

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



jisbd

VIII Jornada de Ingeniería del Software y Bases de Datos

12-14 de Septiembre de 2003. Alicante

EDITORES DE JISBD

Ernesto Pimental
Nieves R. Briachos
Jaime Gómez



ACTAS

VIII Jornadas de
Ingeniería del
Software
y
Bases de Datos

(JISBD'03)

Alicante, del 12 al 14 de Noviembre de 2003

Prólogo Comité de Programa

Este volumen recoge los trabajos presentados en las VIII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos celebrados en Alicante los días 11, 12, 13 y 14 de noviembre 2003.

En esta convocatoria, y con el fin de facilitar que investigadores/as jóvenes y grupos emergentes pudieran participar, se solicitaron, no sólo trabajos de investigación originales y maduros a los que se les exigirían rigurosos niveles de calidad, sino también trabajos cortos en donde se pudieran plasmar trabajos o ideas aun no completamente desarrolladas.

Por otro lado en esta convocatoria se hizo también un esfuerzo de incorporación a las Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos de la comunidad Portuguesa de investigación en estas áreas. Para ello se incorporó a conjunto representativo de investigadores portugueses en cada uno de los Comités de Programa y efectivamente esto propició que por primera vez en la historia de las JISBD se recibiera un número significativo de trabajos procedentes de universidades portuguesas, algunos en portugués y otros en inglés. En todo momento se hizo un esfuerzo por parte del Comité Organizador y por parte de los Comités de Programa de armonizar y facilitar el bilingüismo de esta edición de las JISBD.

Es necesario destacar aquí que nos sentimos orgullosos de haber conseguido, junto con el Comité de Organización, que esta edición de las JISBD haya supuesto un record absoluto en el número de trabajos presentados. Se han recibido 143 trabajos, de los cuales 90 trabajos se presentaron a la sección de Ingeniería del Software y 53 trabajos a la sección de Bases de Datos.

A continuación facilitamos algunos datos sobre la evaluación, ya que velar por la calidad del proceso de revisión ha sido nuestra labor principal como presidentes de cada uno de los Comités de Programa. La totalidad de los trabajos fueron revisados por tres miembros del Comité de Programa correspondiente. Quien evaluaba tenía que definir como "alto" "medio" o "bajo" el grado en el que estaba familiarizado con la temática de cada artículo que evaluaba. Todos los trabajos se evaluaron en diferentes aspectos así como globalmente en una escala de 0 a 7, razonando en todo caso su valoración. En los casos en los que existieron discrepancias entre evaluaciones, estas se resolvieron mediante discusión entre las personas implicadas en el proceso de evaluación del trabajo en cuestión. La nota media obtenida por cada trabajo, ponderada por el nivel de experiencia en el tema de cada una de las personas que lo evaluó, fué la puntuación final que se utilizó para seleccionar los trabajos.

© Ernesto Pimentel
Nieves R. Brisaboa
Jaime Gómez

I.S.B.N.: 84-688-3836-5
D.L.: MU-2267-2003

Imprime: Compobell, S.L.

Printed in Spain

Después de una ardua labor de los correspondientes Comités de Programa finalmente aceptaron 23 de los 53 trabajos recibidos en la sección de Bases de Datos y 35 de los 90 presentados en la sección de Ingeniería del Software.

Además y para facilitar la presencia en las Jornadas del mayor número posible de investigadores, en ambas secciones se aceptaron como artículos cortos trabajos que presentaban ideas interesantes, con cierto grado de relevancia e innovación y/o con potencial para generar discusiones interesantes. Así se aceptaron además 11 artículos cortos en la sección de Bases de Datos y 9 en la sección de Ingeniería del Software

Obviamente, estas Jornadas no hubieran sido posibles sin la participación de muchas personas. En primer lugar, es necesario agradecer a la comunidad científica su apoyo a estas Jornadas enviándonos sus trabajos. Asimismo, deseamos expresar nuestra gratitud hacia los miembros de los diferentes Comités de Programa por la cuidadosa revisión de los trabajos enviados a pesar de tenerlos que leer en muchas ocasiones en una lengua poco conocida (portugués o español según la nacionalidad de quien evaluara).

Por último, nuestro más sincero reconocimiento a todos los miembros del Comité Organizador, por su disponibilidad, eficacia y entrega durante todo el proceso.

Nieves R. Brisaboa
Presidenta del C.P Bases de Datos

Ernesto Pimentel
Presidente del C.P. Ing. del Software

Prólogo Comité Organización

Como en ediciones anteriores, estas jornadas han pretendido ser un lugar de encuentro para la comunicación de resultados e intercambio de opiniones sobre el estado la investigación en los ámbitos de la Ingeniería del Software, las Bases de Datos.

En esta ocasión, la conferencia inaugural estuvo a cargo del Prof. David Parnas, actualmente director del Software Quality Research Laboratory en la Universidad de Limerick. Así mismo, como conferenciantes invitados participaron el prof. Yuri Gurevich, senior researcher en el Microsoft Research Lab en Redmond, WA (USA) y profesor emérito en la Universidad de Michigan, el prof. Mikel Kifer del departamento de Informática de la State University de New York en Stony Brook (USA) y el prof. Nikos Lorentzos de la Agricultural University de Atenas (GRECIA) y el prof. Alain Colmerauer de l'Université de la Méditerranée, Marsella (FRANCIA).

También esta edición ha apostado por los talleres y tutoriales. Los talleres promovidos por los comités respectivos, favorecen un intercambio amplio y ágil, tanto de ideas ya asentadas, como de nuevas ideas o intereses. Con esta finalidad se organizaron siete talleres, a saber: Apoyo a la Decisión en Ingeniería del Software 2003, Desarrollo de Software Orientado a Aspectos, Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software, III Taller sobre Ingeniería del Software Orientada al Web (Web Engineering), Nuevas Tecnologías de la Información: Componentes y Servicios Web, Sistemas Hipermedia Colaborativos y Adaptativos (2 Edición) y taller de la Red de Excelencia en Bases de Datos 2003. Y se impartieron 4 tutoriales: Pruebas de Programas Java mediante Junit, Experimentación en Ingeniería del Software, Minería de Datos aplicada a la Ingeniería del Software, AspectI: Una Perspectiva Práctica del Desarrollo de Software Orientado a Aspectos.

Estas jornadas no hubieran sido posibles sin el trabajo voluntario y desinteresado de muchas personas. A todos los miembros de los Comités de Programa, a sus Presidentes Nieves Brisaboa por la sección de Bases de Datos y Ernesto Pimentel por la sección de Ingeniería del Software, quisiera agradecer todo el proceso de revisión de los trabajos. Por último a los miembros del comité organizador mi gratitud más sincera por el buen ánimo y las horas dedicadas a la realización de multitud de tareas, muchas de ellas inimaginables en un principio, relacionadas con la organización de estas jornadas.

Alicante, Noviembre 2003

Presidente del Comité Organizador

Jaime Gómez

Indice

Sección de Ingeniería del Software: Validando clases UML mediante animación en Java Diego Piedrahita, Patricio Letelier	1
XSDoc: An Extensible Wiki-based Infrastructure for Framework Documentation. Ademar Aguiar, Gabriel David, Manuel Padilha	11
Grid-aware Component-based development in CORBA Lightweight Components D. Sevilla, J. A. Pérez, José M. García, A. Gómez	25
Generación Automática y Paralela de Entornos en la Verificación de Componentes Software Claudio de la Riva, Javier Tuya, José Ramón de Diego	35
Advanced Separation of Concerns for Requirements Engineering Isabel Sofia Brito, Ana Moreira	47
Desarrollo de software basado en componentes y aspectos: una visión integrada Pedro J. Clemente, Juan Hernández, Antonio Vallecillo	57
Requirements and Architecture: a marriage for Quality Assurance Elena Navarro, Isidro Ramos, Jennifer Pérez	69
Integrando un modelo de reutilización en la producción de software: entorno distribuido para el desarrollo basado en reutilización Crespo, Y., Laguna, J.M., Pérez, J.	79
iGen: plataforma de geração de código com ciclo de desenvolvimento completo Alcides Marques, Bruno Rino, Henrique Madeira	95
Modelado de la calidad del software mediante una estructura jerquica Xavier Burgués Illa, Xavier Franch	107
Patrones de Usabilidad: Mejora de la Usabilidad del Software desde el momento de Arquitectónico Ana M ^a Moreno, Maria Isabel Sanchez-Segura	117
El aspecto de distribución de PRISMA Josep Silva, Nour Hussein, José Carsí, Isidro Ramos	127

Desarrollo de sistemas de información Web: del modelo conceptual de navegación al modelo lógico en XML Belén Vela, Esperanza Marcos	137	Mejorando la gestión de historias de usuario en eXtreme Programming Emilio A. Sánchez, Patricio Letelier, Jose H. Canos	263
Una Revisión Empírica de Heurísticas para Verificación de Casos de Uso basados en Métricas Beatriz Bernárdez, Amador Durán, Miguel Toro	147	Entorno CASE para el desarrollo de sistemas de tiempo real J.L. Medina, P. López Martínez, J.M. Drake	273
Coupling the ontology layer with the resource layer: a rule-based approach Jon Iturrioz, Oscar Díaz, Sergio Fernández	157	Pruebas automáticas de cobertura de software mediante una herramienta basada en Búsqueda Tabú Eugenia Díaz, Javier Tuya, Raquel Blanco	283
Una plataforma semántica para la gestión de modelos Artur Boronat, José Á. Carsí, Isidro Ramos	167	Incrementos de Usabilidad al Proceso de Desarrollo Software Xavier Ferré	293
La relación de materialización en UML Jordi Cabot	177	Medición del Proceso Software Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini	303
Tratamiento de la Personalización Dinámica en Modelos Conceptuales de Aplicaciones Web Irene Garrigós, Jaime Gómez, Cristina Cachero	187	Towards a Methodology for Describing Coordination in Multi-Agent System Coordination Joaquín Peña, Rafael Corchuelo, Octavio Martín-Díaz	315
ASPID: una herramienta para la refactorización de aspectos en sistemas heredados Javier Pedrero, Fernando Sánchez, Juan Hernández	199	A Framework for the Verification of UML Models. Examples Using Petri Nets Esther Guerra, Juan de Lara	325
Un Tratamiento Sensible a la Calidad para la Adquisición de Servicios Web Octavio Martín-Díaz, David Benavides, Joaquín Peña, Miguel Toro	209	Soporte automatizado a la reutilización de requisitos Joaquín Lasheras, Ambrosio Toval, Joaquín Nicolás, Begoña Moros	335
Hacia un método para la elaboración de Profiles UML: un caso de estudio Victor Anaya, Patricio Letelier	221	DAOP-ADL: Un Lenguaje de Descripción de Arquitecturas Software basado en Componentes y Aspectos Mónica Pinto, Lidia Fuentes, José María Troya	347
PROMENADE: Un lenguaje para la modelización de procesos de software Xavier Franch, Josep M. Ribó	231	PARMA: Un modelos incremental para la Representación y Gestión de Proyectos en Ingeniería del Software Fran J. Ruiz-Bertol, Javier Dolado	359
Modelado Orientado a Aspectos de Patrones Hipermedia R.Rodríguez, F. Sánchez, Quercus SEG	241	Hacia el Modelado Conceptual de Sistemas Domóticos Javier Muñoz, Joan Fons, Vicente Pelechano, Óscar Pastor	369
Hacia una solución basada en frameworks para la definición de refactorizaciones con independencia del lenguaje Raúl Marticorena Sánchez, Carlos López Nozal, Yania Crespo González-Carvajal	251	Aplicación de MDA al desarrollo de Aplicaciones Web en OOWS Ricardo Quintero, Vicente Pelechano, Joan Fons, Oscar Pastor	379
		Un experimento sobre el comportamiento de tres técnicas técnicas de evaluación de código Sira Vegas	389

Rapid prototyping by means of meta-modelling and graph grammars. An example with constraint satisfaction problems. Iván Dotú, Juan de Lara	401	Identificación de Objetos para Clases Derivadas en ODMG Eladio Garvı, José Samos, Manuel Torres, Cecilia Delgado	529
Desarrollo de un Sistema de Teleoperación utilizando el Enfoque PRISMA Jennifer Pérez, Nour Hussein, Isidro Ramos, Juan A. Pastor, Pedro Sánchez, Bárbara Álvarez	411	Un metodo global basado en UML para el diseño de almacenes de datos Sergio Luján-Mora, Juan Trujillo	539
A conceptual Modeling Pattern for Roles Ruth Raventós, Jordi Cabot	421	Anotación Semántica de Documentos Web José Francisco Aldana Montes, Nathalie Moreno Vergara, Ismael Navas Delgado	551
El modelo de persistencia basado en contenedores: conclusiones sobre una aproximación distinta hacia la persistencia J. Baltasar García Pérez-Schofield, Emilio García Rosello, Manuel Pérez Cota	431	Arquitectura para la Integración Semántica José Aldana Montes, Ismael Navas Delgado, Nathalie Moreno Vergara	563
Implementation of An Object Oriented Query Language Compiler for Replicated Architectures J.E. Armendáriz, J. J. Astrain, A. Córdoba, J. Villadangos	441	CRISOL: Una aproximación a la generación automática de Instancias para una Web Semántica R. Dánger, I. Sanz, R. Berlanga, J. Ruíz-Shulcloper	573
Mejora de casos de prueba midiendo la cobertura de sentencias SQL M ^a José Suárez Cabal, Javier Tuya	451	DAWIS: Una arquitectura de integración web para el acceso compartido a archivos digitales S. Eibe, C. Costilla, E. Menasalvas, C. Acuña, J. Saenz	583
An Aspectual Use-Case Driven Approach Ana Moreira, Joao Araujo	463	Arquitectura para la Consulta a Bases de Datos Restrictivas M.T. Gómez, R. M. Gasca, C. Del Valle, R. Ceballos	593
Seccion de Bases de Datos Reducción de Bases de Datos Roberto Ruiz, Jesus S. Aguilar-Ruiz, Jose C. Riquelme	469	Semantic Integration on Spatial Databases. SIT-SD Prototype Villie Morocho, Lluís Pérez-Vidal, Félix Saltor	603
Using Contextual Logic Programming for Temporal Reasoning Vitor Nogueira, Salvador Abreu, Gabriel David	479	M2: Una técnica para la integración de versiones de XML-Schemas Luis Arévalo, Antonio Polo, Miryam Salas, Juan C. Manzano	613
Estrategias de Precarga y Administración para Sistemas Administradores de Bases de Datos Rodolfo A. Pazos R., José A. Martínez F., Juan J. González B.	491	Uso de ontologías en páginas web para mejorar su accesibilidad a invidentes Mercedes Macías García, Adolfo Lozano-Tello, Fernando Sánchez Figueroa.	625
Proyecto SICO: Sistemas de Información en un entorno Cooperativo Regina Motz, Raúl Ruggia, Jorge Abin, Adriana Marotta, Fernando Carpani	501	Incorporando técnicas activas para la conservación de semántica en la transformación de esquemas Harith T. Al-Jumaily, Dolores Cuadra, Paloma Martínez	635
Searching a database based web site Filipe Silva, Gabriel David	509	Minería de Textos y Datos aplicadas a la Obtencion de Ontologias a partir de Mensajes de Correo Electronico Jesus S. Aguilar-Ruiz, Domingo S. Rodriguez Baena, Paul R. Cohen, Jose C. Riquelme	645
Una representación en UML del metamodelo estándar ISAD(G) e ISAAR(CPF) para la descripción de archivos digitales J. Sáenz, C. Costilla, E. Marcos, J.M. Cervero	519	Evaluation of Information Retrieval Systems Sánchez González, Carlos; Torres Papín, Manuel; Vázquez Sánchez, Olaia; Villaverde Vázquez, Roberto	655
		Propuesta de métricas para almacenes de datos a nivel conceptual Manuel Serrano, Coral Calero, Juan Trujillo, Sergio Luján, Mario Piattini	665

REVISORES ADICIONALES:

Abelardo Pardo
 Alejandra Cechich
 Ángel Herranz
 Antonio Maña Gómez
 Artur Boronat Moll
 Belén Vela Sánchez
 Coral Calero
 Dolors Costal
 Elena Navarro
 Ernestina Menasalvas
 Irene Garrigós
 Isabel Nunes
 Joan A. Pastor
 João Cachopo
 Jon Iturrioz Sánchez
 José Angel Carsí Cubel
 José María Caverro Barca
 Juan Manuel Murillo Rodríguez
 Luis Carriço
 Macario Polo Usaola
 Manuel Fernandez Bertoa
 Marcela Genero Bocco
 María Inmaculada Yagüe del Valle
 María Luisa Rodríguez Almendros
 Mario Piattini
 Miguel Goulão
 Noelia Maya Fernández
 Oscar López Villegas
 Pablo Basanta Val
 Patricia Paderewski Rodríguez
 Pedro A. Antunes
 Pedro Merino Gómez
 Pilar Muñoz
 Sascha Ossowski
 Silvia Teresita Acuña
 Toni Urpí
 Vicente Luque Centeno
 Xavier Ferré

Adolfo Lozano-Tello
 Ana M. Moreno
 António Correia Leitão
 Antonio Ruiz-Cortés
 Aurora Vizcaino Barceló
 Carne Quer
 Cristina Cachero
 Eladio Garví García
 Enric Mayol
 Félix O. García Rubio
 Iria Estévez Ayres
 Jesús Arias Fisteus
 João Araújo
 Joaquín Nicolás Ros
 José A. Pérez
 José Javier Dolado Cosín
 José Ramón Hoyos Barceló
 Lidia Fuentes Fernández
 Luis Iribarne
 Manuel Díaz Rofriguez
 Manuel Serrano
 María del Mar Gallardo Melgarejo
 María José Rodríguez Fórtiz
 Mario Muñoz Organero
 Michel Wermelinger
 Natividad Martínez Madrid
 Oscar Dieste
 P.T. Breuer
 Paloma Cáceres García de Marina
 Paula Gouveia
 Pedro José Clemente Martín
 Pedro Sanchez Palma
 Raul Moreira Vidal
 Sergio Luján Mora
 Sira Vegas
 Valentin Cardenoso Payo
 Xavier Burgués

SECCIÓN BASES DE DATOS**PRESIDENCIA COMITÉ PROGRAMA:**

Nieves Brisaboa
 Universidad A Coruña

MIEMBROS COMITÉ DE PROGRAMA:

Jose Aldana
 Joaquim Aparicio
 Maria Jose Aramburu
 Luis Arriaga da Cunha
 Manuel Barrena García
 Orlando Belo
 Matilde Celma
 Carmen Costilla
 João Correia Lopes
 Pablo de la Fuente
 Juan Garbajosa
 Mario J. Gaspar da Silva
 Marcela Genero
 Arantxa Illarramendi
 Henrique Madeira
 Esperanza Marcos
 Miguel Penabad
 Celia Ramos
 Jose Riquelme
 Jose Samos
 Isabel Sofia Sousa Brito
 Ernest Teniente
 Juan Carlos Trujillo
 Amparo Vila

Universidad de Malaga
 Universidad Nova de Lisboa
 Universidad de Castellon
 Universidad de Évora
 Universidad de Extremadura
 Universidad do Minho
 Universidad Politécnica de Valencia
 Universidad Politécnica de Madrid
 Universidad do Porto
 Universidad de Valladolid
 Universidad Politécnica de Madrid
 Universidad de Lisboa
 Universidad de Castilla La Mancha
 Universidad del País Vasco
 Universidad de Coimbra
 Universidad Rey Juan Carlos
 Universidad da Coruña
 Universidad do Algarve
 Universidad de Sevilla
 Universidad de Granada
 Instituto Politecnico de Beja
 Universidad Politécnica Cataluña
 Universidad de Alicante
 Universidad de Granada

REVISORES ADICIONALES:

Alberto Abelló	Alfredo Goñi
Amparo Vila	Angeles S. Places
Antonio Cesar Gómez Lora	Armando Blanco Morón
Bruno Emanuel da Graça Martins	César Javier Acuña
Coral Calero	Daniel Coelho Gomes
Daniel Sanchez Fernandez	Eduardo Fernández-Medina
Eduardo Mena	Eladio Garví García
Ernestina Menasalvas	Francisco Ruiz
Ismael Navas Delgado	Jose L. Vicedo
José María Caveró Barca	Jose Rios Viqueira
Juan Antonio Hernández Tamames	Laura Mota Herranz
Macario Polo	Manuel Torres Gil
Marco Vieira	Maria del Mar Roldán García
Maria Jose Martin Bautista	Mario Piattini
Nathalie Moreno Vergara	Nicolas Marín Ruiz
Pedro Furtado	Pedro Pablo Alarcón
Roxana Danger Mercaderes	Thibault Langlois

COMITÉ DE TALLERES:

José H. Canós	Universidad Politécnica de Valencia
Manuel Díaz	Universidad de Málaga
Jesús García Molina	Universidad de Murcia
Juan Hernández	Universidad de Extremadura

COMITÉ ORGANIZADOR:**PRESIDENCIA COMITÉ ORGANIZADOR:**

Jaime Gómez	Universidad de Alicante
Manuel Palomar	Universidad de Alicante

MIEMBROS COMITÉ ORGANIZADOR:

Patricio Martínez Barco	Universidad de Alicante
Juan Carlos Trujillo Mondéjar	Universidad de Alicante
Sergio Luján Mora	Universidad de Alicante
Cristina Cachero Castro	Universidad de Alicante
Rafael Muñoz Guillena	Universidad de Alicante
Eva Gómez Ballester	Universidad de Alicante
Paloma Moreda Pozo	Universidad de Alicante
Armando Suarez Cueto	Universidad de Alicante
Andrés Montoyo Guijarro	Universidad de Alicante
Irene Garrigós Fernández	Universidad de Alicante
Ana Moreira	Universidad Nova de Lisboa

PATROCINADORES:

- Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Alicante
- Universidad de Alicante
- Ministerio de Ciencia y Tecnología
- Microsoft
- Grupo de Investigación en Procesamiento de Lenguajes y Sistemas de Información (Universidad de Alicante)
- Grupo de Investigación en Ingeniería Web y Almacenes de Datos
- Asociación de Técnicos de Informática
- Bancaja
- Intersystems

COLABORADORES:

- Addison-Wesley
- Prentice-Hall
- Thomson-Paraninfo
- Oracle
- CUORE
- McGraw-Hill
- Caja de Ahorros del Mediterráneo

Propuesta de métricas para almacenes de datos a nivel conceptual

Manuel Serrano¹, Coral Calero¹, Juan Trujillo², Sergio Luján², Mario Piattini¹

¹Alarcos Research Group
Escuela Superior de Informática
University of Castilla – La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real

{Manuel.Serrano,Coral.Calero,Mario.Piattini}@uclm.es

²Dept. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Alicante
Apto. Correos 99. E-03080.
{jtrujillo,slujan}@dlsi.ua.es

Resumen. En la actualidad la mayor parte de las organizaciones han incorporado los almacenes de datos (datawarehouses) para gestionar la información, como uno de sus activos principales, de una forma eficiente. Es fundamental poder asegurar la calidad de la información que se encuentra dentro de los almacenes de datos, debido a que se han convertido en la principal herramienta para la toma de decisiones estratégicas. La calidad de la información depende de la calidad de su representación y de la calidad del almacén de datos. Este último aspecto, incluye la calidad del modelo multidimensional, tanto a nivel conceptual, como lógico y físico. En los últimos años hemos propuesto y validado diversas métricas para evaluar la complejidad del modelo multidimensional en estrella (a nivel lógico). En este artículo presentamos una primera propuesta de métricas para el modelo multidimensional a nivel conceptual y su validación formal.

Palabras clave: Métricas, calidad, almacenes de datos, modelado conceptual, modelado multidimensional.

1. Introducción

Los almacenes de datos se han convertido en la tendencia más importante de la informática empresarial y constituyen uno de los temas de mayor interés de la industria de las bases de datos (Chaudhuri y Dayal, 1997), ya que proporcionan una información muy relevante y precisa que permite mejorar las decisiones estratégicas (Jarke et al., 2000), por lo que es esencial poder asegurar la calidad de la información que contienen (English, 1999). En efecto, una falta de calidad puede tener consecuencias desastrosas tanto desde el punto de vista técnico (Celko, 1995), como organizacional –pérdida de clientes (Redman, 1996), grandes pérdidas financieras (Loshin, 2001) o insatisfacción de los trabajadores (English, 1999). La calidad de la información de un almacén de datos viene determinada por la calidad tanto del sistema en sí como por la calidad de la presentación de los datos (véase la

figura 1). De hecho, es muy importante que los datos del almacén reflejen correctamente el mundo real, pero es también muy importante que los datos sean interpretados correctamente. En la calidad del almacén de datos, al igual que una base de datos operacional (Piatini et al., 2002), se deben considerar tres aspectos: la calidad del SGBD (Sistema Gestor de Base de Datos) relacional o multidimensional que lo soporta, la calidad del modelo¹ de datos (tanto conceptual, lógico como físico) y la calidad de los propios datos contenidos en el almacén.

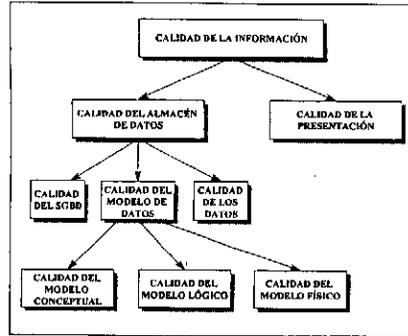


Fig. 1. Calidad de la información y del almacén de datos

Para asegurar la calidad del SGBD, podemos usar un estándar internacional como el ISO/IEC 9126 (ISO, 2001) o alguno de los estudios comparativos de productos existentes. La calidad de los propios datos viene determinada principalmente por los procesos de extracción, filtrado, limpieza, depuración, sincronización, agregación y carga (Bouzeghoub et al., 2000), así como por el nivel de madurez de estos procesos en la organización.

Como es obvio, también la calidad del modelo del almacén de datos tiene una gran influencia en la calidad de la información. Modelo que podemos considerar a tres niveles: conceptual, lógico –para lo que se ha universalizado la utilización del “diseño en estrella” (Kimball et al., 1998), y físico –que depende de cada sistema, y que consiste en elegir las tablas físicas, los índices, las particiones de datos, etc. (Bouzeghoub y Kedad, 2002; Harinarayan et al., 1996; Jarke et al., 2000; Labio et al., 1997)-. A nivel lógico existen varias recomendaciones importantes para conseguir realizar un “buen” modelo de datos dimensional (Kimball et al., 1998; Adamson y Venerable, 1998; Inmon, 1997) y, en los últimos años, hemos propuesto (Serrano et al., 2001) y validado formal (Calero et al., 2001) y experimentalmente (Serrano et al., 2002a y 2003) varias métricas que permiten evaluar la complejidad de los modelos en estrella.

¹ Usaremos indistintamente “modelo” para referirnos tanto a una técnica o “facilidad” de modelado (p.ej. el modelo E/R) como al resultado (“esquema”) de aplicar esta técnica a un Universo del Discurso en particular. La distinción entre ambos conceptos es fácilmente deducible a partir del contexto.

Aunque no suele ser habitual que se preste mucha atención al modelado conceptual, en la actualidad existen diversas propuestas para representar la información del almacén de datos desde una perspectiva conceptual. Algunas aproximaciones proponen una nueva notación - Cabibbo (1998), Golfarelli (1998;1999)-, otras utilizan modelos E/R extendidos - Sapia (1998), Tryfona (1999), Cavero et al. (2001) - y, finalmente, otras utilizan el modelo de clases de UML - Abelló et al. (2001, 2002), Trujillo et al.(2001), y Luján-Mora et al. (2002a)-. Por otro lado, todavía es más difícil asegurar la calidad de los modelos de almacenes de datos, constituyendo una excepción en este sentido el modelo propuesto en Jarke et al. (2000), que se desarrolla más en profundidad en la tesis de Vassiliadis (2000). Sin embargo, ni siquiera en esta tesis se encuentran propuestas de métricas que nos permitan reemplazar las nociones intuitivas de “calidad” del modelo conceptual del almacén de datos por medidas formales y cuantitativas que reduzcan la subjetividad y el sesgo en la evaluación, y que guíen al diseñador en su labor.

El objetivo final de nuestro trabajo es definir un conjunto de métricas para asegurar la calidad de los modelos conceptuales de los almacenes de datos. En particular, nos centraremos en la complejidad de los modelos obtenidos, que es uno de los factores fundamentales de la calidad de los almacenes de datos -junto con otros como la completión, minimalidad, o trazabilidad (Vassiliadis, 2000)- y que influye en la comprensibilidad, una de las dimensiones más importantes de la calidad de los datos (Redman, 1996).

En la siguiente sección resumimos la extensión del UML (Trujillo et al. (2001) y Luján-Mora et al. (2002a)) que utilizaremos como base para el modelado conceptual orientado a objetos de los almacenes de datos. A continuación, en la sección 3, presentamos una primera propuesta de métricas para el modelo conceptual de almacenes de datos que se describen junto con un ejemplo y su validación formal. Por último, recogemos las conclusiones y las líneas de trabajo futuro que surgen del presente artículo.

2. Modelado conceptual orientado a objetos para almacenes de datos

En esta sección resumimos nuestra aproximación de modelado conceptual basada en UML para representar las propiedades estructurales del modelado multidimensional². Dicha aproximación se ha especificado mediante un *profile*³ de UML que contiene los estereotipos necesarios para acometer con éxito el modelado conceptual (Luján-Mora et al., 2002a). En las tablas 1 y 2 se presenta de forma resumida los estereotipos definidos junto a una breve descripción y el icono correspondiente para facilitar su uso e interpretación. Dichos estereotipos se presentan clasificados en estereotipos de

² Debido a las limitaciones de espacio, no tratamos en este artículo las propiedades dinámicas del modelado multidimensional.

³ Un *profile* es un conjunto de mejoras que extienden un tipo de diagrama existente de UML para un nuevo propósito. Estas mejoras se especifican mediante los mecanismos de extensibilidad que proporciona UML (estereotipos, propiedades y restricciones) para poder adaptarlo a un nuevo método o modelo.

clases (tabla 1) y estereotipos de atributos (tabla 2) ya que las métricas analizadas en secciones posteriores se llevará a cabo en base a esta clasificación.

En nuestra aproximación, las propiedades estructurales del modelado multidimensional se representan mediante un diagrama de clases en el que la información se organiza en hechos y dimensiones. Algunas de las principales características que se pueden representar en este modelo son las relaciones muchos a muchos entre los hechos y alguna dimensión en particular, las dimensiones degeneradas, las jerarquías de clasificación múltiples y de camino alternativo y, las jerarquías no estrictas y completas.

Los hechos y las dimensiones se representan mediante *clases de hecho* (estereotipo **Fact**) y *clases de dimensión* (estereotipo **Dimension**) respectivamente. Las clases de hecho se definen como clases compuestas en una relación de agregación de *n* clases de dimensión. La cardinalidad mínima en el rol de las clases de dimensión es *1* para indicar que todo hecho ha de estar siempre relacionado con todas las dimensiones. Las relaciones "muchos a muchos" entre un hecho y una dimensión en particular se especifican mediante la cardinalidad *1..** en el rol de la clase dimensión correspondiente. Un hecho se compone de medidas o atributos de hecho (estereotipo **FactAttribute**) en los que deseamos centrar nuestro análisis.

Por defecto, todas las medidas en una clase de hechos se consideran aditivas. Las medidas semiaditivas y no aditivas se especifican mediante restricciones. Además, también se pueden representar medidas derivadas (mediante la restricción */*) y sus reglas de derivación se especifican entre llaves alrededor de la clase de hechos correspondiente. Nuestra aproximación también permite la definición de atributos identificadores (estereotipo **OID**). De este modo se pueden representar "dimensiones degeneradas" (Kimball, 1996), lo que proporciona otras características a los hechos además de las medidas definidas.

Con respecto a las dimensiones (estereotipo **Dimension**), cada nivel de una jerarquía de clasificación se representa mediante una *clase base* (estereotipo **Base**). Una asociación de clases base especifica una relación entre dos niveles de una jerarquía de clasificación. El único prerrequisito es que estas clases deben definir un Grafo Acíclico Dirigido (GAD) a partir de la *clase de dimensión* (restricción *dag* definida en el estereotipo **Dimension**). La estructura GAD permite representar tanto las jerarquías múltiples como las de camino alternativo. Cada clase base debe contener un atributo *identificador* (estereotipo **OID**) y un atributo *descriptor*⁴ (estereotipo **Descriptor**), además de los atributos adicionales propios que caracterizan a las instancias de dicha clase.

Gracias a la flexibilidad de UML, podemos considerar las particularidades de las jerarquías de clasificación como las jerarquías no estrictas (un objeto de un nivel inferior pertenece a más de uno de un nivel superior) y las jerarquías completas (todos los miembros pertenecen a un único objeto de una clase superior y ese objeto está compuesto por esos objetos exclusivamente). Estas características se especifican mediante la cardinalidad de los roles de las asociaciones y la restricción *Completeness*

⁴ El atributo identificador se emplea en las herramientas OLAP para identificar unívocamente las instancias de un nivel de jerarquía y el atributo descriptor como etiqueta por defecto en el análisis de los datos.

respectivamente. Finalmente, la categorización de dimensiones se considera mediante las jerarquías de generalización/especialización propias de UML.

Tabla 1. Estereotipos para clases

Nombre	Descripción	Icono
Fact	Las Clases de este estereotipo representan hechos en un modelo multidimensional	
Dimension	Las Clases de este estereotipo representan dimensiones en un modelo multidimensional	
Base	Las Clases de este estereotipo representan niveles de una jerarquía dimensional en un modelo multidimensional	

Tabla 2. Estereotipos para atributos

Nombre	Descripción	Icono
OID	Los atributos con este estereotipo representan los OID de clases factuales, dimensionales o base	
FactAttribute	Los atributos con este estereotipo representan atributos de clases factuales	
Descriptor	Los atributos con este estereotipo representan atributos descriptores de clases dimensionales o base	
DimensionAttribute	Los atributos con este estereotipo representan atributos de clases dimensionales o base	

3. Métricas para Almacenes de datos

La definición de las métricas debe hacerse de forma metodológica, lo que hace necesario seguir una serie de pasos para asegurar la fiabilidad de las métricas propuestas (Serrano et al., 2002b). En este trabajo nos centraremos en dos pasos:

- **Definición de métricas**, que se debe hacer teniendo en cuenta las características específicas del sistema que queremos medir así como la experiencia de los diseñadores de esos sistemas. Además, debemos procurar que las métricas definidas sean simples y fáciles de automatizar (Fenton y Neil, 2000).
- **Validación teórica**. La validación teórica o formal nos ayuda a saber dónde y cómo aplicar las métricas. Hay dos tendencias principales en la validación: los marcos basados en aproximaciones axiomáticas (Weyuker, 1998; Briand et al., 1996) y los que se basan en la teoría de la medida (Withmire, 1997; Zuse, 1998; Poels y Dedene, 2000). En este trabajo validaremos las métricas siguiendo los dos últimos marcos citados.

3.1. Definición de las métricas

Teniendo en cuenta las métricas definidas para almacenes de datos a nivel lógico (Serrano et al., 2002) y las métricas definidas para diagramas de clases UML (Genero et al., 2001 y 2002), podemos proponer un primer conjunto de métricas para el modelo descrito en el apartado anterior. A la hora de hacer esta propuesta de métricas para modelos de almacenes de datos, tenemos que tener en cuenta tres niveles distintos:

Métricas a nivel de clase

Tabla 3. Métricas a nivel de clase

Métrica	Descripción
NA(C)	Número de atributos FA, D o DA de la clase C
NR(C)	Número de relaciones (de cualquier tipo) de la clase C

Métricas a nivel de estrella

A continuación se detallan, en la tabla 4, las métricas propuestas para el nivel de estrella, elemento principal de un almacén de datos, formado por una clase factual junto con todas las clases dimensionales y base asociadas.

Tabla 4. Métricas a nivel de estrella

Métrica	Descripción
NDC(S)	Número de clases dimensionales de la estrella S (equivalente al número de relaciones de agregación)
NBC(S)	Número de clases base de la estrella S
NC(S)	Número total de clases de la estrella S. $NC(S) = NDC(S) + NBC(S) + 1$
RBC(S)	Ratio de clases base. Cantidad de clases base por cada clase dimensional de la estrella S
NAFC(S)	Número de atributos FA de la clase factual de la estrella S
NADC(S)	Número de atributos D y DA de las clases dimensionales de la estrella S
NABC(S)	Número de atributos D y DA de las clases base de la estrella S
NA(S)	Número total de atributos FA, D y DA de la estrella S
	$NA(S) = NAFC(S) + NADC(S) + NABC(S)$
NH(S)	Número de relaciones de jerarquía de la estrella S
DHP(S)	Máxima profundidad de las relaciones de jerarquía de la estrella S
RSA(S)	Ratio de atributos de la estrella S. Número de atributos FA dividido por el número de atributos D y DA

Métricas a nivel de modelo

Por último se presentan, en la tabla 5, las métricas al nivel del modelo de almacén de datos completo, el cual puede contener una o varias estrellas.

Tabla 5. Métricas a nivel de modelo

Métrica	Descripción
NFC	Número de clases factuales
NDC	Número de clases dimensionales
NBC	Número de clases base
NC	Número total de clases $NC = NFC + NDC + NBC$
RBC	Ratio de clases base. Cantidad de clases base por cada clase dimensional
NSDC	Número de clases dimensionales compartidas por más de una estrella
NAFC	Número de atributos FA de las clases factuales
NADC	Número de atributos D y DA de las tablas dimensionales
NASDC	Número de atributos D y DA de las clases dimensionales compartidas
NA	Número de atributos FA, D y DA
NH	Número de jerarquías
DHP	Máxima profundidad de las relaciones de jerarquía
RDC	Ratio de clases dimensionales. Cantidad de clases dimensionales por cada clase de hechos
RSA	Ratio de atributos. Número de atributos FA dividido por el número de atributos D y DA

3.2. Ejemplo

La figura 2 muestra el ejemplo de un almacén de datos, mientras que en las tablas 6, 7 y 8 se resumen los valores para las métricas. Como en el ejemplo sólo se tiene una estrella, en la tabla 6 se reflejan únicamente los valores de las métricas diferentes a nivel de estrella y de modelo.

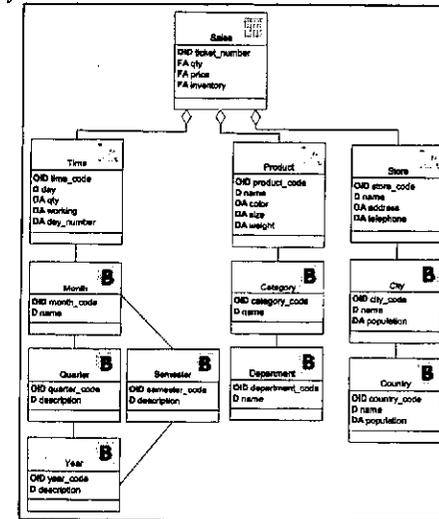


Fig. 2. Ejemplo de modelo conceptual OO de un almacén de datos

Tabla 6. Valores de las métricas a nivel de clase

Clase	NA	NR
Sales	3	3
Time	4	2
Product	4	2
Store	3	2
Month	1	3
Quarter	1	2
Semester	1	2
Year	1	2
Category	1	2
Department	1	1
City	2	2
Country	2	1

Tabla 7. Valores para las métricas a nivel de estrella

Métrica	Valor
NDC(S)	3
NBC(S)	8
NC(S)	12
RBC	8/3
NAFC(S)	3
NADC(S)	11
NABC(S)	10
NA(S)	24
NH(S)	3
DHP(S)	3
RSA(S)	3/21

Tabla 8. Valores para las métricas a nivel de modelo

Métrica	Valor
NFC	1
NSDC	0
NASDC	0
RDC	3

3.3. Validación teórica

Hemos validado formalmente las métricas propuestas usando por un lado, el marco formal propuesto por Zuse (1998) y, por otro, el marco Distance (Poels y Dedene, 2000). Ambos marcos están basados en la teoría de la medida y, por tanto, permiten determinar la escala a la que una métrica pertenece. El marco formal de Zuse trabaja con tres estructuras matemáticas principales, dependiendo de cual de ellas cumple una métrica, podremos caracterizarla en una escala. Estas tres estructuras son: la estructura extensiva (implica escala de ratio), las condiciones de independencia (escala ordinal) y la relación de creencia modificada (escala por encima de la ordinal). El marco Distance proporciona una serie de procedimientos constructivos para modelar atributos software y definir las métricas correspondientes.

Aplicando estos dos marcos podemos afirmar⁵ que las métricas propuestas se encuentran en una escala de ratio, por lo que son perfectamente utilizables.

4. Conclusiones y trabajo futuro

Las empresas deben gestionar la información como un producto importante, capitalizar el conocimiento como un activo principal y, de esta manera, sobrevivir y prosperar en la economía digital (Huang et al., 1999), para lo cual los almacenes de datos juegan un papel fundamental. Por lo tanto, una las obligaciones principales de los profesionales de las tecnologías de la información debe ser asegurar la calidad de los almacenes. Creemos que un factor clave en la calidad del almacén de datos es la calidad del modelo conceptual. Basándonos en las extensiones de UML para modelar almacenes de datos a nivel conceptual, hemos propuesto un conjunto de métricas para medir la calidad del modelo conceptual obtenido en el diseño de los almacenes de datos, las cuales puedan ayudar a los diseñadores a elegir la mejor opción entre varios diseños alternativos (semánticamente equivalentes).

Aunque hemos validado teóricamente las métricas utilizadas, este es únicamente el primer paso en el proceso completo de definición de las métricas. Actualmente estamos trabajando en la realización de experimentos para poder validar empíricamente todas las métricas presentadas, lo cual nos permitirá descartar y refinar dichas métricas. Por otro lado, sería conveniente estudiar la influencia de las diferentes dimensiones de análisis (Abelló et al., 2001) en la complejidad cognitiva del modelo orientado a objetos; así como la repercusión de utilizar paquetes en el modelado conceptual de almacenes de datos complejos y extensos para simplificar su diseño (Luján-Mora et al., 2002b).

Finalmente, sería conveniente incluir estas métricas en las herramientas de modelado de almacenes de datos, y utilizarlas para elaborar un modelo de predicción del esfuerzo de construcción y mantenimiento de almacenes de datos, así como en la auditoría de los mismos (Rodero et al., 1999).

⁵ Por motivos de espacio no podemos incluir el desarrollo de las métricas en ambos marcos, que es análogo al realizado en Genero (2002) para las métricas del modelo de clases de UML.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los proyectos CALDEA (TIC 2000-0024-P4-02) y CALIPO (TIC2003-07804-C05-03) financiados por la Subdirección General de Proyectos de Investigación del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Referencias

- Abelló, A., Samos, J. y Saltor, F. (2001). Understanding Analysis Dimensions in a Multidimensional Object-Oriented Model. *3rd International Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW'2001)*. Interlaken (Switzerland).
- Abelló, A., Samos, J. y Saltor, F. (2002). YAM2 (Yet Another Multidimensional Model): An extension of UML. *International Database Engineering & Applications Symposium (IDEAS'02)* July 2002. Mario A. Nascimento, M. Tamer Özsu, Osmar Zaïne (eds.). IEEE Computer Society Press, 172-181.
- Adamson, Christopher y Venerable, Michael (1998). *Data Warehouse Design Solutions*. John Wiley and Sons, USA.
- Briand, L.C., Morasca, S. y Basili, V. (1996). Property-based software engineering measurement. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 22(1), pp.68-85.
- Bouzeghoub, M., Fabret, F. y Galhardas, H. (2000). Datawarehouse refreshment. Capítulo 4 in *Fundamentals of Data Warehouses*. Ed. Springer.
- Bouzeghoub, M. y Kedad, Z. (2002). Quality in Data Warehousing. En: *Information and database quality*. Kluwer Academic Publishers.
- Cabbibo, L. y Torlone, R. (1998). "A logical approach to multidimensional databases". Sixth International Conference on Extending Database Technology (EDBT'98), Valencia, España. *Lecture Notes in Computer Science 1377*, Springer-Verlag, pp 183-197.
- Calero, C., Piattini, M., Pascual, C., Serrano, M.A. (2001). "Towards Data Warehouse Quality Metrics". Actas del 3rd Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW'01), Junio, 2001.
- Cavero, J.M., Piattini, M., Marcos, E., y Sánchez, A., (2001). A Methodology for Datawarehouse Design: Conceptual Modeling. *12th International Conference of the Information Resources Management Association (IRMA2001)*, 20-23 Mayo de 2001, Toronto, Ontario, Canadá.
- Celko, J. (1995). Don't Warehouse Dirty Data. *Dataamation*, 15 octubre, pp. 42-52.
- Chaudhuri, S. y Dayal, U. (1997). An Overview of Data Warehousing and OLAP Technology. *ACM SIGMOD Record* 26(1).
- English, L., *Information Quality Improvement: Principles, Methods and Management, Seminar*, 5th Ed., Brentwood, TN: Information Impact International, Inc., 1996.
- Fenton N. y Neil M. (2000). Software Metrics: a Roadmap. *Future of Software Engineering*, Ed. Anthony Finkelstein, ACM, 359-370.
- Genero M. (2002). Defining and Validating Metrics for Conceptual Models. Tesis doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha.
- Genero, M., Olivás, J., Piattini, M. y Romero, F. (2001). Using metrics to predict OO information systems maintainability. *Proc. of 13th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE'01)*. Lecture Notes in Computer Science 2068, 388-401.
- Genero, M., Jiménez, L. y Piattini, M. (2002). A Controlled Experiment for Validating Class Diagram Structural Complexity Metrics. *Proc. of the 8th International Conference on Object-Oriented Information Systems (OOIS'2002)*. Lecture Notes in Computer Science 2425, 372-383.
- Golfarelli, M., Maio, D. y Rizzi, S. (1998). "Conceptual design of data warehouses from E/R schemes". *31st Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Golfarelli, M. y Rizzi, S. (1999). "Designing The Data Warehouse: Key Steps and Crucial Issues". *Journal of Computer Science and Information Management*, Vol 2, N. 3.
- Harinarayan, V., Rajaraman, A. y Ullman, J. D. (1996). Implementing Data Cubes Efficiently. *Proc. of the 1996 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. Jagadish, H. V. and Mumick, I. S. (eds.), pp. 205-216.
- Huang, K-T., Lee, Y.W. y Wang, R.Y. (1999). *Quality Information and Knowledge*. Prentice Hall, Upper Saddle River.

- Inmon, W.H. (1997). *Building the Data Warehouse*, second edition, John Wiley and Sons, USA.
- ISO (2001). ISO International Standard ISO/IEC 9126. Information technology – Software product evaluation. ISO, Geneva.
- Jarke, M., Lenzerini, M., Vassiliou, Y. y Vassiliadis, P. (2000). *Fundamentals of Data Warehouses*, Ed. Springer.
- Kimball, R. (1996). *The Data Warehouse Toolkit*. John Wiley & Sons.
- Kimball, R., Reeves, L., Ross, M. y Thornthwaite, W. (1998). *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit*, John Wiley and Sons, USA.
- Labio, W., Quass, D. y Adelberg, B. (1997). Physical Database Design for Data Warehouses. *Thirteen International Conference on Data Engineering*, IEEE Computer Society, Birmingham, UK, pp. 277-288.
- Lindland, O., Sindre, G. y Solvberg, A. "Understanding Quality in Conceptual Modelling". *IEEE Software*, Marzo, Vol. 11 Nº 2, 1994, pp. 42-49.
- Loshin D., (2001) *Enterprises Knowledge Management: The Data Quality Approach*. Morgan Kauffman, San Francisco (California).
- Luján-Mora, S., Trujillo, J. y Song, I-Y. (2002a). Extending UML for Multidimensional Modeling. *5th International Conference on the Unified Modeling Language (UML 2002)*, LNCS 2460, 290-304.
- Luján-Mora, S., Trujillo, J. y Song, I-Y. (2002b). Multidimensional Modeling with UML Package Diagrams. *21st International Conference on Conceptual Modeling (ER 2002)*, LNCS 2503, 199-213.
- Piattini, M., Calero, C. y Genero, M. (2002). *Information and Database Quality*, EEUU, Kluwer Academic Publishers.
- Poels G. and Dedene G. (2000). Distance-based Software Measurement: Necessary and Sufficient Properties for Software Measures. *Information and Software Technology*, 42(1), 35-46.
- Redman, T.C. (1996) *Data Quality for the Information Age*. Artech House Publishers, Boston.
- Rodero, J.A., Piattini, M., Toval, J.A. (1999). The audit of the Data Warehouse Framework. *Proceedings of the International Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW'99)*. Gatzju, S., Jeusfeld, M., Staudt, M. y Vassiliou (eds.), 14-1/14-12. Heidelberg (Alemania).
- Sapia, C., Blaschka, M., Höfling, G. y Dinter, B. "Extending the E/R Model for the Multidimensional Paradigm". *ER Workshops 1998*, Singapore, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), vol. 1552, pp. 105-116, 1998.
- Serrano, M., Calero, C., Coimbra, C. y Piattini, M. (2001). "Métricas de calidad para almacenes de datos". *Actas de las VI Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD'2001)*, Ciudad Real, Díaz, O., Illarramendi, A. y Piattini, M. (eds.), pp. 537-548
- Serrano, M., Calero, C. y Piattini, M. (2002a). "Validating metrics for datawarehouses". *IEE Proceedings SOFTWARE*, Vol. 149, Nº 5, 161-166.
- Serrano, M., Piattini, M., Calero, C., Genero, M. y Miranda, D. (2002b). Un método para la definición de métricas de software. *Actas del 1º Workshop en Métodos de Investigación y Fundamentos Filosóficos en Ingeniería del Software y Sistemas de Información (MIFISIS'2002)*, El Escorial, Marcos, E. (ed.), Editorial Dykinson, 65-74.
- Serrano, M., Calero, C. y M. Piattini (2003). Experimental validation of multidimensional data models metrics. *Proc of the Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'36)*, IEEE Computer Society.
- Tryfona, N., Busborg, F. y Christiansen, G.B. "starER: A Conceptual Model for Data Warehouse Design". *Proceedings of the ACM Second International Workshop on Data Warehousing and OLAP (DOLAP'99)*, Kansas City, USA, pp. 3-8, 1999.
- Trujillo, J., Palomar, M., Gómez, J. y Song, I-Y. (2001). Designing Data Warehouses with OO Conceptual Models. *IEEE Computer*, Special issue on Data Warehouses, 34 (12), 66 - 75.
- Vassiliadis, P. (2000). *Data Warehouse Modeling and Quality Issues*. Ph.D. Thesis. National Technical University of Athens.
- Weyuker, E.J. (1988). Evaluating software complexity measures. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 14(9), pp.1357-1365.
- Whitire, S.A. (1997). *Object Oriented Design Measurement*. Ed. Wiley.
- Zuse, H. (1998). *A Framework of Software Measurement*. Berlin. Walter de Gruyter.