos de unión en categorías: Participación y completitud en FuzzyEER	125
4.5.2	Restricciones difusas sobre tipos de intersección en subclases compartidas: Participación y completitud	129
4.6	Notaciones alternativas utilizadas en publicaciones de la tesis	133
4.7	Discusión del capítulo	135
4.7.1	Resumen de la notación FuzzyEER	137
4.7.2	Tablas de comparación de modelos difusos	141
5	Validación de modelo FuzzyEER: Ejemplos prácticos	143
5.1	Caso 1: Aplicación a una agencia inmobiliaria	144
5.1.1	Modelo conceptual ER/EER aplicado a una agencia inmobiliaria	144
5.1.2	Tipos de atributos difusos definidos en el caso de la inmobiliaria	146
5.1.2.1	Grado en cada valor de un atributo	148
5.1.2.2	Grado en un conjunto de valores de diversos atributos	149
5.1.3	Especializaciones disjuntas y solapadas definidas por tipo de atributo difuso en el caso de la agencia inmobiliaria	150
5.1.4	Interrelaciones difusas definidas en el caso de la agencia inmobiliaria	154
5.1.5	Restricción entre interrelaciones definidas en el caso de la agencia inmobiliaria	155
5.2	Caso 2: Aplicación de control de calidad del papel	157
5.2.1	Modelo conceptual para el control de calidad del papel en ER/EER	158
5.2.2	Tipos de atributos difusos definidos en las entidades del caso de control de la calidad del papel	160
5.2.3	Especialización solapada por tipo de atributo difuso	166

5.3	Discusión del capítulo	169
6	FuzzyCASE: Una herramienta gráfica de modelo de datos difusos	173
6.1	Arquitectura interna de FuzzyCASE	173
6.2	Descripción de pantallas de FuzzyCASE	176
6.3	Ejemplos en FuzzyCASE	182
6.4	Discusión del capítulo	185
7	Conclusiones y líneas futuras	187
7.1	Análisis de la consecución de objetivo	187
7.2	Principales aportaciones	191
7.3	Contrastación de resultados	193
7.3.1	Conferencias	194
7.3.2	Libros	194
7.3.3	Publicaciones en revistas	195
7.3.4	Publicaciones en actas de congresos internacionales y latinoamericanos	196
7.3.5	Publicación en actas de congresos españoles	200
7.3.6	Trabajos en revistas en proceso de revisión	200
7.4	Líneas abiertas de investigación	201
7.4.1	Modelo FuzzyEER	201
7.4.2	Metodología para el desarrollo de bases de datos difusas	201
7.4.3	Extensión de UML a difuso	202
7.4.4	Extensión de la herramienta FuzzyCASE	202
8	Apéndice	203
I	Manual de instalación del FuzzyCASE	205
I.1	Instalación de FuzzyCASE	205
I.2	Desinstalación	208
I.3	Ejemplos del CD de FuzzyCASE	210
II	Diagrama de clase en UML Difuso	213
II.1	Atributos difusos en FuzzyUML	213
II.2	Métodos en atributos difusos	216
II.3	Métodos en atributos difusos para consultas	219
III	Modelos de bases de datos difusas	223

III.1	Modelo relacional difuso	223
III.2	Modelo de relaciones de similitud	224
III.3	Modelo relacional posibilístico	225
III.4	Modelo Prade-Testemale	226
III.5	Modelo de Umano-Fukami	227
III.6	Modelo Zemankova-Kandel	228
III.7	Modelo GEFRED	229
IV	Representación del conocimiento impreciso en bases de datos relacionales	231
IV.1	Implementación de atributos difusos	231
IV.2	FMB (fuzzy Metanowledge Base, Base de Metaconocimiento Difuso): Definición de tablas	234
IV.3	Implementación de la FIRST: Caso del control de la calidad del papel	240
V	Museos digitales en internet: modelo EER difuso y recuperación de imágenes basada en su contenido	247
V.1	EER Difuso de la base de datos museos digitales	247
V.2	Recuperación de imágenes basada en su contenido	248
V.3	Sistema de recuperación de imágenes MUSEUM	250
V3.1	Módulo de extracción de características	251
V3.2	Módulo de recuperación	253
VI	Acrónimos	255
	Referencias bibliográficas	257

## Índice de Tablas

<b>TABLAS</b>	<b>Página</b>
Tabla 3.1: Ejemplo de datos imprecisos propuestos en el modelo GEFRED	23
Tabla 4.1: Función de similitud para atributo difuso T3: Color_pelo	61
Tabla 4.2: Diccionario de datos de etiquetas lingüísticas del atributo difuso T2: Evaluación	76
Tabla 4.3: Representación de conjuntos difusos sobre la especialización con $n$ subclases y $m$ instancias de superclases	112
Tabla 4.4: Validación de restricción de completitud en una especialización difusa	114
Tabla 4.5: Comparación de modelos difusos FEER, FERM, ExIFO, Fuzzy ER y FuzzyEER	141
Tabla 4.6: Comparación de atributos difusos en los modelos FEER, FERM, ExIFO, Fuzzy ER y FuzzyEER	142
Tabla 5.1: Tabla de semejanza para atributo difuso T3:Estado de la entidad <i>INMUEBLE</i>	147
Tabla 5.2: Tabla de similitud de atributo difuso T3:Tipo_inmueble para una especialización	151
Tabla 5.3: Grados de semejanza del atributo difuso T3:Tipo_uso de la entidad <i>USO</i>	160
Tabla 5.4: Tabla de similitud para atributos T3: Tipo de capa	161
Tabla 5.5: Función de similitud para atributo difuso T3:Estado de la subclase <i>ROLLOS</i>	164
Tabla 5.6: Función de similitud para atributo difuso T3:Tipo_Cartulina	167
Tabla 5.7: Tabla de similitud para la especialización por atributos T3:Tipo_Capa	168
Tabla II.1: Grados de similaridad de atributo color del pelo: Rubio, Castaño y Pelirrojo	218
Tabla II.2: Comparadores de POSIBILIDAD y NECESIDAD	220
Tabla III.1: Representación de información de Prade-Testemale	226
Tabla III.2: Representación de información de Umano-Fukami	228
Tabla IV.1: Representación interna de los atributos difusos Tipo 2	223

Tabla IV.2: Representación interna de atributos difusos Tipo 3	234
Tabla IV.3: Tablas y vistas de FIRST y sus sinónimos	235

## Índice de Figuras

FIGURAS	Página
Figura 3.1: Función “Aproximadamente n” ( $n \pm \text{margen}$ )	19
Figura 3.2: Formato de una distribución de posibilidad trapezoidal	25
Figura 3.3: Ejemplo de una etiqueta lingüística para el concepto “alto”	25
Figura 3.4: Distribución de posibilidad para “aproximadamente n”	26
Figura 3.5: Distribución de posibilidad para intervalo $[n,m]$	26
Figura 3.6: Distribución de posibilidad para los tipos UNKNOWN y UNDEFINED	28
Figura 3.7: Cuantificador difuso relativo “casi todo”: $x \in [0.4, 0.9] \leftrightarrow y = 2(x - 0.4)$	32
Figura 3.8: Ejemplo para representación de incertidumbres en el Modelo ExIFO. a) Atributo Valor- Fuzzy, b) Atributo Valor-Incompleto, c) Atributo Valor-Nulo	37
Figura 3.9: Modelo ExIFO difuso propuesto por Yazici y Merdan, (1996). a) Notación. b) Ejemplo Empleado-vehículo	38
Figura 3.10: Variable lingüística “Edad” con sus respectivos valores y modelo conceptual	39
Figura 3.11: Notación Fuzzy ER propuesta por Chen (1998)	40
Figura 3.12: Notación propuestas por Chen (1998). a) Especialización solapadas b) Empleado en una especialización solapada por atributo difuso Edad, c) Subclase compartida intersección	41
Figura 3.13: Ejemplo del tipo de entidad compañía con grado parcial 0.9	42
Figura 3.14: Notación de FEER de Ma et al. (2001). 1) Atributos, entidades e interrelaciones difusas, 2) Especialización, agregación y categorías difusas, 3) Ejemplo de uso de la notación	44
Figura 3.15: Modelo propuesto por Chaudhry et al. (1994). a) Ejemplo de transformación DBFuzzifier, b) Interrelación difusa para etiquetas	46
Figura 4.1: Representación gráfica de los tipos de atributos difusos T1, T2, T3 y T4	61
Figura 4.2: Distribución de posibilidad para las etiquetas lingüísticas del atributo difuso T2:Edad	62
Figura 4.3: Entidad <i>EMPLEADO</i> con atributos difusos Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3 y Tipo 4	63
Figura 4.4: Representación gráfica de atributo difuso Tipo n, con $n=1, 2, 3$ y 4, simple, derivado y múltiple para FuzzyEER	64



Figura 4.5: Representación gráfica del significado de los grados, $n$ pertenece a $\{0, 1, 2, 3, 4\}$ . a) Atributo derivado, b) Atributo no derivado	67
Figura 4.6: Representación en modelo FuzzyEER de significado de grado $G^0$ y $G^3$ para el atributo difuso T2:Edad	68
Figura 4.7: Gráfica de atributos para grado de conjunto de valores $G^2$	69
Figura 4.8: Gráfica de entidad difusa con grado en toda la instancia de la entidad	72
Figura 4.9: Entidad difusa con grado de pertenencia de número de horas trabajadas	72
Figura 4.10: Distribución de posibilidad según el nº mínimo de horas trabajadas a la semana en la entidad <i>EMPLEADO</i>	73
Figura 4.11: Conjunto difuso de la entidad <i>EMPLEADO</i>	73
Figura 4.12: Gráfica de entidad débil difusa. a) Por interrelación de dependencia de existencia de atributo multivaluado con $m>0$ , b) Por interrelación de dependencia de identificación	75
Figura 4.13: Representación de las etiquetas lingüísticas trapezoidales para el atributo T2:Evaluación para $\mu_{\text{excelente}}(x_0)=0.2$ y $\mu_{\text{bueno}}(x_0)=0.8$	76
Figura 4.14: Ejemplo esquema FuzzyEER de entidad débil difusa. a) Con interrelación de dependencia de existencia, b) Con interrelación de dependencia de identificación	78
Figura 4.15: Notación de FuzzyEER para interrelaciones difusas. a) Asociadas a un atributo difuso, b) Asociada a un grado	80
Figura 4.16: Interrelaciones difusas por atributos difuso y tipo de grado difuso	81
Figura 4.17: Umbrales $\gamma$ y $\delta$ para cuantificadores difusos y áreas generadas de “aproximadamente entre a y b”	84
Figura 4.18: Notación en el modelo FuzzyEER de participación difusa en interrelaciones	86
Figura 4.19: Representación gráfica de restricción de participación en interrelación con cuantificador difuso “casi_todo”	87
Figura 4.20: Cuantificador difuso “casi_todo [0.2]”	87
Figura 4.21: Representación gráfica de interrelación de participación difusa “casi_todo[0.2]”	88
Figura 4.22: Cuantificador “casi_todo [0.2, 0.6]” para participación difusa	88
Figura 4.23: Representación gráfica de cuantificador “casi_todo [0.2, 0.6]” para la participación difusa en el modelo FuzzyEER	89
Figura 4.24: Dos cuantificadores relativos, “casi ninguno” y “casi todo” con umbral [0.2] y umbral [0.2,0.3]	89
Figura 4.25: Restricción de participación difusa con dos cuantificadores en FuzzyEER	90

Figura 4.26: Representación de cuantificador “muchos” con grado de cumplimiento [0.2]	91
Figura 4.27: Modelo FuzzyEER de restricción de participación difusa para cuantificador difuso absoluto “muchos [0.2]”	91
Figura 4.28: Representación de tipo de correspondencia difusa en FuzzyEER	94
Figura 4.29: Representación gráfica de restricción tipo de correspondencia difusa menos_de_aprox_3 [0.8] : aprox_8 [0.4]	94
Figura 4.30: Cuantificadores “menos_de_aprox_3 [0.8]” y “aprox_8 [0.4]”	95
Figura 4.31: Representación de restricción de cardinalidad (0, aprox_3[0.25,0.75])	98
Figura 4.32: Cuantificador para la restricción (min, max) (aprox_2, aprox_8[0.25])	99
Figura 4.33: Representación gráfica de restricción de cardinalidad difusas con notación (min, max)	99
Figura 4.34: Restricción de participación y cardinalidad difusa en FuzzyEER	102
Figura 4.35: Representación de función de distribución para cuantificadores de cardinalidad (min, max)	103
Figura 4.36: Representación de restricción de completitud difusa con cuantificador difuso	106
Figura 4.37: Ejemplo de restricción de completitud difusa definido por un atributo Tipo_contrato en una especialización difusa y cuantificador “casi_todo”	107
Figura 4.38: Restricción de completitud difusa en especialización solapada con cuantificador difuso “casi_todo”	108
Figura 4.39: Restricción de completitud difusa y notación (min,max) para especialización solapada	110
Figura 4.40: Ejemplo de especialización difusa solapada con algunas subclases difusas	113
Figura 4.41: Especialización definida por un tipo de atributo difuso con n=1, 2, 3 y 4, y “m” número de subclases. a) Participación parcial, b) Participación total	119
Figura 4.42: Especialización disjunta por atributo difuso T3:Categoría y restricción de participación total	120
Figura 4.43: Notación de agregación en FuzzyEER. a) Agregación difusa de entidades, b) Agregación difusa de atributos	122
Figura 4.44: Ejemplo de la agregación difusa. a) Agregación de entidades, b) Agregación de atributos	123
Figura 4.45: Notación FuzzyEER. a) Grado en cada subclase de la especialización. y b) Grado en la especialización	124
Figura 4.46: Restricciones de participación difusa (cuantificador2) y completitud difusas (cuantificador1) y (min,max) en categorías	128
Figura 4.47: Ejemplo de restricción difusa de tipo de categoría o unión	129

Figura 4.48: Ejemplo de atributos difusos definidos en una especialización solapada y restricciones difusas en una subclases compartidas	132
Figura 4.49: Dos notaciones para tipos de atributos difusos	133
Figura 4.50: Restricción de participación difusa por línea zigzag	133
Figura 4.51: Ejemplo de participación difusa usando línea zigzag y cuantificador en jerarquías	134
Figura 4.52: Interrelación difusa por atributo difuso T3 Barrio (3)	135
Figura 5.1: Modelo ER/EER simplificado para una agencia inmobiliaria	145
Figura 5.2: Representación del atributo difuso T2:Precio “aproximadamente n”	147
Figura 5.3: Entidad <i>INMUEBLE</i> con atributos difusos T1, T2, T3, T4 y clásicos	148
Figura 5.4: Representación de grado difusos $G^2$ para el atributo “Calificación”	149
Figura 5.5: Gráfica de atributos para grado de conjunto de valores $G^2$ Fiabilidad calidad de la entidad <i>INMUEBLE</i>	150
Figura 5.6: Especialización disjunta difusa definida por T3:Tipo_inmueble	151
Figura 5.7: Atributos de algunas subclases según distintos tipos de inmuebles	152
Figura 5.8: Atributos difusos T3:Tipo_Inmueble y T4:Tipo_Cliente, que definen una especialización	153
Figura 5.9: Atributos Tipo 3 en interrelación difusa “Pertenece” e interrelación difusa “Cerca_de”	155
Figura 5.10: Restricción de participación en entidades <i>OFICINA</i> y <i>EMPLEADO</i> con cuantificador “casi_todos”	155
Figura 5.11: Representación de superclase <i>CLIENTE</i> y restricción de completitud difusa en especialización con cuantificador “la_mayoría”	156
Figura 5.12: Especialización por tipo de atributo difuso T4:Tipo_cliente	157
Figura 5.13: Modelo ER/EER simplificado para el control de la calidad del papel	159
Figura 5.14: Atributos difusos T1:Tipo_gramage de la entidad <i>GRAMAJE</i>	160
Figura 5.15: Atributos difusos T3:Tipo_uso y T4:Método_impresión de la entidad <i>USO</i>	161
Figura 5.16: Etiquetas lingüísticas para atributo T2:Formato_largo de la subclase <i>ROLLOS</i>	163
Figura 5.17: Etiquetas lingüísticas para el atributo T2:Formato_ancho de la subclase <i>ROLLOS</i>	163
Figura 5.18: Etiquetas lingüísticas para el atributo T2:Altura de la subclase <i>PILAS</i>	165
Figura 5.19: Etiquetas lingüísticas para el atributo T2:Peso de la subclase <i>PILAS</i>	165

Figura 5.20: Atributos de la superclase <i>CARTULINAS ESTUCADAS</i> , subclase <i>ROLLOS</i> y <i>PILAS</i> en especialización disjunta	166
Figura 5.21: Especialización disjunta definida por un atributo T3:Tipo_Cartulina	167
Figura 5.22: Atributos de la entidad <i>CAPAS</i> , y especialización solapada difusa con atributo T3:Tipo_Capa	168
Figura 5.23: Especialización con grado $G^3$ de importancia en las superclases	169
Figura 5.24: Modelo FuzzyEER para el control de la calidad del papel	171
Figura 6.1: Representación interna de FuzzyCASE	174
Figura 6.2: Pantalla principal de FuzzyCASE	176
Figura 6.3: Pantalla de barra menú de FuzzyCASE	177
Figura 6.4: Barra herramienta de FuzzyCASE	177
Figura 6.5: Pantalla de opción “Entidad” en FuzzyCASE	178
Figura 6.6: Pantalla de opción “Interrelación” en FuzzyCASE	178
Figura 6.7: Pantalla de opción “Interrelación Recursiva” en FuzzyCASE	179
Figura 6.8: Pantalla de opción “Clase Subclase” en FuzzyCASE	180
Figura 6.9: Pantalla de opción “Especialización” en FuzzyCASE	180
Figura 6.10: Pantalla de opción “Subclase Compartida” en FuzzyCASE	181
Figura 6.11: Pantalla de opción modificar o eliminar	182
Figura 6.12: Pantalla de inicio de herramienta FuzzyCASE	182
Figura 6.13: Ejemplo de modelamiento en FuzzyEER usando la herramienta FuzzyCASE	183
Figura 6.14: Ejemplo de modelamiento ER/EER usando la herramienta FuzzyCASE	184
Figura I.1: Pantalla de inicio de instalación de FuzzyCASE.	205
Figura I.2: Pantalla de instalación del FuzzyCASE	205
Figura I.3: Pantalla de creación de directorio c:\Archivo de programas\FuzzyCASE\.	206
Figura I.4: Pantalla de carga de programas de la herramienta FuzzyCASE	206
Figura I.5: Pantalla de progreso de instalación de FuzzyCASE	207
Figura I.6: Pantalla final de instalación FuzzyCASE	207
Figura I.7: Inicial de desinstalación de FuzzyCASE	208
Figura I.8: Pantalla de agregar o quitar programa	208
Figura I.9: Pantalla de compromiso de desinstalación	209
Figura I.10: Pantalla final de desinstalación	209
Figura I.11: Pantalla de cambio de atributos de archivo ejemplo	210
Figura I.12: Pantallas de FuzzyCASE con ejemplos	211

Figura II.1: Representación de un atributo difuso Tipo 2 en FuzzyUML	214
Figura II.2: Vista estática de patrón en atributos difusos	215
Figura II.3: Vista estática con inclusión de un atributo difuso	217
Figura II.4: Vista de definición difusa para el caso propuesto	218
Figura II.5: Vista estática con uso del estereotipo FuzzyT3 de atributo color del pelo	218
Figura II.6: Vista de definición difusa para atributos difusos Tipo 3	219
Figura IV.1: Esquema de la FIRST de Medina (1994)	239
Figura IV.2: Representación de la relación Usos	240
Figura IV.3: Representación de la relación Cartulinas Estucadas	241
Figura IV.4: Representación de la relación Capas	242
Figura IV.4: Representación de la relación Pilas	243
Figura IV.5: Representación de la relación Rollos	244
Figura IV.6: Representación de la relación Tipo_Cart	245
Figura V.1: Modelo EER difuso simplificado, sin atributos, de museos digitales	248
Figura V.2: Arquitectura de un sistema de recuperación de imágenes sobre una BD	250



## Resumen

*La investigación, cuyos resultados principales se encuentran en este trabajo, tiene como objetivo realizar un aporte al diseño conceptual de bases de datos. En particular se centra en el diseño, captura de conceptos y representación de una notación para aquellos datos que se definan en un dominio impreciso o incierto. Esto permite mostrar las ventajas de aplicar la teoría de conjuntos difusos al modelado conceptual, obteniendo una extensión al modelo ER/EER (Entity-Relationship/Enhanced Entity-Relationship).*

*Las propuestas existentes sobre la utilización de la lógica difusa en los modelos EER son escasas y suelen centrarse en características muy limitadas, sin dar respuesta a gran parte de los aspectos del modelo EER susceptibles de considerar como difusos. El trabajo también incluye un estudio de los modelos anteriores más importantes.*

*Para ello, se extienden componentes del modelo ER/EER a un llamado modelo Entidad-Relación Extendido Fuzzy (difuso), (FuzzyEER), proponiendo así una notación para representaciones, imprecisas o inciertas, con el uso de la teoría de conjuntos difusos. Los conceptos definidos son tales como: valores difusos en los atributos (considerando distintos tipos), grado de pertenencia en cada valor de un atributo y grado de pertenencia en un conjunto de valores de diversos atributos, así como también, entidades difusas tratadas como grado en toda la instancia de la entidad, entidades débiles difusas, interrelaciones difusas que incorporan un atributo difuso o algún tipo de grado. Por otro lado, aplicando los cuantificadores difusos, se consiguen “flexibilizar” las principales restricciones de un esquema conceptual FuzzyEER, para ello se consideran: participación, tipo de correspondencia y cardinalidad, incluyendo un estudio de la notación (min,max) difusa; y para las jerarquías (especializaciones o generalizaciones), categorías y subclases compartidas se han estudiado las restricciones de completitud y disjunción entre otras. Como un caso especial, hemos incorporado la agregación difusa tanto para entidades como para atributos considerando algún tipo de grado en su definición, en este mismo sentido, para la especialización se define algún tipo de grado, así como también, algún tipo de grado en las subclases de la especialización, pudiendo este concepto ser expandido a otras jerarquías. Con todo lo anterior, el resultado de esta tesis posibilita representar tanto las componentes como restricciones utilizando la teoría de conjuntos difusos (lógica difusa), y esto constituye un aporte a los modelos conceptuales de bases de datos, ya que se han encontrado ejemplos en los que resulta más adecuado un FuzzyEER que un modelo ER/EER tradicional.*

*Para facilitar el uso de la notación FuzzyEER se construyó una herramienta gráfica que lleva por nombre FuzzyCASE, la cual permite modelar casi en su totalidad la notación difusa propuesta. Por otra parte, para la validación del modelo de datos FuzzyEER, se desarrollaron casos reales aplicando las notaciones propuestas. Estos casos son: una “agencia inmobiliaria” y una aplicación para el “control de calidad del papel”. Además, en el Apéndice V se muestra un caso incipiente de “Museos Digitales en Internet: Modelo EER Difuso y Recuperación de Imágenes Basada en su Contenido”. En otro apéndice se comenta brevemente un estudio sobre la extensión de UML utilizando las ventajas que se han extendido en el modelo EER.*



## ABSTRACT

This research, whose main results are found in this work, has the aim of carrying out a contribution to the conceptual design of databases. In particular, it is focused in the design, capture of concepts and representation of a notation for those data defined in an imprecise or uncertain domain, allowing in this manner to show the advantages of applying the Fuzzy Sets Theory to the conceptual modelling as an extension to the ER/EER model (Entity-Relationship/Enhanced Entity-Relationship).

To accomplish this task, components of the ER/EER model are extended into a called Fuzzy Enhanced Entity-Relationship model, also known as FuzzyEER, proposing by the use of the Fuzzy Sets Theory a notation for imprecise or uncertain representations, such as: fuzzy values in the attributes, degree of ownership in every value of an attribute and degree of ownership in a group of values of diverse attributes, as well as, fuzzy entities treated as degree in the whole situation of the entity, fuzzy relationships that incorporate a diffuse attribute or a kind of degree. On the other hand, if the fuzzy quantifiers are applied, the main restrictions of a conceptual Fuzzy EER schema can get “flexibility”. To reach this goal participation, type of correspondence and cardinality should be considered; and in case of hierarchies and categories the restrictions of completeness and disjunction, among others, have been studied. As a special instance, we have incorporated the fuzzy aggregation either for entities or for attributes that include a kind of degree in their definitions; in the same sense, some degree type is defined for the specialization, as well as, some degree type in the subclasses of the specialization, thus this concept can be expanded into other hierarchies. With all the above mentioned, this thesis result makes possible the representation of both the components and the restrictions as well through the use of the Fuzzy Sets Theory (fuzzy logic). This creates a contribution to the databases conceptual models since examples, that prove it is more appropriate a Fuzzy EER than a traditional ER/EER model, have been found out.

To facilitate the use of the FuzzyEER notation, it was built a CASE tool (FuzzyCASE), that permits modelling almost entirely the proposed fuzzy notation. By contrast, to validate the FuzzyEER data model, real cases were developed applying the proposed notations. These cases are: “a building broker agency” and “paper quality control”. Furthermore, in the Appendix V it is shown an incipient case of “Digital Museums in Internet: Fuzzy EER Model and Recovery of Images Based in its Content.”