

## Bases de Datos Avanzadas

Mario Piattini, Marcela Genero, Coral Calero,  
Macario Polo y Francisco Ruiz

Grupo ALARCOS. Departamento de Informática.  
Escuela Superior de Informática, Universidad de  
Castilla-La Mancha

<{mgenero, mpiattin, mpolo, ccalero, fruiz}@inf-cr.uclm.es}>

## Calidad de esquemas conceptuales

Este trabajo forma parte del proyecto MANTICA, parcialmente financiado por la CICYT y la Unión Europea (1FD97-0168)

2

**Resumen:** los temas relacionados con la calidad de los Sistemas de Información, y en particular de las bases de datos, adquieren cada día una mayor importancia. Sin embargo, la calidad en el modelado conceptual ha sido un área poco investigada. Recientemente, se han publicado algunos interesantes marcos de referencia para la calidad de esquemas conceptuales, incluyendo algunas métricas para distintas dimensiones de esta calidad.

**Palabras clave:** esquemas conceptuales, calidad, métricas.

### 1. Introducción

En la actualidad, en un mercado cada vez más competitivo y globalizado, los temas relacionados con la calidad han pasado a ocupar un primer plano en todos los ámbitos económicos y organizativos, y de modo particular en los Sistemas de Información. Sin embargo, la calidad en el modelado conceptual ha sido un área descuidada hasta hace relativamente poco tiempo, limitándose la mayoría de los trabajos a listar una serie de propiedades o características "deseables" para los esquemas conceptuales y a proponer

una serie de transformaciones para mejorar la calidad de los mismos (Roman, 1985; Batini et al., 1992; Reingruber and Gregory, 1994; Simsion, 1994; Boman et al., 1997).

Sin embargo, en estas listas muchas definiciones son vagas y complicadas, las propiedades se solapan, se mezclan características de la especificación con las del método y del lenguaje de modelado, se presupone la existencia de diseño/ implementación, y se presentan objetivos poco realistas o imposibles de alcanzar (Lindland et al., 1994).

Recientemente, se han publicado algunos marcos de referencia que permiten abordar la calidad en el modelado conceptual de una manera más sistemática. Entre estos marcos destacan los propuestos por Moody y Shanks (Moody y Shanks, 1994; Moody et al., 1998), por el grupo de Lindland en la universidad de Trondheim en Noruega (Lindland et al., 1994; Krogstie et al., 1995), por Pohl (1994) y el de Schuette y Rothhowe (1998).

A continuación describiremos los dos primeros marcos, que han tenido hasta el momento una mayor repercusión.

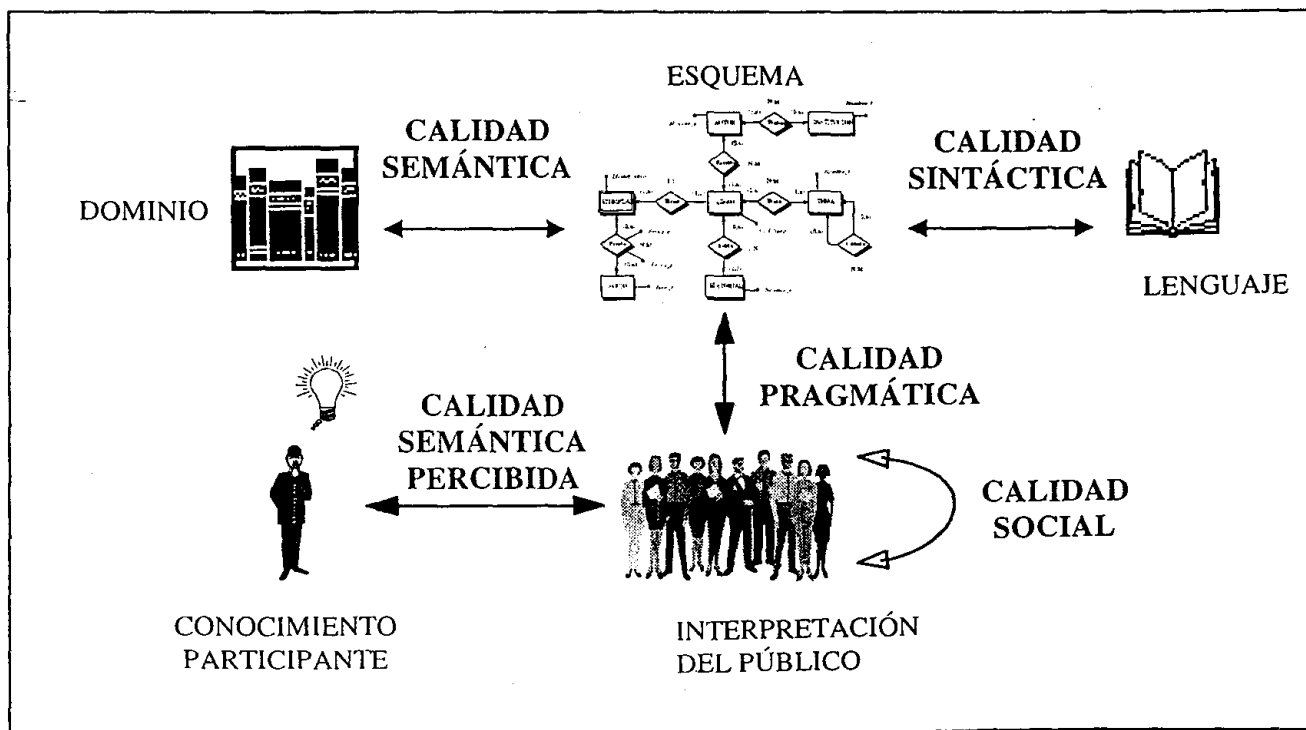


Figura 1: Marco para la calidad del modelado conceptual, Krogstie et al. (1995)

Tipos de calidad	Objetivos	Medios	
		Propiedades modelo	Actividades
<b>SINTÁCTICA</b>	Corrección sintáctica	Sintaxis formal	Verif. Sintáctica
<b>SEMÁNTICA</b>	Validez viable	Semántica formal	Verif. Consistencia
	Compleción viable	Modificabilidad	Inserción sentencias Borrado sentencias
	Percibida		Entrenamiento
<b>PRAGMÁTICA</b>	Comprensión viable	Economía expresiva	Inspección
		Estética	Visualización Filtrado Presentación diag. Parafrasear Explicación Entrenamiento
		Ejecutabilidad	Ejecución Animación Simulación
<b>SOCIAL</b>	Acuerdo viable	Modelado conflicto	Análisis punto vista Resolución conflicto Fusión de modelos

Tabla 1: Objetivos y medios para conseguir la calidad (Krogstie et al., 1995)

## 2. Marco de la Universidad de Trondheim

Este marco, basado en teoría semiótica, se presentó en Lindland et al. (1994) con el objetivo de paliar las deficiencias detectadas en los enfoques de listas de propiedades, al mismo tiempo que se separan los objetivos de calidad de los medios para alcanzarlos y se utiliza un fundamento matemático en su descripción. En Krogstie et al. (1995) se ha extendido este marco con el fin de incorporar el concepto de acuerdo social de Pohl (1994), con lo que se pueden identificar los siguientes elementos (**figura 1**):

- Público: unión del conjunto de actores individuales, el conjunto de actores sociales organizacionales y el conjunto de actores técnicos que necesitan relacionarse con el esquema.
- Esquema: conjunto de todas las sentencias expresadas explícita o implícitamente.
- Lenguaje: conjunto de todas las sentencias que se pueden expresar de acuerdo al vocabulario y la gramática de los "lenguajes de modelado" (modelos) utilizados.
- Dominio: conjunto de todas las sentencias que serían correctas y relevantes acerca del problema.

- Interpretación del público: conjunto de todas las sentencias de las que el público piensa que consta el modelo.
- Conocimiento de los participantes: unión de los conjuntos de sentencias de todos los actores sociales individuales.

Como es natural, consideraremos que un esquema tiene una mayor calidad semántica cuanto mejor sea la correspondencia entre el esquema conceptual que hemos diseñado y el dominio que pretendemos representar. Sin embargo, como señalan los autores de este marco, es imposible establecer o verificar directamente esta correspondencia, ya que para diseñar el esquema se debe acudir al conocimiento que tiene el público sobre el dominio y para verificarlo se debe emplear la interpretación que el público hace del esquema.

En este marco se propone distinguir varios tipos de calidad:

- Calidad sintáctica: que viene determinada por la correspondencia entre el esquema y el lenguaje (modelo), y cuyo objetivo es la corrección sintáctica.
- Calidad semántica: (percibida), que comprende tanto la validez (lo expresado en el esquema es correcto y relevante para el problema) como la compleción (el esquema contiene

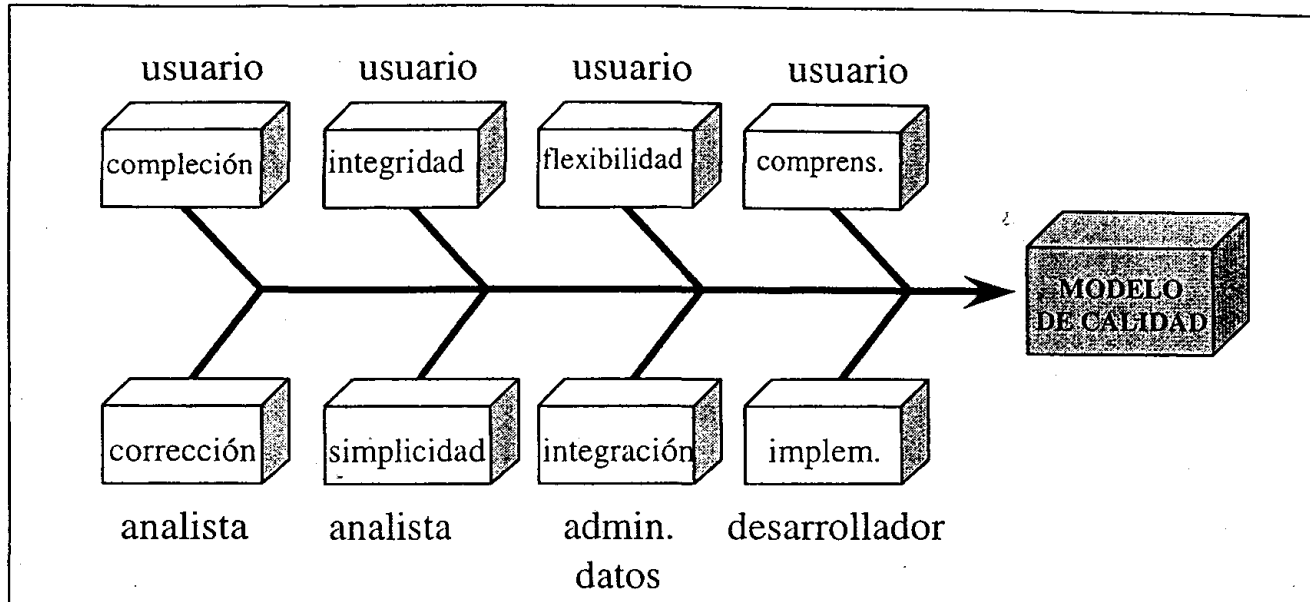


Figura 2: Factores de calidad, Moody (1998)

ne todas las sentencias acerca del dominio que son correctas y relevantes).

- Calidad pragmática: cuyo objetivo es que el esquema sea comprendido.
- Calidad social: que persigue distintos tipos de acuerdo tanto en la interpretación del esquema como respecto al conocimiento del dominio.

Este marco propone además distintos medios para mejorar los diferentes tipos de calidad, que se resumen en la **tabla 1**.

### 3. Marco de Moody y Shanks

Otro marco, con un enfoque más práctico que el anterior, fue presentado por Moody y Shanks (1994) y refinado recientemente en Moody et al. (1998). Pretende ayudar a los diseñadores a la hora de elegir entre distintas alternativas de diseño y de poder acomodar las distintas visiones de los distintos implicados (*stakeholders*) en el proceso de modelado de datos. Este marco presenta los siguientes elementos relacionados con el esquema:

- Factor de calidad: propiedad deseable de un esquema conceptual
- Implicado (*stakeholder*): persona involucrada en la construcción o utilización del esquema.
- Estrategia de mejora: técnica para mejorar la calidad de los esquemas conceptuales.
- Método de evaluación: modo sistemático de evaluar factores de calidad
- Peso: que sirve para definir la importancia relativa de los factores de calidad
- Valores: representan la valoración de un factor de calidad por alguno de los implicados.

En la última revisión de este marco, Moody (1998), se proponen los ocho factores de calidad que aparecen en la **figura 2**.

Para Moody estos factores significan:

- Completión: capacidad del modelo de tener toda la información necesaria para cumplir los requisitos del usuario.
- Integridad: grado en el que las reglas del negocio que se aplican a los datos están definidas en el esquema conceptual.
- Flexibilidad: facilidad con la que el esquema se puede adaptar a los cambios en los requisitos.
- Comprensibilidad: facilidad con la que el esquema puede ser entendido.
- Corrección: se refiere a si el esquema cumple las reglas de las técnicas de modelado utilizadas.
- Simplicidad: significa que el esquema contiene los mínimos constructores posibles.
- Integración: nivel de consistencia del esquema con el resto de los datos de la organización.
- Implementabilidad: facilidad con la que el esquema puede ser implementado dentro de las restricciones de tiempo, presupuesto y tecnología del proyecto.

Este marco se ha validado en varios casos prácticos, en los que también se ha estudiado la influencia que ejercen unos factores sobre otros; así, por ejemplo, aumentar la implementabilidad del esquema puede acarrear una disminución de su flexibilidad y completión.

Shanks y Darke (1997) han propuesto integrar este marco con el de la universidad de Trondheim, ya que ambos se complementan (este último desde un punto de vista más teórico, mientras que el de Moody y Shanks se enfoca más hacia la práctica) y además comparten conceptos: los implicados (*stakeholders*) podrían asimilarse al público, los objetivos y las propiedades a los factores de calidad y el concepto de modelo es compatible en los dos marcos. Los conceptos comunes son integrados en este marco, y los conceptos disjuntos son incorporados al mismo, como se muestra en la **figura 3**. En dicha figura se indican los conceptos referentes a la calidad en el modelado de datos basados en la teoría, y además los conceptos que soportan la evaluación de la calidad en la práctica. Los conceptos que

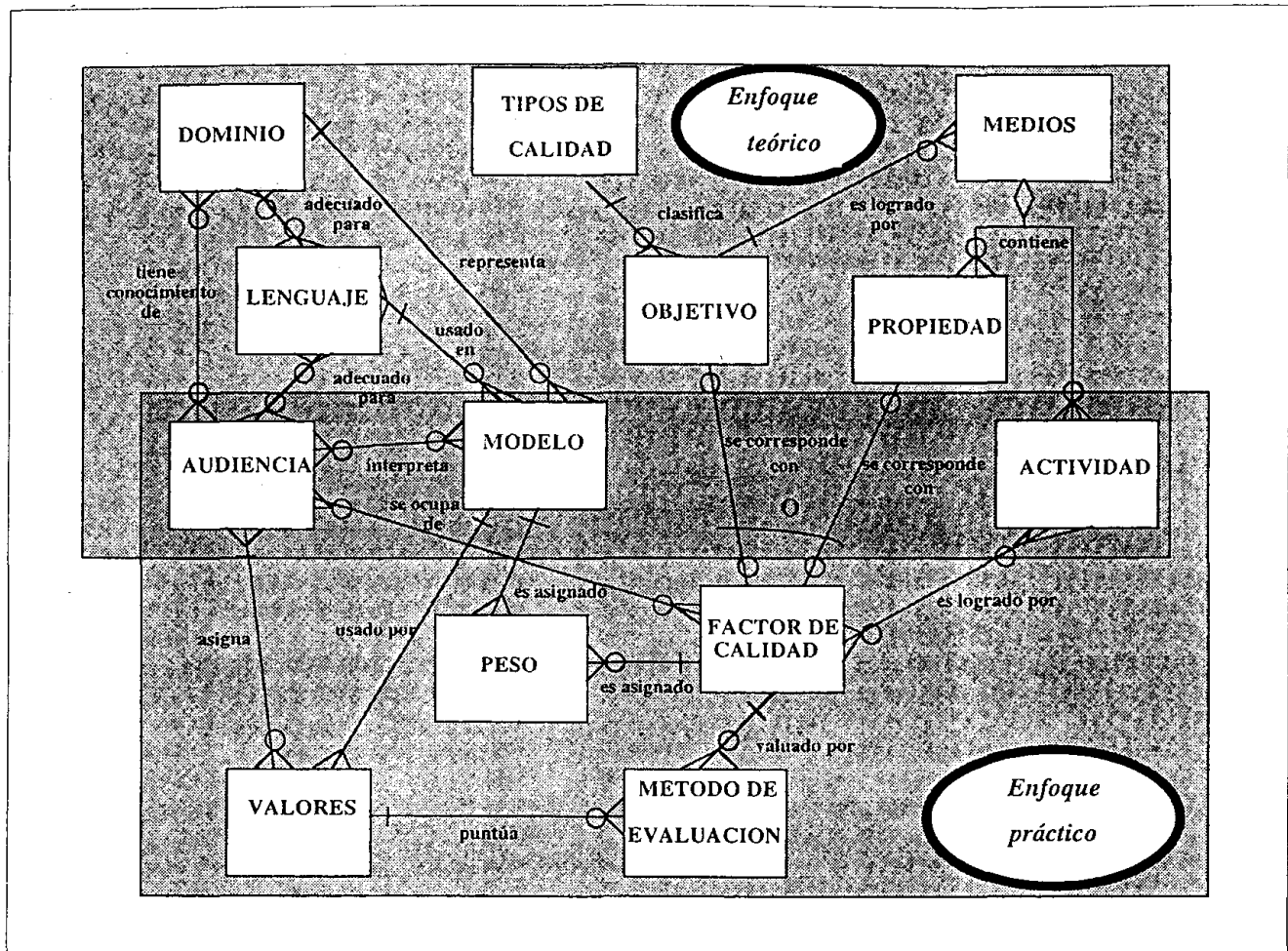


Figura 3: Metamodelo del marco integrado propuesto por Shanks y Darke (1997)

están basados tanto en la práctica como en la teoría se muestran en la parte central (sombreada con un color más oscuro) de la **figura 3**, la cual permite entender la relación entre ambos marcos y como uno informa al otro. Este marco integrado puede aplicarse en cualquier etapa del proceso de modelado conceptual, y tiene en cuenta el concepto de calidad tanto en el modelado del producto como en el proceso de modelado del mismo.

#### 4. Métricas para medir la calidad de esquemas conceptuales

A pesar del avance que suponen estos marcos, sólo constituyen el primer paso para asegurar la calidad de los esquemas conceptuales, ya que es necesario establecer métricas para valorar los diferentes factores de calidad. Como es sabido por las famosas citás de Tom de Marco y Norman Fenton, "no se puede controlar lo que no se puede medir", y "no se puede predecir lo que no se puede medir". De hecho, actualmente se reconoce que la medición del software es el medio más efectivo para comprender, monitorizar, controlar, predecir y mejorar el desarrollo del software (Briand et al., 1996a). La medición no se utiliza sólo para comprender y mejorar el desarrollo, sino también para determinar la mejor manera de ayudar a los profesionales y a los investigadores (Schneidewind, 1997).

La Ingeniería del Software ha propuesto enormes cantidades de métricas para productos, procesos y recursos software (Fenton and Pflieger, 1997; Melton, 1996); sin embargo, prácticamente todas las métricas publicadas desde el número ciclométrico de McCabe (McCabe, 1976) hasta la fecha, se han centrado en características de los programas, descuidando las bases de datos (Sneed and Foshag, 1998). Sin embargo, la calidad de las bases de datos, y especialmente de los esquemas conceptuales, ejerce una gran influencia en la calidad del Sistema de Información en su conjunto, por lo que es importante disponer de métricas que permitan valorar la calidad de estos esquemas.

Uno de los pocos trabajos publicados en este sentido es el de Moody (1998), que propone 25 métricas clasificadas según los factores de calidad de la **figura 2**; algunos calculados de forma objetiva (p. ej. número de entidades del esquema), mientras que otros resultan de la puntuación subjetiva de los implicados en el diseño. Nosotros también hemos propuesto algunas métricas para la calidad de esquemas conceptuales, como el ratio de minimalidad, la cohesión del esquema, la complejidad del esquema, la longitud interrelacional, etc. (Polo et al., 1998).

De todas maneras, hay que tener cuidado al proponer métricas, ya que muchas veces no miden los atributos que

pretenden medir (Briand et al, 1996b). Una medición efectiva de los esquemas conceptuales pasará por disponer de métricas definidas con rigor y validadas formalmente (Fenton, 1994; Morasca and Briand, 1997), además de que demuestren su validez empírica, tanto en experimentos controlados como en casos reales (Basili, 1999).

## 5. Conclusiones

Creemos que es necesaria una mayor investigación en los aspectos relacionados con la calidad de los esquemas conceptuales y, especialmente, con la medida de su calidad.

Hemos presentado el estado del arte sobre este tema, pero queda todavía mucho por hacer en lo relativo a los marcos de calidad propuestos así como en la elaboración y refinamiento de métricas, tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Además, hay que tener en cuenta que la mayor parte de los estudios revisados en este artículo se centran en la calidad del producto (esquema conceptual) siendo necesaria una mayor investigación en la calidad del proceso de modelado.

En estos momentos, en nuestro grupo estamos trabajando además en la definición de métricas para otros tipos de bases de datos: relacionales (Calero et al., 1999), objeto-relacionales (Piattini et al., 1998) y activas (Díaz y Piattini, 1999).

## 6. Referencias

- Basili, V. R. (1999). *Using experiments to build a body of knowledge*. Conferencia impartida en la U.P.M.
- Batini, C., Ceri, S. y Navathe, S. (1992). *Conceptual database design. An entity relationship approach*. Benjamin Cummings Publishing Company.
- Boman M, Bubenko J., Johannesson P. y Wangler B. (1997). *Conceptual Modelling*, Prentice Hall.
- Briand, L.C., Differding, C.M. y Rombach, D. (1996a). Practical Guidelines for Measurement-Based Process Improvement. *Software Process-Improvement and Practice* 2, 253-280.
- Briand, L., Morasca, S. y Basili, V. (1996b). Property-Based Software Engineering Measurement. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 22 (6), 68-86.
- Calero, C., Piattini, M., Polo, M. y Ruiz, F. (1999). Validating referential integrity as a database quality metric. *Proceedings of the First International Conference on Enterprise Information Systems*, Portugal, 45-50.
- Chidamber, S. y Kemerer, C. A metrics suite for object-oriented design. *IEEE Trans. Software Eng.*, 20 (6), 476-493.
- Díaz, O. y Piattini, M. (1999). Metrics for active databases maintainability. *Proc. CAISE'99*. Heidelberg, June 16-18.
- Fenton, N. (1994). Software Measurement: A Necessary Scientific Basis. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 20(3), 199-206.
- Fenton, N. y Pfleeger, S.L. (1997). *Software Metrics: A Rigorous Approach*, 2nd. edition. London, Chapman & Hall.
- Kesh, S. (1991). Evaluating the Quality of Entity Relationship Models. *Information and Software Technology*, 37 (12), 681-689.
- Krogstie, J., Lindland, O. I. y Sindre, G. (1995). Towards a Deeper Understanding of Quality in Requirements Engineering. *Proceedings of the 7th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE)*. Jyväskylä, Finland, June, 82-95.
- Lindland, O., Sindre, G. y Solvberg, A. Understanding Quality in Conceptual Modelling. *IEEE Software*, Marzo, 42-49.
- McCabe, T. (1976). A complexity measure. *IEEE Trans. Software Engineering*, 2(5), 308-320.
- Melton, A. (ed.) (1996). *Software Measurement*. London, International Thomson Computer Press.
- Moody, L. (1998). Metrics For Evaluating the Quality of Entity Relationship Models. *Proceedings of the Seventeenth International Conference on Conceptual Modelling (E/R '98)*, Singapore, November 16-19, 213-225.
- Moody, L. y Shanks G. (1994). What Makes A Good Data Model? Evaluating The Quality of Entity Relationships Models. *Proceedings of the 13th International Conference on Conceptual Modelling (E/R '94)*. Manchester, England, December 14-17, 94-111.
- Moody, L., Shanks G. y Darke P. (1998). Improving the Quality of Entity Relationship Models – Experience in Research and Practice. *Proceedings of Seventeenth International Conference on Conceptual Modelling (E/R '98)*, Singapore, November 16-19, 255-276.
- Morasca, S. y Briand, L.C. (1997). Towards a Theoretical Framework for measuring software attributes. *Proceeding of the Fourth International Software Metrics Symposium*, 119-126.
- Piattini, M., Calero, C., Polo, M. y Ruiz, F. (1998). Maintainability in Object-Relational Databases. Proc of The European Software Measurement Conference FESMA 98, Antwerp, May 6-8, Coombes, Van Huysduynen and Peeters (eds.), 223-230.
- Pohl, K. The Three Dimensions of Requirements Engineering: A Framework and its Applications. *Information Systems*, 19, 243-258.
- Polo, M., Calero, C., Ruiz, F. y Piattini, M. (1998). Métricas de calidad y complejidad para bases de datos. Actas de las III Jornadas en Ingeniería del Software, Toval, A. y Nicolás, J. (eds.), 79-90.
- Reingruber, M. C. y Gregory, W. W. (1994): *The Data Modelling Handbook. A best-practice approach to building quality data models*. John Wiley & Sons, Inc.
- Roman, G. A Taxonomy of Current Issues in Requirements Engineering. *Computer*, April, 14-22.
- Schneidewind N.F. (1997). Software metrics for quality control. Proceedings of the fourth international software metrics symposium. *IEEE Computer Society Technical Council on Software Engineering*, 127-136
- Schuette, R. y Rotthowe, T. (1998). The Guidelines of Modeling – An Approach to Enhance the Quality in Information Models. *Proceedings of the Seventeenth International Conference on Conceptual Modelling (E/R '98)*, Singapore, November 16-19, 240-254.
- Shanks, G. y Darke, P. (1997). Quality in Conceptual Modelling: Linking Theory and Practice. *Proc. of the Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS'97)*, Brisbane, 805-814.
- Simsion, G.C. (1994). *Data Modelling Essentials*, Van Nostrand Reinhold.
- Sneed, H.M. y Foshag, O. (1998): Measuring Legacy Database Structures. *Proc. of The European Software Measurement Conference FESMA '98*, Coombes, Hooft and Peeters (eds.), 199-210.



## Bases de Datos Avanzadas

Mario Piattini\*

<mpiattin@inf-cr.uclm.es>

Se cumplen ya treinta años desde que el Dr. Codd propuso el modelo relacional, dando lugar a la "segunda generación" de productos de bases de datos: ORACLE, DB2, INGRES, INFORMIX, SYBASE, etc. que presentan una mayor independencia físico/lógica, mayor flexibilidad y lenguajes de especificación (que actúan sobre conjuntos de registros). Este tipo de productos se ha ido imponiendo en el mercado y ha sido uno de los principales focos de investigación durante las décadas de los setenta y ochenta.

En los últimos años venimos asistiendo a un avance espectacular en la tecnología de bases de datos. Temas que hasta hace poco parecían exclusivos de laboratorios y centros de investigación, comienzan a aparecer en las últimas versiones de algunos SGBD y en nuevos productos: bases de datos multimedia, activas, deductivas, orientadas a objetos, seguras, temporales, móviles, paralelas, multidimensionales, etc. Esta nueva generación de bases de datos (la "tercera"), se caracteriza por proporcionar capacidades de gestión de datos, objetos y gestión de conocimiento y pretende responder a las necesidades de aplicaciones tales como: CASE (Ingeniería del software asistida por ordenador), CAD/CAM/CIM, SIG (sistemas de información geográfica), información textual, aplicaciones científicas, sistemas médicos, publicación digital, educación y formación, sistemas estadísticos, comercio electrónico, etc.

Todas estas nuevas tecnologías afectan al proceso de diseño de bases de datos, que resulta cada día más difícil, así como a la administración de los sistemas. Por otra parte, también se propugna el desarrollo de nuevos estándares como el ODMG y el SQL:1999, que recojan las características de esta nueva generación.

Esta monografía de Novática recoge algunos trabajos que se están desarrollando sobre estas bases de datos avanzadas. En primer lugar, se han incluido dos artículos invitados que representan puntos de vista distintos y complementarios, el profesor Félix Saltor de la UPC reflexiona sobre la evolución de las bases de datos, mientras que César Pérez-Chirinos de TransTOOLS, ofrece una visión más "heterodoxa" del tema. A continuación, Jim Melton y Andrew Eisenberg explican los cambios realizados en el próximo estándar para bases de datos objeto-relacionales, SQL:1999, hasta ahora conocido como SQL3.

A continuación se incluyen cinco artículos técnicos que han sido seleccionados de un total de quince enviados por los principales investigadores nacionales. La revisión de estos artículos ha sido llevada a cabo por un amplio Comité Técnico compuesto por: Pedro Blesa (Univ. Politécnica de Valencia), Nieves Brisaboa (Univ. de A Coruña), Verónica Canivell (Univ. de Deusto), Julia Couto (Univ. Complutense de Madrid), Juan Manuel Cueva (Univ. de Oviedo), Adoración de Miguel (Univ. Carlos III de Madrid), Oscar Díaz (Univ. del País Vasco), Juan Garbajosa (Univ. Politécnica de Madrid), Jesús García Molina (Univ. de Murcia), Esperanza Marcos (Univ. Rey Juan Carlos de Madrid), Jesús Maudes (Univ. de Burgos), Oscar Pastor (Univ. Politécnica de Valencia), Estrella Pulido (Univ. Autónoma de Madrid), Francisco Ruiz (Univ. de Castilla-La Mancha), Alfredo Roy (Univ. de Zaragoza), Miryam Salas (Univ. de Extremadura), Ernest Teniente (Univ. Politécnica Cataluña), Ambrosio Toval (Univ. de Murcia) y Mariemma Yagüe del Valle (Univ. de Málaga). Actuaron también como revisores adicionales: Angel Velázquez (Univ. Rey Juan Carlos de Madrid) y M<sup>a</sup> José Ortín (Univ. de Murcia). Quiero agradecer a todos ellos el trabajo realizado, así como a todos los autores que han enviado trabajos para este monográfico.

Los artículos abarcan diversos temas: bases de datos y web, calidad de esquemas conceptuales, control de restricciones en una metodología de desarrollo de bases de datos relacionales, técnicas de indexación para las bases de datos orientadas a objetos y una revisión de los métodos de acceso multidimensionales.

Por supuesto, quedan muchos más temas interesantes por tratar que el lector puede encontrar en la sección técnica de Bases de Datos de esta revista, o en las actas de las "Jornadas de Bases de Datos" cuya

## Presentación

cuarta edición se celebra este año en Cáceres del 24 al 26 de noviembre de 1999, organizadas por la Universidad de Extremadura. Sólo nos queda por desear que esta nueva generación de bases de datos vaya alcanzando su madurez en los tres planos posibles: en el plano científico, es decir, la investigación dedicada a la tecnología; en el plano industrial, esto es, en cuanto al desarrollo de productos que empleen la tecnología por parte de suministradores, y en el plano comercial, es decir, su aceptación y utilización por parte de los usuarios.

### Bibliografía básica

Se vienen publicando, de manera regular, diversas referencias sobre bases de datos en la sección de "Referencias Autorizadas" de esta revista. También se publicó un artículo interesante sobre la formación en bases de datos, en la que se recogían varias fuentes bibliográficas (véase número Enero/febrero 1999, págs: pp. 60-63). A continuación algunos textos recientes.

#### Fundamentos:

- Elmasri, R. y Navathe, S.B. (1997); *Sistemas de Bases de Datos. Conceptos fundamentales*. Addison-Wesley Iberoamericana.  
 Silberschatz, A., Korth, H. y Sudarshan, S. (1998); *Fundamentos de Bases de Datos* (3ª edición). Mc Graw-Hill.  
 De Miguel, A. y Piattini, M. (1999); *Fundamentos y modelos de bases de datos* (2ª edición). Editorial Ra-Ma.  
 McFadden, F.R., Hoffer, J.A. y Prescott, M.B. (1999); *Modern Database Management*. Addison-Wesley.  
 Date, C. J. (1997); *Introducción a los sistemas de bases de datos* (6ª edición). Addison-Wesley Iberoamericana.

#### Bases de Datos avanzadas:

- Kim, W. (ed.) (1995); *Modern database Systems. The Object Model, Interoperability and Beyond*. ACM Press.  
 Stonebraker, M. y Brown, P. (1999); *Object-Relational DBMSs tracking the next great wave*. Morgan Kaufman Publishers.  
 Piattini, M. y Díaz, O. (1999); *Advanced Databases: Technology and Design*. Artech House.

#### Diseño de bases de datos:

- Batini, C., Ceri, S. y Navathe, S. (1994); *Diseño Conceptual de bases de datos. Un enfoque de entidades-interrelaciones*. Addison Wesley Iberoamericana.  
 Connolly, T., Begg, C. y Strachan, A. (1999); *Database Systems* (2ª edición). Addison-Wesley.  
 De Miguel, A., Piattini, M. y Marcos, E. (1999); *Diseño de bases de datos relacionales*. Editorial Ra-Ma.  
 Blaha, M. y Premertani, W. (1998); *Object-oriented modeling and design for database applications*. Prentice-Hall.  
 Ceri, S. y Fraternali, P. (1997); *Designing Database Applications with Objects and Rules: The IDEA Methodology*. Addison-Wesley.

#### Coordinador de la monografía

\* Mario Piattini Velthuis es Doctor Ingeniero en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid. Master en Auditoría Informática (CENEI). Especialista en la Aplicación de Tecnologías de la Información a la Gestión Empresarial (CEPADE-UPM).

Ha sido director del Departamento de Desarrollo de la empresa SiE, y socio-fundador de Cronos Ibérica, S.A. y ha trabajado como consultor y profesor para numerosos organismos y empresas.

Ha sido profesor asociado de los Departamentos de Informática y Automática de la Universidad Complutense de Madrid y del Departamento de Informática de la Universidad Carlos III de Madrid. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en la Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha en Ciudad Real, donde dirige el grupo de investigación Alarcos, especializado en Sistemas de Información, Bases de Datos e Ingeniería del Software.

Coautor y/o coeditor de varios libros así como de un centenar de artículos en revistas nacionales e internacionales.

Pertenece a diversas asociaciones profesionales (ACM, IEEE-CS, ISACA, PMI, ATI, ALI, AII, OAI, Ada-Spain, AEC, AENOR, etc.).